


**NORMAS DE DISEÑO DE  
REDES DE DISTRIBUCIÓN DE  
ENERGIA ELÉCTRICA**

**2015**




**GERENCIA DE DISTRIBUCIÓN  
ENAM S.A E.S.P.**

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

### 1. CAMBIOS Y/O ACTUALIZACIONES

NIVEL DE REVISIÓN	PÁGINAS MODIFICADAS	DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO	FECHA


	NOMBRE	CARGO	FIRMA	FECHA
<b>ELABORÓ</b>	COORDINACIÓN OPERATIVA.	COORDINACIÓN OPERATIVA.		
<b>REVISÓ</b>	JORGE MANRIQUE	GERENCIA DISTRIBUCIÓN		
<b>APROBÓ</b>	ALEXANDER RODRIGUEZ G.	GERENCIA GENERAL		

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## TABLA DE CONTENIDO


1.	GENERALIDADES.....	9
1.1	ANTECEDENTES.....	9
1.2	ALCANCE .....	10
1.3	OBJETIVO .....	10
1.4	APLICACIÓN Y USO DE LAS NORMAS.....	10
1.5	ABREVIATURAS .....	11
1.6	APLICACIÓN Y USO DE LAS NORMAS.....	11
1.7	REFERENCIAS NORMATIVAS .....	11
1.8	RESPONSABILIDAD TÉCNICA.....	13
1.9	SISTEMA ELECTRICO DE EMAN SA ESP .....	13
2.	DISEÑO ELÉCTRICO EN MEDIA TENSIÓN .....	16
2.1	NIVELES DE TENSIÓN .....	16
2.2	DISPONIBILIDAD DE SERVICIO EN MEDIA TENSIÓN.....	16
2.3	CRITERIOS GENERALES.....	16
2.4	RECONOCIMIENTO DE LA ZONA .....	16
2.5	PERMISO DE SERVIDUMBRES. ....	17
2.6	Condiciones generales para el trazado.....	17
2.7	PLANOS .....	18
2.7.1	Escalas de dibujo. ....	18
2.7.2	Tipo de servicio.....	19
3.	TRAMITACIÓN DE PROYECTOS.....	20
3.1	SOLICITUD DE DISPONIBILIDAD DE CARGA.....	20
3.2	PROYECTOS SOBRE LÍNEAS DE 13.2 KV.....	21
3.3	PROYECTOS SOBRE REDES DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA Y SECUNDARIA, AÉREAS Y SUBTERRÁNEAS.....	22
3.4	PROYECTOS SOBRE SUBESTACIONES AÉREAS, INTERIORES Y SUBTERRÁNEAS.....	23
3.5	PROYECTOS SOBRE BLOQUES MULTIFAMILIARES Y EDIFICIOS. ....	24
3.6	PRESENTACIÓN DEL PROYECTO.....	28
3.6.1	Documento para presentación del proyecto .....	28
3.6.2	Portada. ....	28
3.6.3	Tabla de contenido.....	29
3.6.4	Síntesis del proyecto. ....	29

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 2 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015


3.6.5	Cuerpo del trabajo.....	29
3.6.6	Descripción del proyecto.....	30
3.6.7	Memorias de cálculo. ....	30
3.6.8	Presentación de planos .....	31
3.6.9	Radicación del proyecto para aprobación.....	32
3.6.10	Declaración del diseñador y del propietario.....	32
4.	CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES.....	33
4.1	CONDUCTORES .....	33
4.1.1	Generalidades.....	33
4.1.2	Conductores de cobre. ....	33
4.1.3	Conductores de Aluminio. ....	33
4.1.4	Aislamientos. ....	34
4.2	APOYOS DE LINEAS Y CIRCUITOS AEREOS. ....	35
4.2.1	Generalidades.....	35
4.2.2	Poste de Concreto. ....	35
4.2.3	Poste de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV). ....	36
4.2.4	Poste Madera .....	36
4.2.5	Enterramiento de los postes .....	37
4.2.6	Cimentación de postes .....	37
4.2.7	Especificación de montaje de postes .....	38
4.2.8	Montaje de los conjuntos en los postes.....	39
4.3	DISPOSICION DE CONDUCTORES AEREOS .....	39
4.3.1	Generalidades.....	39
4.3.2	Distancias entre conductores.....	39
4.3.3	Distancia mínima de los conductores a tierra .....	40
4.3.4	Distancias de conductores a los soportes .....	41
4.3.5	Distancia de conductores al cable de guarda.....	41
4.3.6	Distancias en casos de cruces.....	41
4.3.7	Distancias entre circuitos en la misma estructura .....	42
4.3.8	Distancias a edificaciones y estructuras similares.....	42
4.4	ELEMENTOS DE PROTECCIÓN.....	43
4.4.1	Elementos de protección contra sobrecorriente. ....	43
4.4.2	Coordinación Fusible-Fusible.....	44

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 3 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015


4.5	PROTECCIÓN DE CONDENSADORES .....	49
4.5.1	Sobreintensidades .....	49
4.5.2	Sobretensiones .....	50
4.6	RECONNECTADOR .....	50
4.6.1	Principios de coordinación .....	52
4.6.2	Coordinación reconectador – reconectador .....	52
4.6.3	Coordinación reconectador- fusible .....	53
4.6.4	Coordinación con fusible en el lado de fuente .....	53
4.6.5	Coordinación de fusibles en el lado de carga del reconectador .....	54
5.	TRANSFORMADORES.....	56
5.1	POTENCIAS NORMALIZADAS DE LOS TRANSFORMADORES.....	56
5.1.1	Red Aérea. ....	56
5.1.2	Servicios No Residenciales Trifásicos .....	56
5.1.3	Red Subterránea.....	56
5.2	TRANSFORMADORES ESTÁNDAR.....	57
5.2.1	Polaridad.....	58
5.2.2	Conexión en paralelo de transformadores monofásicos de distribución. ....	59
5.2.3	Desplazamiento angular.....	59
5.2.4	Secuencia de fases.....	60
5.2.5	Transformadores monofásicos.....	60
6.	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA .....	62
6.1	FUNCIONES DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....	62
6.2	CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA. ....	62
6.2.1	Investigación de la estructura del suelo.....	62
6.2.2	Medidas de Resistividad.....	63
6.2.3	Duración de la falla (tf) y duración del choque (ts) .....	64
6.2.4	Criterio de tensiones de paso y de toque tolerables. ....	64
6.2.5	Selección del tamaño del conductor. ....	66
6.2.6	Resistencia de un dispensor vertical.....	66
6.2.7	Resistencia de una malla de puesta a tierra.....	67
6.3	TRATAMIENTO DEL SUELO PARA OBTENER RESISTIVIDAD MAS BAJA .....	68
6.4	METODOLOGIA PARA EVALUAR EL NIVEL DE RIESGO .....	68
7.	CRITERIOS GENERALES PARA EL CALCULO MECANICO DE CONDUCTORES AEREOS.....	69

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 4 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015


7.1	CONSIDERACIONES GENERALES .....	69
7.2	VANOS.....	69
7.2.1	Vano Individual.....	69
7.2.2	Vano Básico o Normal. ....	69
7.2.3	Vano Promedio.....	69
7.2.4	Vano Regulador. ....	69
7.2.5	Vano de Peso.....	70
7.2.6	Vano de Viento.....	70
7.3	ESFUERZOS EN CONDUCTORES AEREOS.....	71
7.3.1	Peso Propio (Pc).....	71
7.3.2	Esfuerzos Debidos al Viento (Pv).....	71
7.3.3	Resultante.....	72
7.4	CALCULO DE FLECHAS Y TENSIONES.....	72
7.4.1	Fórmula de la Parábola.....	72
7.4.2	Fórmula de la catenaria.....	73
7.4.3	Máximo vano posible .....	74
7.4.4	Apoyos a diferente nivel.....	74
7.4.5	Efecto de La Temperatura .....	75
7.4.6	Longitud del conductor. ....	77
7.4.7	Flechas y tensiones en conductores.....	77
7.5	ESFUERZOS PERMISIBLES.....	79
7.6	VIBRACIÓN .....	80
7.6.1	Vibración Eólica. ....	80
7.6.2	Amortiguadores.....	80
8.	CRITERIOS GENERALES PARA EL CÁLCULO MECÁNICO DE APOYOS .....	81
8.1	ESFUERZOS EN LOS APOYOS.....	81
8.1.1	Esfuerzos Verticales.....	81
8.1.2	Esfuerzos Debidos al viento.....	81
8.1.3	Esfuerzos debidos a tensiones desequilibradas. ....	81
8.1.4	Esfuerzos por cambio de dirección de la línea. ....	81
8.1.5	Esfuerzos de Levantamiento. ....	81
8.2	HIPÓTESIS DE CARGA PARA APOYOS EN POSTERÍA.....	82
8.2.1	Estructuras para alineamientos rectos.....	82

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 5 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

8.2.2	Estructuras para ángulos.....	82
8.2.3	Apoyos para retenciones y terminales.....	82
8.3	CÁLCULO DE LOS ESFUERZOS VERTICALES.....	82
8.3.1	Peso de los conductores.....	82
8.3.2	Peso del poste y de otros elementos.....	82
8.3.3	Esfuerzo vertical de templetes.....	83
8.4	CÁLCULO DE LOS ESFUERZOS HORIZONTALES.....	83
8.4.1	Esfuerzos debidos al viento.....	83
8.4.2	Esfuerzos debidos a tensiones desequilibradas.....	84
8.5	MOMENTOS EN APOYOS SENCILLOS.....	86
8.5.1	Momento resistente.....	86
8.5.2	Momentos por presión del viento.....	86
8.5.3	Por tensión en los conductores.....	87
8.5.4	Factores de seguridad.....	87
8.5.5	Gráfico de utilización del poste.....	87
8.6	VANOS MÁXIMOS PERMISIBLES SIN RETENIDAS LATERALES.....	89
9.	CÁLCULO DE REDES SECUNDARIAS.....	91
9.1	TENSIONES DE SUMINISTRO.....	91
9.1.1	Suministro Desde Redes de Distribución Secundaria.....	91
9.2	PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR.....	92
9.3	PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE REGULACIÓN EN BAJA TENSIÓN.....	92
9.4	DEMANDA POR CLIENTE.....	93
9.4.1	Constantes de regulación.....	98
9.5	SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA.....	99
	ANEXO I (CODIFICACION DE ESTRUCTURAS).....	100
	ANEXO II (PLANOS).....	199
	ANEXO III (DEFINICIONES).....	204


ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 6 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

### LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Generadores municipio de Leticia.</i>	14
<i>Tabla 2. Generadores municipio de Puerto Nariño.</i>	14
<i>Tabla 3. Generadores corregimiento de Tarapacá.</i>	14
<i>Tabla 4. Generadores comunidades menores tipo 3 y 4.</i>	15
<i>Tabla 5. Disponibilidad en media tensión</i>	16
<i>Tabla 6. Escalas a utilizar en los planos</i>	19
<i>Tabla 7. Conductor Tipo AAAC</i>	34
<i>Tabla 8. Conductor Tipo ACSR Clase AA</i>	34
<i>Tabla 9. Especificaciones para postes de concreto centrifugado</i>	35
<i>Tabla 10. Especificaciones para postes de fibra de poliéster reforzado con fibra de vidrio.</i>	36
<i>Tabla 11. Especificaciones para postes madera</i>	36
<i>Tabla 12. Distancias de conductores a tierra – edificaciones y estructuras similares.</i>	40
<i>Tabla 13. Distancias mínimas del conductor inferior para cruces con ríos.</i>	40
<i>Tabla 14. Distancias mínimas entre circuitos.</i>	42
<i>Tabla 15. Tipo de fusibles más usados.</i>	44
<i>Tabla 16. Coordinación Entre Fusibles ANSI/NEMA Tipo K</i>	46
<i>Tabla 17. Coordinación Entre Fusibles ANSI/NEMA Tipo T</i>	46
<i>Tabla 18. Coordinación Entre Fusibles ANSI/NEMA Tipo K Y Tipo H</i>	46
<i>Tabla 19. Coordinación Entre Fusibles ANSI/NEMA Tipo T y Tipo H</i>	47
<i>Tabla 20. Fusibles recomendados para bancos de condensadores en <math>\Delta</math> o en Y no aterrizada</i>	50
<i>Tabla 21. Factores K Para el Fusible en el Lado de Fuente</i>	54
<i>Tabla 22. Factores K Para el Fusible en el Lado de Carga</i>	55
<i>Tabla 23. Transformadores para servicio residencial.</i>	56
<i>Tabla 24. Transformadores normalizados</i>	57
<i>Tabla 25. Rango de resistividad del suelo</i>	62
<i>Tabla 26. Valores máximos de resistencia de puesta a tierra.</i>	66
<i>Tabla 27. Dimensiones típicas de los conductores de puesta a tierra</i>	66
<i>Tabla 28. Características de los materiales a 20°C</i>	76
<i>Tabla 29. Para conductores ACSR con factor de seguridad 2,5</i>	78
<i>Tabla 30. Para conductores ACSR con factor de seguridad 2,0</i>	79
<i>Tabla 31. Postes de 12 metros con un solo circuito primario (Los postes trabajan con un factor de seguridad de 2.5).</i>	89
<i>Tabla 32. Postes de 12 metros con doble circuito primario</i>	90
<i>Tabla 33. Postes de 12 metros con un circuito primario y uno secundario</i>	90
<i>Tabla 34. Rangos de Voltaje Norma ANSI C84.1</i>	91
<i>Tabla 35. Regulación de tensión para red secundaria de distribución.</i>	93
<i>Tabla 36. Tabla guía para el cálculo de la regulación</i>	93
<i>Tabla 37. Demanda diversificada Estrato 1.</i>	94
<i>Tabla 38. Demanda diversificada Estrato 2.</i>	95
<i>Tabla 39. Demanda diversificada Estrato 3 y 4.</i>	96
<i>Tabla 40. Demanda diversificada Estrato 5.</i>	97
<i>Tabla 41. Demanda diversificada Estrato 6.</i>	98
<i>Tabla 42. Constantes de regulación, red secundaria aérea pre-ensamblada: (Aluminio)</i>	99
<i>Tabla 43. Constantes de regulación, red secundaria Subterránea: (Cobre)</i>	99
<i>Tabla 44. Constantes de regulación para 13.2 kV Disposición vertical espaciada 1m.</i>	99
<i>Tabla 45. Constantes de regulación para 13.2 kV Disposición horizontal espaciada 3.8m</i>	99


ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 7 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

### LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Cimentación de postes</i>	38
<i>Figura 2. Relación entre fusible protegido y protector.</i>	45
<i>Figura 3. Curva de falla del transformador</i>	47
<i>Figura 4. Curva de corriente de inrush y curva de daño del transformador en Amperios.</i>	48
<i>Figura 5. Diagramas típicos de transformadores.</i>	58
<i>Figura 6. Polaridad de transformadores</i>	58
<i>Figura 7. Desplazamiento angular de transformadores</i>	59
<i>Figura 8. Conexión de transformadores monofásicos</i>	61
<i>Figura 9. Disposición de los electrodos, método de Wenner.</i>	63
<i>Figura 10. Vano peso y vano viento.</i>	71
<i>Figura 11. Curva de la parábola</i>	72
<i>Figura 12. Curva de la catenaria</i>	73
<i>Figura 13. Apoyos a diferente nivel</i>	74
<i>Figura 14. Cambio del alineamiento con tensiones iguales</i>	84
<i>Figura 15. Cambio del alineamiento con tensiones desiguales</i>	85
<i>Figura 16. Gráfico de utilización del poste</i>	89

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 8 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 ANTECEDENTES

En el año 1970, el Instituto Colombiano de Energía Eléctrica ICEL (hoy IPSE), pionero en la elaboración de las normas de construcción de redes eléctricas contrató una firma de ingeniería de consulta para la elaboración de normas para sistemas de subtransmisión y Distribución. Seguidamente un grupo de ingenieros adscrito a la unidad ejecutora del plan de subtransmisión y distribución ICEL-BID, asumió el reto de continuar con el desarrollo del proyecto apoyados en las normativas y reglamentos técnicos de las diferentes empresas del sector a nivel nacional, de las normas eléctricas internacionales y de las experiencias de numerosos profesionales de la ingeniería eléctrica de consultoría, interventoría y construcción. Las normas se terminaron y publicaron a finales de 1971 y comprenden cuatro volúmenes; Manual de procedimientos para las investigaciones, Diseño Eléctrico, Diseño Mecánico y construcción<sup>1</sup>. En dichas normas, se establecieron los lineamientos que sirvieron durante muchos años y aún en la actualidad, como referentes para la construcción de redes eléctricas en el sector rural en Colombia.


Luego en el año 1982, la antigua Empresa de Energía de Bogotá (hoy CODENSA) estableció también su propia normatividad, orientada particularmente hacia la construcción de redes aéreas y subterráneas en el sector urbano, las cuales constituyen aún un referente importante para la construcción de este tipo de obras. En años posteriores, empresas como ENERTOLIMA (Empresa de Energía del Tolima), EPPM (Empresas Públicas de Medellín), ESSA (Electrificadora de Santander S.A. E.S.P.) y el Instituto de Planificación y promoción de soluciones energéticas (IPSE), entre otros, han implementado sus propias normas de construcción de redes eléctricas<sup>1</sup>.

En el departamento del Amazonas, los años anteriores, precisamente se ha venido trabajando con la normatividad del Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas (IPSE) y de la Empresa de Energía de Bogotá E.S.P. de 1995, en toda su zona de influencia.

Sin embargo, ante la demanda del servicio, el crecimiento poblacional y comercial, la necesidad de mejorar y desarrollar nuevos elementos y herramientas técnicas que propendan por la seguridad y calidad en el suministro de energía eléctrica, tal como lo establece el Gobierno Nacional en la última edición del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas del 06 de agosto de 2008, se hace necesario establecer sus propias normas de diseño y construcción de redes e instalaciones eléctricas, donde se genere un documento que contenga los planos constructivos y la normatividad técnica de acuerdo a las necesidades de la empresa y de sus usuarios del servicio eléctrico.

<sup>1</sup> CASAS RODRIGUEZ, Dolcey. Memorias de la normalización en el Sector Eléctrico Colombiano. En: Revista Mundo Eléctrico. Vol. 23, No. 74 (enero-marzo. 2009). Bogotá D.C.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 9 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## 1.2 ALCANCE

A partir de la entrada en vigencia de esta norma, todos los diseños, construcción y remodelación de redes de uso general de energía eléctrica, en la zona de influencia de Energía para el Amazonas S.A. E.S.P., deben cumplir con lo establecido en este documento.

Para el diseño y construcción de redes de energía eléctrica en la zona de influencia de Energía para el Amazonas S.A. E.S.P. se tendrán en cuenta los adelantos tecnológicos, lo cual pretende la adopción de nuevas tecnologías y metodologías de cálculos siempre y cuando no contravengan lo establecido en la normatividad dictada o adoptadas por el Ministerio de Minas y Energía.

Esta normatividad está definida para su aplicación en instalaciones hasta 13,2 KV, teniendo presente que este es el nivel máximo de tensión en generación y distribución en la zona de influencia de Energía para el Amazonas S.A. E.S.P., además de acatar lo establecido por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE).

El presente documento estipula las normas de diseño y construcción para la empresa Energía para el Amazonas S.A. E.S.P., a partir de su publicación. Así mismo, los aspectos no tratados en las presentes normas, se regirán por lo especificado en las Normas Nacionales o Internacionales, así como en las resoluciones emitidas por la Comisión de regulación de Energía y Gas (CREG) y por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, (RETIE).


## 1.3 OBJETIVO

ENERGÍA PARA EL AMAZONAS S.A. E.S.P., tiene el propósito de garantizar la más alta calidad de sus servicios a todos sus clientes, para lo cual establece para el diseño y construcción las presentes Normas Técnicas de Energía Eléctrica, sistematizando y unificando criterios de cálculo para un diseño óptimo, normalizando materiales y equipos, así como métodos constructivos para el correcto manejo y aplicación de la energía eléctrica en su Sistema de Distribución Local.

## 1.4 APLICACIÓN Y USO DE LAS NORMAS

Estas Normas Técnicas de Energía se aplican al sistema de distribución operado por ENAM S.A. E.S.P. a 13200 V, 214/120 V y 240/120 V, en el municipio de Leticia y su área de influencia en las comunidades de los ríos Amazonas, Caquetá y Putumayo. Su aplicación es de carácter obligatorio para EMAN S.A. E.S.P., para los Ingenieros, Técnicos y Tecnólogos Electricistas y para las firmas Contratistas de obras eléctricas, lo cual será de conveniencia en la planeación de nuevas instalaciones, en la renovación de las que están siendo utilizadas y/o en la conexión de nuevos equipos al Sistema de Distribución operado por ENAM S.A. E.S.P.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 10 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## 1.5 ABREVIATURAS

ANSI:	American National Standards Institute.
CREG:	Comisión de Regulación de Energía y Gas.
DIN:	Deutchland International Normen
ENAM SA ESP:	Energía para el Amazonas SA ESP
IDEAM:	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
IEC:	International Electrotechnical Commission.
IEEE:	Institute of Electrical and Electronic Engineers.
MME:	Ministerio de minas y energía.
NEMA:	National Electric Manufacturers Association.
NSR:	Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente.
NTC:	Norma Técnica Colombiana.
RETIE:	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.
SIC:	Superintendencia de Industria y Comercio.

## 1.6 APLICACIÓN Y USO DE LAS NORMAS

Estas Normas Técnicas de Energía se aplican al sistema de distribución operado por ENAM S.A. E.S.P. a 13200 V, 208/120 V y 240/120 V, en el municipio de Leticia y su área de influencia en las comunidades de los ríos Amazonas, Caquetá y Putumayo.


Su aplicación es de carácter obligatorio para EMAN S.A. E.S.P., para los Ingenieros, Técnicos y Tecnólogos Electricistas y para las firmas Contratistas de obras eléctricas, lo cual será de conveniencia en la planeación de nuevas instalaciones, en la renovación de las que están siendo utilizadas y/o en la conexión de nuevos equipos al Sistema de Distribución Local - SDL.

## 1.7 REFERENCIAS NORMATIVAS

La siguiente es la lista de las normas, reglamentos, resoluciones y estándares que sirven como Soporte técnico al presente documento:

- ✓ Resolución CREG 070/1998. Reglamento de Distribución de Energía Eléctrica.
- ✓ Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Resolución 90708 del 30 de agosto de 2013 MME.
- ✓ NTC 1329. Prefabricados en concreto. Postes de concreto armado para líneas aéreas de energía y telecomunicaciones.
- ✓ NTC 2050. Código Eléctrico Nacional.
- ✓ NTC 2145. Especificaciones para torones de acero recubiertos de cinc.
- ✓ NTC 2958. Métodos de ensayo para cajas para instalación de medidores y cajas de derivación.
- ✓ NTC 3444. Electrotecnia. Armarios para instalación de medidores de energía eléctrica.
- ✓ NTC 4541. Medidores de electricidad. Rotulado de terminales auxiliares para


ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 11 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

- dispositivos de tarifa.
- ✓ NTC 4552-1. Protección contra descargas eléctricas atmosféricas (Rayos). Principios generales.
  - ✓ NTC 4552-2. Protección contra descargas eléctricas atmosféricas (Rayos). Manejo del riesgo.
  - ✓ NTC 4552-3. Protección contra descargas eléctricas atmosféricas (Rayos). Daños físicos a estructuras y amenazas a la vida.
  - ✓ NTC 5019. Selección de equipos para medición de energía eléctrica
  - ✓ NTC 5226. Equipos de medición de energía eléctrica, C.A. Requisitos generales, ensayos y condiciones de ensayo.
  - ✓ NSR-98. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente.
  - ✓ IEC 60071 – 1. Insulation Coordination – Part1: Definitions, Principles and Rules.
  - ✓ IEC 60071 – 2. Insulation Coordination – Part2: Application Guide.
  - ✓ IEC 60099 – 4. Metal-oxide surge arresters without gaps for A.C. Systems.
  - ✓ IEC 60255 – 6. Electrical Relays – Part 6: Measuring Relays and Protection Equipment.
  - ✓ IEC 60909. Short-circuit currents in three-phase A.C. Systems.
  - ✓ IEC 60949. Calculation of thermally permissible short circuit currents, taking into account non-adiabatic heating effects.
  - ✓ IEC 62052-11. Electricity metering equipment (AC) General requirements, tests and test conditions – Part 11: Metering equipment.
  - ✓ IEEE Std. 81-1983. IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System.
  - ✓ IEEE Std. C57.109-1993. IEEE Guide for Liquid Immersed Transformer Through-Fault-Current Duration.
  - ✓ IEEE Std. 738-1993. IEEE Standard for Calculating the Current-Temperature Relationship of Bare Overhead Conductors.
  - ✓ IEEE Std. 1313-1993. IEEE Standard for Power Systems – Insulation Coordination.
  - ✓ IEEE Std. 835-1994. IEEE Standard Power Cable Ampacity Tables.
  - ✓ IEEE Std. C37.112-1996. IEEE Standard Inverse-Time Characteristic Equations for Overcurrent Relays.
  - ✓ IEEE Std. 998-1996. IEEE Guide for Direct Lightning Stroke Shielding of Substations.
  - ✓ IEEE Std. C62.22-1997. IEEE Guide for the Application of Metal – Oxide Surge Arresters for Alternating Current Systems.
  - ✓ IEEE Std. 1313.2-1999. IEEE Guide for the Application of Insulation Coordination.
  - ✓ IEEE Std. C37.91-2000. IEEE Guide for Protective Relay Applications to Power Transformers.
  - ✓ IEEE Std. 80-2000. IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding.
  - ✓ IEEE Std. 242-2001. IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems.
  - ✓ IEEE Std. 1410-2004. IEEE Guide for Improving the Lightning Performance of Electric Power Overhead Distribution Lines.

De igual forma se tomaron como base documental, los trabajos realizados con anterioridad por algunas Empresas del sector eléctrico Colombiano y documentos de

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 12 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

universidades como:

- ✓ CHEC. Central Hidroeléctrica de Caldas. Normas diseño y construcción de redes eléctricas. Octubre de 2004.
- ✓ CODENSA. Normas de construcción de redes eléctricas. Octubre de 1998.
- ✓ EBSA. Empresa de Energía de Boyacá SA ESP. Normas de Diseño de Redes de Distribución de Energía Eléctrica. Enero de 2010.
- ✓ EEPMP. Empresas Públicas de Medellín. Normas de construcción de redes eléctricas. Julio de 2000.
- ✓ EMCALI E.I.C.E. E.S.P, Empresas Municipales de Cali. Normas Técnicas de Energía Normas de Diseño 2005.
- ✓ EMPRESA DE ENERGÍA DE BOGOTÁ. Normas de diseño y construcción de redes. 1995.
- ✓ ENERTOLIMA. Empresa de Energía del Tolima. Normas de diseño y construcción de redes. 2005.
- ✓ EPSA Empresa de energía del Pacífico S.A. Criterios de diseño para redes de distribución. 1999.
- ✓ ESSA. Electrificadora de Santander S.A. Normas de diseño y construcción de redes eléctricas. 2005.
- ✓ ICEL. Instituto Colombiano de energía eléctrica. Normas de construcción de redes eléctricas. 1971.
- ✓ IPSE. Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas. Normas de construcción. Febrero de 2002.
- ✓ SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA: Diseñado con IEEE-80 y evaluado con MEF. José Samuel Ramírez Castaño; Eduardo Antonio Cano Plata. Universidad Nacional de Colombia. 2010.

## 1.8 RESPONSABILIDAD TÉCNICA

La información consignada en el presente documento de normas de diseño y construcción de redes eléctricas de distribución para la Empresas Energía para el Amazonas S.A. E.S.P., constituye solo una guía de referencia para diseñadores, constructores e interventores, y en ningún caso sustituye los cálculos específicos requeridos para cada proyecto.

Por lo tanto, la aplicación del mismo, no exime de manera alguna al diseñador, constructor o interventor, de las responsabilidades propias del desarrollo particular de sus actividades, y la Empresas Energía para el Amazonas S.A. E.S.P. ni los autores de este documento, asumen responsabilidad alguna por eventuales fallas derivadas de la inobservancia de los reglamentos técnicos aplicables para el diseño y construcción de redes e instalaciones eléctricas.

## 1.9 SISTEMA ELECTRICO DE EMAN SA ESP

El Sistema Eléctrico de ENAM S.A. E.S.P. está conformado por una central de generación, con equipos generadores distribuidos de la siguiente manera:

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 13 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Tabla 1. Generadores municipio de Leticia.

CAPACIDAD INSTALADA		DISPONIBILIDAD DE POTENCIA	
N°	Unidad	Potencia Nominal (kW)	Potencia Efectiva (kW)
1	GMT D-101	3030	-
2	GMT D-301	3030	2500
3	GMT D-401	3300	3200
4	WÄRTSILÄ D-601	6970	6700
5	CUMMINS D-701	1825	1400
6	CUMMINS D-801	1825	1400
<b>TOTAL</b>		<b>19980</b>	<b>15200</b>

Tabla 2. Generadores municipio de Puerto Nariño.

CAPACIDAD INSTALADA		DISPONIBILIDAD DE POTENCIA	
N°	Unidad	Potencia Nominal (kW)	Potencia Efectiva (kW)
1	APN 101	180	180
2	APN 102	180	180
3	APN 103	280	280
<b>TOTAL</b>		<b>640</b>	<b>640</b>

Tabla 3. Generadores corregimiento de Tarapacá.

CAPACIDAD INSTALADA		DISPONIBILIDAD DE POTENCIA	
N°	Unidad	Potencia Nominal (kW)	Potencia Efectiva (kW)
1	CUMMINS	180	180
2	CATERPILLAR	113	-
<b>TOTAL</b>		<b>293</b>	<b>180</b>

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 14 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	



	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Tabla 4. Generadores comunidades menores tipo 3 y 4.

N°	LOCALIDAD	UNIDAD	DISPONIBILIDAD DE POTENCIA (kW)
1	SAN JUAN DE ATACUARI	CUMMINS	40
2	SIETE DE AGOSTO	CUMMINS	34
3	NARANJAKES	CUMMINS	40
4	BOYAHUASÚ	CUMMINS	50
5	SAN JUAN DEL SOCO	PERKINS	27,5
6	DOCE DE OCTUBRE	CUMMINS	34
7	SAN PEDRO DE TIPISCA	PERKINS	27,5
8	PALMERAS	PERKINS	28
9	MOCAGUA	CUMMINS	88
10	SAN MARTÍN AMACAYACÚ	CUMMINS	88
11	MACEDONIA	PERKINS	100
12	VERGEL	CUMMINS	34
13	ZARAGOZA	PERKINS	60
14	LA LIBERTAD	CUMMINS	34
15	PUERTO TRIUNFO	CUMMINS	34
16	LIMA LINDA	CUMMINS	23
17	SANTA SOFIA	PERKINS	84
18	PROGRESO	CUMMINS	34
19	YAGUAS	CUMMINS	34
20	SANTA TERESITA	DEUTZ	17,5
21	SAN JOSE DE VILLA ANDREA	DEUTZ	17,5
22	LA MILAGROSA	CUMMINS	23
23	NUEVO PARAISO	DEUTZ	17,5
24	PUERTO VENTURA	CUMMINS	34
25	PUERTO ARICA	CUMMINS	88
26	EL ENCANTO	CUMMINS	88
27	PUERTO ALEGRIA	PERKINS	60
28	SAN RAFAEL	CUMMINS	88
29	CHORRERA	PERKINS	100
		PERKINS	115
30	EL REFUGIO	CUMMINS	34
		PERKINS	27
31	PEDRERA	CATERPILLAR	275
32	MIRITÍ	CUMMINS	34
		PERKINS	40
33	CAMEYAFÚ	CUMMINS	34
34	PUERTO REMANSO	CUMMINS	34
35	PUERTO SANTANDER	CUMMINS	88

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## 2. DISEÑO ELÉCTRICO EN MEDIA TENSIÓN

Este capítulo comprende el diseño eléctrico de redes de uso general en media tensión operadas por Empresas Energía para el Amazonas S.A. E.S.P, con base en los aspectos contemplados en el inciso primero del numeral 10.1 del artículo 10 del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Los diseños de redes eléctricas solo pueden ser elaborados por Ingenieros Eléctricos, Ingenieros Electricistas o ingenieros Electromecánicos con matrícula profesional vigente.

### 2.1 NIVELES DE TENSIÓN

Para media tensión, se consideran exclusivamente redes con tensiones nominales de 13,2 KV, teniendo presente que éste es el nivel de tensión máximo que en el momento ofrece el sistema de generación y distribución operado por ENAM S.A. E.S.P.

### 2.2 DISPONIBILIDAD DE SERVICIO EN MEDIA TENSIÓN

La tensión de servicio para un cliente o un grupo de clientes está sujeta a la disponibilidad entregada por la ENAM S.A. E.S.P. y a las consideraciones de la tabla 5.

Tabla 5. Disponibilidad en media tensión.

NIVEL DE TENSIÓN (kV)	CONDICIONES DEL SOLICITANTE
13,2	Demanda diversificada máxima $\geq 20$ kVA
13,2	Viviendas multifamiliares con servicios independientes $\geq 10$

### 2.3 CRITERIOS GENERALES

Se considera como límite de regulación en media tensión el 3%. Para efectos de regulación, el factor de potencia debe estimarse con base en las características de la carga sin incluir elementos de compensación, de igual forma la impedancia del circuito debe ser calculada a la máxima temperatura de operación correspondiente.


Se exceptúan del requerimiento de diseño detallado los ramales de redes aéreas rurales de hasta 50kVA y 13,2 kV, por ser de menor complejidad.

### 2.4 RECONOCIMIENTO DE LA ZONA

Antes de decidir sobre la ruta de una línea de distribución, se debe reconocer perfectamente la zona o región por la cual se hará el trazado.

Para este reconocimiento, prestan gran ayuda al proyectista, los planos topográficos y los planos digitalizados del sistema de información geográfica del instituto geográfico Agustín Codazzi SIGAC, mapas topográficos, Google™ Earth, y perfiles viales.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 16 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Antes de tomar cualquier determinación sobre la posible ruta de la línea, se debe compilar toda la información cartográfica existente sobre la zona donde se construirá.

Se sugiere marcar los puntos donde se proyectara la red con GPS (Global Position System), lo cual facilitara ver posibles fallas o inconvenientes en la ruta.

Los planos restituidos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, en caso de existir, Google™ Earth y SIGENAM son de gran ayuda y sobre ellos se puede trazar un anteproyecto de la ruta, localizar los puntos obligados, definir las coordenadas geográficas y en general, toda la información topográfica requerida para definir la ruta más conveniente.

#### a) Ruta Preliminar.

Con base en la información obtenida de los planos topográficos, SIGENAM, Google™ Earth, perfiles viales y todos los datos tomados sobre el terreno, se fijarán una o varias rutas preliminares, tomando en cuenta los puntos y tramos obligados que han sido previamente fijados.

Estas rutas deberán ser estudiadas sobre el terreno, con el fin de seleccionar la más económica y hacer los ajustes y correcciones necesarias.

## 2.5 PERMISO DE SERVIDUMBRES.


Se debe conseguir el permiso de tránsito por las propiedades que cruza la ruta de la línea. Se debe informar a los propietarios de los terrenos, el objeto del trabajo que va a realizarse, con el fin de obtener el permiso, tanto para transitar a lo largo de la línea como para localizar los linderos de las propiedades, además es necesario solicitar perfiles viales si existen para la zona.

## 2.6 Condiciones generales para el trazado.

El trazado de la línea, debe cumplir con las siguientes condiciones:

1. Procurar que los alineamientos tengan tangentes lo más largas posibles y que el trazado pase por partes altas del terreno.
2. Evitar en lo posible ángulos horizontales. Los ángulos horizontales deben proyectarse en las partes planas de la línea.
3. La línea no debe pasar sobre edificaciones y se debe evitar su paso por zonas densamente cultivadas o boscosas.
4. Se deben tener en cuenta las características geológicas de la zona, a fin de asegurar una estable localización de los apoyos (postes).

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 17 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

5. Toda derivación de la red en media tensión operada por ENAM S.A E.S.P., debe contar con estribos en cada línea y su conexión a la red debe ser a través de grapas de operar en caliente.
6. En extensiones de red de media tensión y ramales con longitudes superiores a 120 metros deben contar con seccionador en la estructura de arranque y DPF (Detectores de paso de falla).
7. Los cruces de la línea sobre carreteras o vías de tráfico se deben reducir al mínimo posible.
8. Se deben demarcar exactamente los linderos de las distintas propiedades por donde cruza la línea, anotar el nombre de cada uno de los propietarios, tipo de cultivo o actividad del predio y longitud de la faja cruzada, para poder determinar correctamente las servidumbres. En esta labor, debe buscarse, la asesoría de personas conocedoras de la región preferiblemente los mismos propietarios.
9. Se deben referenciar claramente los accidentes principales del terreno, tales como ríos, terrenos inestables, etc., así como vías carreteables y caminos que puedan utilizarse durante la construcción de la línea y para su mantenimiento.
10. La distancia de la línea a las vías carreteables cercanas, deberá indicarse en planillas.
11. Los terrenos inundables por los que cruce la línea deben ser identificados, así como el nivel histórico más alto de agua alcanzado.

## 2.7 PLANOS

Una vez terminada la localización definitiva de la línea, se deben realizar los planos de planta y perfiles de la misma. En los planos de planta de la línea se dibujarán los alineamientos, localización de estacas, rumbos calculados, deflexiones, mojones, etc.

### 2.7.1 Escalas de dibujo.

Se deben presentar planos originales y perfil de la poligonal, de acuerdo a lo especificado en la siguiente tabla.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 18 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Tabla 6. Escalas a utilizar en los planos


TIPO DE LÍNEA	ESCALA		
	PLANTA	VERTICAL	LOCALIZACIÓN
13.2 kV rurales	1:2500	1:500	1:25000
Redes aéreas y subterráneas urbanas primarias y secundarias	1:500	1:500	1:2000
Subestaciones interiores y subterráneas	1:50 ó 1:75	1:50 ó 1:75	
Localización del proyecto			1:2500

### 2.7.2 Tipo de servicio

Sin excepción alguna, el alimentador primario y ramales en redes urbanas y rurales deben ser trifásicos trifilares. En el área rural, solo se permite la construcción de redes bifilares a 13,2 KV, cuando no se alimente más de un transformador y la demanda máxima diversificada suplida a través de dicha red no supere los 37,5 kVA.

El sistema de distribución monofásico debe ser obtenido a partir de la conexión a las fases especificadas por ENAM S.A. E.S.P. Se prohíben los sistemas de un solo conductor o unifilares, que utilicen el terreno como trayectoria de retorno de la corriente de carga.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 19 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

### 3. TRAMITACIÓN DE PROYECTOS

#### 3.1 SOLICITUD DE DISPONIBILIDAD DE CARGA.

Enviar una carta dirigida a la empresa, solicitando la disponibilidad de carga y conexión en el nivel II de tensión; además de los datos básicos para la elaboración del proyecto.

En esta carta se informara la localización geográfica del proyecto, nombre del propietario del proyecto y el nombre del representante legal cuando se trate de persona jurídica, además debe indicar la carga solicitada en kVA.

A esta carta se deben adjuntar los siguientes documentos:

- Fotocopia del documento de identidad del solicitante
- Certificado de estratificación
- Certificado de Libertad y Tradición de la Oficina de instrumentos Públicos (No mayor a 30 días de emitido)

En caso de solicitudes de servicio en inmuebles ubicados en Resguardos Indígenas, se deberá adjuntar la autorización del CURACA acompañada de la copia del documento expedido por el Ministerio del Interior y Justicia o quien haga sus veces, en el cual se certifique el reconocimiento del resguardo ante el Gobierno Nacional.

De acuerdo con la resolución CREG 070 del 28 de Mayo de 1998, los plazos para aprobación de los proyectos para dar servicio a obras particulares, deberán cumplir con los siguientes términos:

Para Nivel I (Tensión nominal inferior a un (1) kV, suministrado en la modalidad trifásica o monofásica): Siete (7) días hábiles.


Para Nivel II (Tensión nominal mayor o igual a un (1) kV y menor a treinta (30) kV suministrada en la modalidad trifásica o monofásica): Quince (15) días hábiles.

En algunos casos para conexiones en los niveles de tensión II, el plazo para aprobar o desaprobado la conexión podrá ser mayor al aquí establecido, cuando La Empresa necesite efectuar estudios que requieran de un plazo mayor. En este caso, La Empresa informará al Usuario de la necesidad de efectuar tales estudios y el plazo que tomará la aprobación o desaprobación de la solicitud de la conexión, sin que este plazo pueda exceder de tres (3) meses<sup>2</sup>.

La aprobación del proyecto por parte de La Empresa no exonera de responsabilidad al diseñador por errores u omisiones que afecten el STR y/o SDL en el cual opera La Empresa.

<sup>2</sup> MME. Resolución 070 del 28 de mayo de 1998.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 20 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015


La solicitud y planos aprobados para la conexión tendrán una vigencia de un (1) año.

EMAN S.A. E.SP., requiere que los planos que se elaboren para un proyecto deben contener como mínimo la siguiente información:

### 3.2 PROYECTOS SOBRE LÍNEAS DE 13.2 KV

- a. Convenciones utilizadas
- b. Permisos para uso de servidumbres.
- c. Plan de poda (si aplica) mínimo por cinco (5) años aprobado por CORPOAMAZONAS.
- d. Diagrama unifilar
- e. Localización del proyecto indicando el norte, el nombre del propietario, poste y línea de arranque, a una escala reducida, de modo que sirva de orientación para ubicar el proyecto, localización geoposicional de las estructuras.
- f. Planta de toda la línea a construir donde aparezcan:
  - Localización de los apoyos, con su numeración y detalle del punto de arranque, mostrando los dos postes adyacentes.
  - Longitudes de los vanos.
  - Angulo de cambio de dirección.
  - Tipo de estructura a usar en cada apoyo, incluidas las retenidas.
  - Número de postes por apoyo, altura y resistencia.
  - Número de conductores, calibre y clase de conductor.
  - Localización y altura de cruces con líneas existentes eléctricas y telefónicas, carreteras, ríos, puentes
  - Localización de escuelas, inspecciones de policía, casas y todo tipo de edificación o cualquier elemento que afecte la operación de las líneas, como arboles cercanos a la ruta de la línea.
  - Longitud de la línea en cada plano.
  - Voltaje nominal.
  - Protecciones de la línea.
- g. Perfil de la línea, en las zonas en donde atraviere ríos, quebradas, terrenos con ondulaciones o desniveles, en el cual se indique.
  - Perfil del terreno, con las cotas en los puntos de cambios y otros puntos auxiliares.
  - Localización de los apoyos, con su altura libre.
  - Catenaria de los conductores.
  - En el plano donde se muestre planta y perfil de la línea, en la parte del perfil se indicará la numeración de los apoyos, la longitud de los vanos, la cantidad, la altura y resistencia de los postes, ángulo de cambio de dirección, las clases de conjuntos a usar en cada apoyo incluidas las

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 21 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

retenidas, la posición relativa de éstas, la localización y altura de cruces con líneas eléctricas y telefónicas, carreteras, puentes, ríos, etc., cualquier elemento que afecte la operación de la línea, como árboles y antenas.

- En este caso en la planta solo se repiten la numeración de los apoyos, la posición de las retenidas y los cruces.


### 3.1.1 Proyectos para extensiones Rurales.

- Convenciones utilizadas.
- Localización del proyecto indicando el norte, el nombre del propietario, poste y línea de arranque y detalle de éste, a una escala reducida, de modo que sirva de orientación para ubicar el proyecto.
- Permisos para uso de servidumbres.
- Plan de poda (si aplica) mínimo por cinco (5) años aprobado por CORPOAMAZONAS.
- Diagrama unifilar.
- Planta y perfil (si el terreno presenta ondulaciones, atraviesa ríos, etc.) del tramo de línea en donde aparezcan:
  - Localización de apoyos, con su numeración, cantidad de postes por apoyo, altura y resistencia.
  - Longitudes de los vanos y ángulos de cambio de dirección de la línea.
  - Clases de conjunto a usar en cada apoyo, incluidas las retenidas.
  - Número de postes por apoyo, altura y resistencia.
  - Número de conductores, calibre y clase de conductor.
  - Calibre, clase de conductor de guarda (si aplica)
  - Localización y altura de cruces con líneas eléctricas y telefónicas, carreteras, canales navegables, etc.
  - Nombre de la línea principal de la cual se deriva el ramal y número del poste de arranque, tensión de la línea y número de fases, calibre del conductor.
  - Protecciones del tramo y del transformador, con sus datos básicos.
  - Ubicación y capacidad del transformador.
  - Los terrenos inundables por los que cruce la línea deben quedar indicados en el plano, así como las obras de cimentación que se deban realizar para garantizar la estabilidad de los apoyos.

### 3.3 PROYECTOS SOBRE REDES DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA Y SECUNDARIA, AÉREAS Y SUBTERRÁNEAS.

- Plano de la planta de la red aérea, el cual debe contener la siguiente información:
  - El loteo.
  - Permisos para uso de servidumbres.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 22 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

- Plan de poda (si aplica) mínimo por cinco (5) años aprobado por CORPOAMAZONAS.
- El tipo de vías a usar y sus respectivos perfiles.
- Redes eléctricas tanto primarias como secundarias, existentes en los alrededores.
- Redes eléctricas a construir, indicando el tipo de estructura a utilizar en cada poste, número y calibres de conductores.
- Cuadro del cálculo de la regulación.
- Cuadro del cálculo de la capacidad de los transformadores de potencia.
- Tipo de alumbrado público previsto.
- Escala, convenciones utilizadas y notas aclaratorias.

b. Planta de la red subterránea en donde se muestre:

- Localización de las cajas de inspección, las canalizaciones y del punto de alimentación de la red, con indicaciones de redes subterráneas existentes en los alrededores.
- Número, diámetro y material de los ductos.
- Número, calibre y material de los conductores en cada ducto.
- Distancia entre las cajas de registro.
- Localización de las subestaciones interiores o subterráneas.

### 3.4 PROYECTOS SOBRE SUBESTACIONES AÉREAS, INTERIORES Y SUBTERRÁNEAS.

a. Convenciones utilizadas.

b. Localización del proyecto, con indicación de redes aéreas y/o subterráneas existentes en los alrededores.


c. Diagrama unifilar, servicios auxiliares y mando de los interruptores.

d. Planta, cortes y vistas en donde se indique:

- Disposición de los equipos en patios, celdas o cubículos.
- Disposición de los instrumentos, relés y aparatos en los tableros.
- Dimensiones verticales y horizontales.
- Localización y dimensiones de cárcamos.
- Detalles de fijación de aisladores, equipos, puertas de acceso, mallas de cerramiento y de protección (tierra).
- Sistemas de alumbrado interior o exterior, con número, potencia, clase de fuente luminosa y localización de luminarias.
- Sistemas de ventilación para subestaciones interiores y subterráneas.
- Sistemas de drenaje.

e. Cálculo de la capacidad de la subestación.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 23 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

### 3.5 PROYECTOS SOBRE BLOQUES MULTIFAMILIARES Y EDIFICIOS.

- a. Convenciones utilizadas.
- b. Localización del proyecto, con indicación de redes primarias y secundarias adyacentes.
- c. Diagrama unifilar de todo el grupo.
- d. Cuadro de cargas con sus respectivos circuitos alimentadores.
- e. En caso de bloque multifamiliares, planta donde aparezcan:
  - Número total de bloques y pisos por bloque.
  - Número total de apartamentos y locales y clase de uso de éstos.
  - Circuitos alimentadores de media y baja tensión, con indicación de calibre de conductores, cantidad por ducto (para sistemas subterráneos) y diámetro de los ductos y longitudes.
  - Circuitos de alumbrado y control del mismo.
  - Cuadro de áreas (área del lote, áreas construidas y áreas libres).
  - Localización capacidad de subestaciones.
- f. En caso de una edificación, planta donde aparezcan:
  - Número total de pisos, de apartamentos y de locales y clase de uso de éstos.
  - Acometida de Media tensión, baja tensión y subestación.
  - Carga instalada por piso y carga total.
- g. Cálculo de la capacidad de la subestación.


Cada proyecto que se presente para aprobación de la Empresa se acompañará con la siguiente información técnica.

- Breve descripción del proyecto.
- Planos.
- Memorias de cálculo.
- Lista de materiales.
- Presupuesto.
- Permisos para uso de servidumbres.
- Plan de poda (si aplica) mínimo por cinco (5) años aprobado por CORPOAMAZONAS.

Las memorias de cálculo comprenderán diferentes tópicos según la clase de proyecto, de esta manera:

1. En proyectos de líneas de 13.2 KV.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 24 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

- a. Diseño eléctrico.
    - Determinación de la carga a alimentar.
    - Indicación del calibre del conductor normalizado por la Empresa. Ver norma.
    - Tabla de regulación comprobando que cumple con los parámetros establecidos por ENAM S.A. E.S.P.
    - Indicación de las protecciones.
  - b. Diseño mecánico.
    - Determinación del vano regulador.
    - Indicación del templete que será utilizado.
    - Cálculo del número de retenidas.
2. En proyectos para conexiones rurales.
- a. Diseño eléctrico.
    - Determinación de la carga a alimentar.
    - Indicación del calibre del conductor normalizado por la Empresa.
    - Comprobación de que el calibre del conductor cumple con el porcentaje de regulación normalizado por la Empresa.
    - Cálculo de la capacidad del transformador.
    - Indicación de las protecciones.
  - b. Diseño mecánico.
    - Indicación del templete que será utilizado.
    - Cálculo del número de retenidas.
3. En proyectos de redes de distribución primaria y secundaria, aéreas y subterráneas.

Diseño eléctrico.

- Selección de la carga diversificada y de la carga a alimentar, basados en los parámetros suministrados por la Empresa.  
En edificios cuyas cargas sean mixtas, la Empresa dará datos de factor de diversidad y carga individual solo para los apartamentos.
  - Indicación del calibre de conductores normalizados por la Empresa
  - Cálculo del número y capacidades de los transformadores de potencia.
  - Tablas de regulación que comprueben que los calibres de conductores cumplen con el porcentaje de regulación normalizado por ENAM S.A. E.S.P.
- c. Diseño mecánico.
- Indicación del templete que será utilizado.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 25 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015


- Cálculo del número de retenidas.

4. En proyectos de subestaciones aéreas, interiores y subterráneas con capacidad superior a 15 kVA.

a. Diseño eléctrico.

- Análisis y cuadros de carga iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.
- Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.
- Análisis de cortocircuito de falla a tierra.
- Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.
- Análisis de riesgo de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.
- Análisis de nivel de tensión requerido.
- Cálculo de campo electromagnéticos para asegurar que en espacios destinados en actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición (definidos en la tabla 14.1 RETIE).
- Cálculos de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.
- Cálculo del sistema de puesta a tierra.
- Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de energía.
- Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la norma IEC 60909, IEEE 242, Capítulo 9 o equivalente.
- Cálculos y coordinación de protecciones contra sobrecorriente. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 anexos A.
- Cálculo de canalización (tubo, ductos, canales y electrodos) y volumen de encerramiento (cajas, tableros, conduletas, etc).
- Cálculo de pérdida de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.
- Cálculo de regulación.
- Clasificación de áreas.
- Elaboración de diagramas unifilares.
- Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.
- Especificación de construcción y complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipo y materiales y sus condiciones particulares.
- Establecer las distancias requeridas.
- Justificación técnica de la desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas y de la instalación.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 26 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

- Los demás estudio que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.

**Nota 1:** La profundidad con que se traten los ítems dependerá del tipo de instalación, para lo cual debe aplicarse e juicio profesional del responsable del diseño.

**Nota 2:** El diseñador deberá hacer mención expresa de aquellos ítems que a su juicio no apliquen.

**Nota 3:** Para un análisis de riesgo de origen eléctrico, el diseñador debe hacer una descripción de los factores de riesgos potenciales o presentes en la instalación y las recomendaciones para minimizarlos.

Se adjuntarán los criterios y cálculos justificativos de aquellos aspectos no definidos en las normas de cada tipo de subestación.

b. Diseño civil

- Cálculo de los muros y losas.
- Cimentación de estructura.
- Sistema de desagües.
- Cálculo de ventilación.

Para los cuatro tipos de proyectos los resultados de los cálculos y los valores presentados en las memorias de cálculo deberán ser concordantes con las respectivas normas de diseño; además se deben presentar facturas de compra y certificaciones de conformidad de producto de los materiales a utilizar en la instalación.

En la presentación de todo tipo de proyectos se incluirá una lista de materiales y equipos y un presupuesto de toda la obra.


La lista de materiales y equipos comprenderá, estos conceptos:

Ítem, descripción, unidad y cantidad.

Los materiales y equipos se agruparán así:

- Materiales y equipos para líneas de 13.2 KV.
- Materiales y equipos para redes de distribución primaria.
- Materiales y equipos para subestaciones.
- Materiales y equipos para redes de distribución secundaria.
- Materiales y equipos para acometidas.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 27 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

- Materiales y equipo para alumbrado público

Los presupuestos, agrupados en la forma anterior, incluirán:

- Valor Comercial de materiales y equipos.
- Valor de la mano de obra, incluidas las prestaciones sociales.
- Valor del transporte de materiales, equipos y personal.
- Valor del uso de herramientas y equipo de trabajo.
- Valor de imprevistos para los cuatro conceptos anteriores
- Valor de la ingeniería.
- Valor de la administración, incluidos los seguros y las utilidades.
- Valor total del presupuesto.

El valor de los materiales y equipos se presentará en forma discriminada en un listado que contenga: ítem, descripción, cantidad, unidad, valor unitario y valor parcial del ítem.

Para la revisión y aprobación de un proyecto de urbanización o parcelación, a 13.2 KV, se cumplirán las siguientes etapas:

### 3.6 PRESENTACIÓN DEL PROYECTO.

A continuación se describe el procedimiento para el diseño y presentación de proyectos eléctricos, los cuales serán objeto de revisión, evaluación, control, codificación y archivo por parte de ENAM S.A. E.S.P.

#### 3.6.1 Documento para presentación del proyecto

El documento de presentación del proyecto ante ENAM S.A. E.S.P para su aprobación debe cumplir con las siguientes condiciones:

- Pasta. Debe ser de acrílico blanco transparente, para proteger las memorias, planos y anexos del proyecto.


Carátula. Debe contener:

- El logotipo de la empresa diseñadora y/o constructora, nombre y firma del ingeniero eléctrico, electricista o electromecánico, responsable del proyecto.
- El nombre del proyecto.
- El nombre del propietario de la obra.
- Título: Cálculo y diseño de las instalaciones eléctricas para ...
- Nombre de la ciudad y fecha de presentación.

#### 3.6.2 Portada.

Debe contener:

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 28 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

- El logotipo de la empresa diseñadora y/o constructora, nombre y firma del ingeniero eléctrico, electricista o electromecánico, responsable del proyecto.
- El nombre del proyecto.
- El nombre del propietario de la obra.
- Título: Cálculo y diseño de las instalaciones eléctricas para ...
- Ubicación. Dirección exacta donde se localiza el proyecto.
- Firma autógrafa con el número de matrícula profesional y sello del proyectista.
- Espacio para la colocación del sello de revisión y aprobación por parte de ENAM S.A E.S.P.
- Nombre de la ciudad y fecha de presentación.

### 3.6.3 Tabla de contenido.

Debe incluir los títulos correspondientes a cada una de las divisiones y subdivisiones del cuerpo del proyecto y la relación ordenada del material complementario del trabajo, en el mismo orden que aparece y con números de las páginas donde se encuentran.

### 3.6.4 Síntesis del proyecto.

Se debe presentar una tabla, que contenga la siguiente información:


- Número de usuarios: cantidad de usuarios por atender, clasificada por tipo de usuario.
- Demanda máxima por usuario: demanda máxima por tipo de usuario.
- Capacidad instalada: capacidad en kVA de la totalidad del proyecto.
- Cantidad de transformadores: número de unidades por capacidad y relación de transformación.
- Líneas y redes: corresponde a la longitud en kilómetros de líneas y redes, clasificada por su forma de instalación (aérea o subterránea) y por su instalación así: Media tensión, baja tensión, alumbrado y acometidas.
- Alumbrado público: corresponde a la cantidad de luminarias de alumbrado público clasificada por fuentes y potencia de las bombillas.
- Cantidad de contadores: corresponde a la cantidad de contadores por capacidad y tipo de conexión.

### 3.6.5 Cuerpo del trabajo.

El contenido del proyecto debe incluir los siguientes aspectos técnicos: Descripción del proyecto, memorias de cálculo, dibujos y planos.

Estos se dividen en capítulos para orientar y facilitar su revisión. Cada capítulo debe cubrir un título significativo del trabajo y podrá a su vez, subdividirse.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 29 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Para la numeración de los títulos de los capítulos y demás divisiones se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Para la numeración se emplean los números arábigos.
- Las divisiones principales (primer nivel) del cuerpo del proyecto deben estar numerados en forma continua empezando por 1.
- Cada inicio de capítulo debe comenzar en una hoja, al igual que el material complementario.
- Cada hoja debe llevar el logotipo de la empresa diseñadora y/o constructora o ingeniero responsable del diseño, ciudad, fecha de elaboración, paginación y nombre del proyecto en la parte superior.

### 3.6.6 Descripción del proyecto.

De acuerdo con el proyecto de diseño se debe incluir la siguiente información:


- Objeto.
- Características de la carga.
- Circuito alimentador.
- Redes de media tensión.
- Subestaciones.
- Redes de baja tensión.
- Acometidas.
- Instalaciones internas.

### 3.6.7 Memorias de cálculo.

En las memorias de cálculo se deben incluir todos los aspectos tenidos en cuenta para el cálculo y presentación del proyecto, los cuales deben consignarse en el documento en el siguiente orden:

- Monografía del proyecto.
- Parámetros de diseño.
- Análisis de riesgo eléctrico.
- Diseño eléctrico y mecánico (si aplica) de redes en media tensión.
- Diseño eléctrico y mecánico (si aplica) y cálculo de subestaciones, incluye transformador y protecciones.
- Diseño eléctrico y mecánico (si aplica) de redes en baja tensión.
- Diseño de acometidas e instalaciones internas.
- Cálculo del sistema de puesta a tierra.
- Lista de cantidades de obra.
- Presupuesto.
- Especificaciones técnicas de materiales y mano de obra.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 30 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Cualquier indicación adicional que no se encuentre contemplada en el numeral 3.6, sobre la presentación del documento escrito correspondiente a cada proyecto, se rige por la norma NTC 1486 para presentación de trabajos escritos.

### 3.6.8 Presentación de planos

#### 3.6.8.1 Rótulo, convenciones y escalas.


El rótulo y las convenciones son los presentados en el anexo I. Las escalas son las establecidas internacionalmente para la presentación de proyectos, tal como se indica en la tabla 6.

#### 3.6.8.2 Contenido del plano eléctrico.

El plano eléctrico debe contener:

- Localización georeferenciada del proyecto (coordenadas reales) indicando el punto de conexión común o estructura de arranque.
- Perfil topográfico.
- Planimetría de la red.
- Localización y disposición de las estructuras en la vía.
- Vista isométrica de la estructura de arranque con su respectivo seccionamiento.
- Vista isométrica de la estructura de llegada y montaje de la subestación o subestaciones.
- Detalle del sistema de puesta a tierra.
- Diagrama de conexión del equipo de medida para potencias iguales o superiores a 30 kVA.
- Características el equipo de medida TCs–TPs –diagrama de conexión– clase.
- Localización en planta del equipo de medida.
- Localización en planta de la carga a instalar.
- Diagrama unifilar completo de todo el proyecto.
- Cuadro de cargas y carga diversificada.
- Detalle de zanjas y cajas para instalaciones subterráneas.
- Diseño de fundaciones.
- Detalles especiales.
- Diagrama de la instalación interna de la casa modelo para urbanizaciones, o diagrama de conexión si se trata de una instalación comercial o industrial.
- Detalles de instalación de elementos para ambientes especiales (tomacorrientes con protección de puesta a tierra GFCI, conduletas, sellos, bandejas, etc.).
- Notas aclaratorias.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 31 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

### 3.6.9 Radicación del proyecto para aprobación


Para la radicación del proyecto para la aprobación por parte de ENAM S.A. E.S.P., se deben:

- Presentar dos (2) juegos de planos impresos a color en original, firmados por el ingeniero eléctrico, electricista o electromecánico diseñador, en tamaño pliego (100 x 70 cm) doblado a 1/16, o medio pliego (70 x 50 cm) doblado a 1/8 con el nombre del proyecto y la numeración de planos visible, en formato normalizado por ENAM S.A E.S.P.
- Dos (2) juegos en original de las memorias de cálculo del proyecto empastadas y firmadas por el ingeniero eléctrico, electricista o electromecánico diseñador.
- Una (1) copia del proyecto en medio óptico en CD en “AutoCAD” formato dwg.
- Anexar al final de cada uno de los 2 juegos de memorias los siguientes documentos:
  - ✓ Recibo de pago por revisión del proyecto según tabla de costos de mano de obra vigente de ENAM S.A E.SP.
  - ✓ Certificado de disponibilidad de energía, expedido por ENAM S.A E.S.P.
  - ✓ Declaración de cumplimiento suscrita por el constructor (formato 34.1 del reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE) firmada por el ingeniero o técnico constructor y el propietario del proyecto.
  - ✓ Fotocopia de la matrícula profesional del ingeniero eléctrico, electricista o electromecánico diseñador.

### 3.6.10 Declaración del diseñador y del propietario

Para la radicación y posterior aprobación del proyecto, el diseñador y el propietario deben declarar el cumplimiento del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE, mediante la suscripción del siguiente documento, de acuerdo con las directrices del Ministerio de Minas y Energía.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 32 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## 4. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

### 4.1 CONDUCTORES

#### 4.1.1 Generalidades

Las presentes normas establecen el uso de conductores de cobre y aluminio con y sin alma de acero para los sistemas de distribución, de acuerdo con los siguientes requisitos generales:

##### 4.1.1.1 Circuitos Primarios.

Se usarán conductores semiaislados de aluminio redorizados con acero ACSR y de aluminio reforzado con acero ACSR.

El ACSR semiaislado se usará en zonas con alta densidad de fauna y de difícil acceso para el mantenimiento de la red (Podas).

Para instalaciones subterráneas se usarán conductores de cobre.

##### 4.1.1.2 Circuitos Secundarios.

Para circuitos aéreos se usarán cables múltiplex (pre ensamblado) de aluminio ASC aislado para las fases y AAAC o ACSR como conductor neutro mensajero.

Para instalaciones subterráneas se usarán conductores monoplares de cobre aislado o aluminio.

#### 4.1.2 Conductores de cobre.


##### 4.1.2.1 Conductores subterráneos.

Los conductores subterráneos serán de cobre electrolítico de 99.9% de pureza, tipo suave de conductividad 100% .El cableado podrá ser redondo concéntrico, redondo compacto o sectorial, de acuerdo con las necesidades y características de la instalación.

##### 4.1.3 Conductores de Aluminio.

Los conductores serán de aluminio duro de conductividad 61%. Los conductores de aluminio podrán ser con o sin refuerzo de acero. Los primeros se utilizarán para circuitos primarios en instalaciones de conductores desnudos.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 33 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Los conductores de aluminio tendrán el cableado y las características definidas en las siguientes tablas:

Tabla 7. Conductor Tipo AAAC

CALIBRE AWG ó Kcmil	CLASE DE CABLEADO	No. DE ALAMBRES	DIAMETRO ALAMBRE mm	DIAMETRO CONDUCTOR mm	PESO CONDUCTOR APROX. kg/km	CARGA A LA ROTURA Kgf
250	A	19	2,91	14,55	346,9	3977
4/0	AA,A	7	4,42	13,26	293,7	3334
2/0	AA,A	7	3,50	10,50	185	2090
1/0	AA,A	7	3,12	9,36	146,8	1734
2	AA,A	7	2,47	7,41	92,14	1091

Tabla 8. Conductor Tipo ACSR Clase AA

NOMBRE CLAVE	CALIBRE AWG O Kcmil	No. DE ALAMBRES		DIAMETRO ALAMBRE Mm		DIAMETRO CONDUCTOR mm	PESO DEL CONDUCTOR kg/km	CARGA MINIMA A LA ROTURA DEL CONDUCTOR kgf
		Al	Acero	Al	Acero			
Lark	397.5	30	7	2,92	2,92	20,47	926	9208
Ibis	397.5	26	7	3,14	2,44	19,88	812	7393
Chicadee	397.5	18	1	3,77	3,77	18,87	641	4507
Oriole	336.4	30	7	2,69	2,69	18,83	783	7852
Linnet	336.4	26	7	2,89	2,25	18,29	687	6394
Merlin	336.4	18	1	3,47	3,47	17,36	543	3856
Ostrich	300.0	26	7	2,73	2,12	17,27	613	5761
Patritg	266.8	26	7	2,57	2,00	16,30	545	5129
Waxwing	266.8	18	1	3,09	3,09	15,46	430	3120
Penguin	4/0 (211.6)	6	1	4,77	4,77	14,31	433	2783
Pigeon	3/0 (167.8)	6	1	4,25	4,25	12,74	342	2998
Quail	2/0 (133.1)	6	1	3,78	3,78	11,35	272	2407
Raven	1/0 (105.6)	6	1	3,37	3,37	10,11	216	1988
Robin	1 (83.69)	6	1	3,00	3,00	9,00	171	1611
Sparrow	2 (66.36)	6	1	2,67	2,67	8,02	136	1295
Swan	4 (41.74)	6	1	2,12	2,12	6,35	85,4	843


#### 4.1.4 Aislamientos.

##### 4.1.4.1 Conductores múltiplex

Pueden utilizarse en circuitos secundarios, son conductores comprimidos de aluminio 1350-H19, aislados con XLPE, el conductor neutro aislado se identifica con tres rayas amarillas extruidas.

Estos conductores deben ajustarse a los anteriores requisitos de aislamiento.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 34 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## 4.2 APOYOS DE LINEAS Y CIRCUITOS AEREOS.

### 4.2.1 Generalidades.

Estas normas cubren el uso de postes de concreto, los cuales deben ser los adecuados para el apoyo de las líneas, transformadores y equipos.

Los postes se deben manejar con cuidado, no se deben tirar de los vehículos de transporte, cuando se distribuyan los postes en el terreno, se debe tener en cuenta cuales van a llevar transformadores o se van a utilizar en ángulos y terminales.

### 4.2.2 Poste de Concreto.

Los postes de concreto que se utilizarán en la construcción de circuitos aéreos de distribución serán de los tipos aceptados por las normas colombianas. Estos pueden construirse con diversas técnicas y diferentes formas.


En la siguiente tabla se especifican las características principales de postes de concreto centrifugados y con refuerzo de acero y forma troncónica.

Tabla 9. Especificaciones para postes de concreto centrifugado

ALTURA (m)	DIAMETROS		Carga de Rotura mín. (kgf)	Carga de trabajo (kgf)
	Base (cm)	Punta (cm)		
8	26	14	510	204
	26	14	750	300
12	32	14	510	204
	32	14	750	300
	37	19	1050	420
13	33.5	14	510	204
	33.5	14	750	300
	38.5	19	1050	420
14	37	16	750	300
	40	19	1050	420
	41	20	1350	540
15	40.5	18	750	300
	41.5	19	1050	420
	42.5	20	1350	540
16	46	22	750	300
	46	22	1050	420

El concreto usado para los postes deberá ser de 200kg/cm<sup>2</sup> (3000lbs/pulg<sup>2</sup>) a los 28 días y el acero de 1200kg/cm<sup>2</sup>. El recubrimiento del refuerzo será como mínimo de 2cm.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 35 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

#### 4.2.3 Poste de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV).

Los postes de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) que se utilizarán en la construcción de circuitos aéreos de distribución serán de los tipos aceptados por las normas colombianas. Estos pueden construirse con diversas técnicas y diferentes formas.

En la siguiente tabla se especifican las características principales de postes de poliéster reforzado con fibra de vidrio y forma troncónica.

Tabla 10. Especificaciones para postes de fibra de poliéster reforzado con fibra de vidrio.

ALTURA (m)	DIAMETROS		Carga de Rotura mín. (kgf)	Carga de trabajo (kgf)
	Base (cm)	Punta (cm)		
8	28	14	510	204
	28	14	750	300
	29	15	1050	420
10	32	15	510	204
	32	15	750	300
	33	16	1050	420
	34	17	1350	540
12	35	14	510	204
	35	14	750	300
	35	14	1050	420
	35	14	1350	540
14	36	12	750	300
	36	12	1050	420
	36	12	1350	540

\*Referencias de altura superior a 14 m son de fabricación especial.

#### 4.2.4 Poste Madera

Los postes de madera se utilizarán en la construcción de circuitos aéreos de distribución rural donde las vías de acceso no permitan instalar postes de concreto o fibra de vidrio. Los postes deben ser de tipo Estanquillo de Acapú, Quinilla, Aceituna y/o Mata mata, además deben ser de madera sana y seca, libre de partes en descomposición o astillosas, huecos y grietas que debiliten o que produzcan su deterioro progresivo.

Los extremos deberán estar exentos de abertura, daños por rodadura durante su transporte, huecos y otros desperfectos y no deben contener elementos metálicos extraños tales como clavos y deben ser inmunizados totalmente.

Las especificaciones técnicas son las siguientes:

Apariencia: Los postes deberán ser rectos, torneados y cumplir con las con las siguientes características técnicas de acuerdo a norma IPSE NM012:

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 36 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Tabla 11. Especificaciones para postes madera

ALTURA (m)	DIAMETRO		CIRCUNFERENCIA		Profundidad de enterramiento (m)	
	Base (cm)	Punta (cm)	Base (cm)	Punta (cm)	En tierra blanda	En Roca
8	22	16	69,2	50	1,6	1,4
12	25	16	78,8	50	1,8	1,6

- Para estructuras de retención y ángulos fuertes, aumentar la profundidad de enterramiento en un 15%.
- No se recomienda utilizar relleno que contenga materia orgánica, basuras, tierra vegetal y terrones de arcilla.
- El relleno utilizado alrededor del poste debe ser compactado.
- No se recomienda utilizar cimentaciones de concreto alrededor de los postes de madera.
- Tampoco utilizar como rellenos piedras, ni tierra que contenga residuos vegetales.

#### 4.2.5 Enterramiento de los postes

La profundidad a la cual se deben enterrar los postes se regirá por la siguiente fórmula:

$$\text{Profundidad de enterramiento} = 0.1 H + 0.6 \text{ (metros),}$$

Donde H es la longitud del poste en metros.

En terrenos pendientes, la profundidad de enterramiento se debe medir desde el lado inferior de la excavación.


Cuando el terreno es blando, especialmente arenoso o pantanoso, el material de relleno no puede ser de esta misma clase, se debe cimentar la base del poste con concreto.

Cuando se trabaja en casco urbano, se debe garantizar el mismo acabado que tienen las calles y andenes antes de la excavación.

#### 4.2.6 Cimentación de postes

En terrenos inestables como es el caso de zonas inundables, áreas de cultivo y terrenos arenosos, o en zonas donde no sea posible ubicar templetos los postes se deben estabilizar mediante un cilindro de concreto ciclópeo que se extienda 10 cm alrededor del poste, medidos desde la cara de éste y a la profundidad a de enterramiento como se ilustra en la Figura 1. En terrenos pendientes esta línea la determina el lado inferior de la excavación.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 37 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

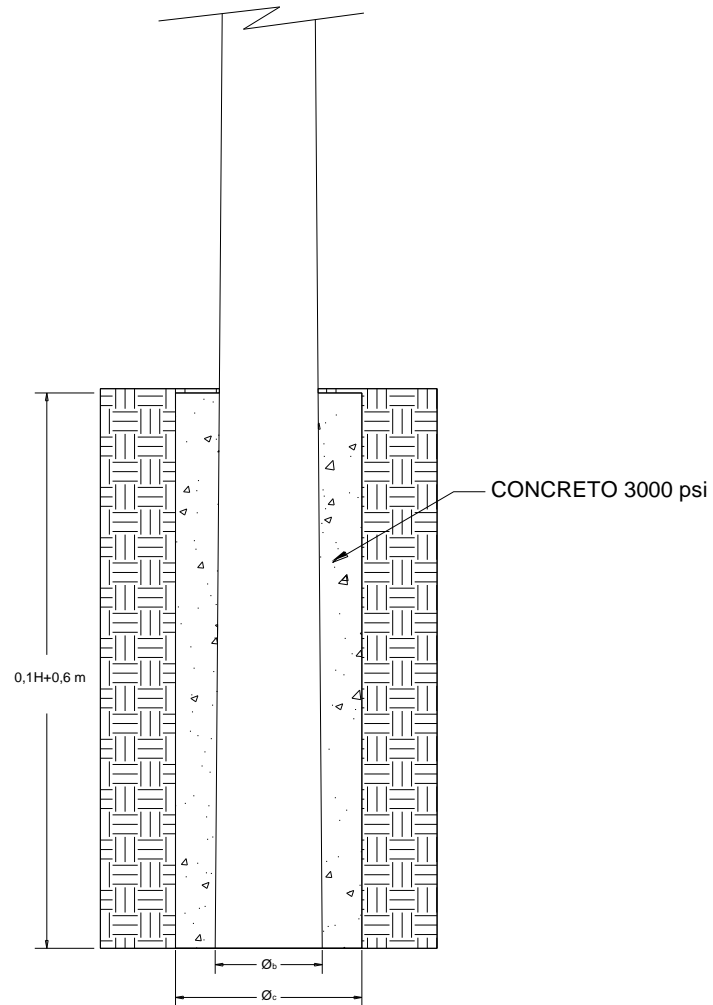


Figura 1. Cimentación de postes

$$\varnothing_c = \varnothing_b + 0,2m$$

Donde:

Øb= diámetro externo de la base del poste


Øc= diámetro externo del cilindro de concreto

#### 4.2.7 Especificación de montaje de postes

Una vez hechos los huecos para postes, éstos se deben señalar con una bandera, o cinta de advertencia para evitar posibles accidentes.

Si por motivos de diseño, es necesario ubicar un poste en esquinas o sitios de cruce vehicular, éstos deben ser pintados con una franja de seguridad amarilla y negra, un metro a partir de del suelo.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 38 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

#### 4.2.8 Montaje de los conjuntos en los postes

Los postes deben ser alineados con el fin de aprovechar al máximo los huecos.

Las crucetas se deben instalar alineadas y niveladas. En ángulo de la línea la cruceta debe estar alineada con la bisectriz del ángulo.

Los tornillos y espárragos deben ser de la longitud adecuada. Cuando se instalen en una estructura se deben extender al menos ½” y no más de 2 ½” después de las tuercas. La tornillería no se debe cortar cuando sea muy larga; debe remplazarse por tornillos de longitud adecuada.

### 4.3 DISPOSICION DE CONDUCTORES AEREOS

#### 4.3.1 Generalidades

En esta norma se establecen los requisitos generales sobre distancias mínimas entre conductores desnudos, entre estos y otros elementos de la instalación, a estructuras adyacentes a los circuitos y entre los circuitos, con base en el Artículo 13 del RETIE.

Generalmente las distancias en la práctica están dictadas por consideraciones de orden mecánico y de facilidades para la instalación y mantenimiento

Por lo tanto, las distancias que en este artículo se establecen se utilizarán principalmente en los cálculos eléctricos.

#### 4.3.2 Distancias entre conductores

1. La distancia horizontal debe tener en cuenta el efecto del viento para evitar que los conductores lleguen acercarse hasta el punto en que se produzcan fallas. La distancia mínima puede calcularse por la siguiente fórmula:

$$e = k\sqrt{F + L} + A$$

Dónde:


e = separación entre conductores, en metros.

k = coeficiente igual a 0.75 para conductores de cobre o aluminio reforzado con acero y 1.00 para conductores de aluminio.

F = Flecha máxima en metros.

L= longitud de la cadena de aisladores de suspensión, en metros. En el caso en el que los conductores estén soportados con aisladores de espigo y en estructuras terminales y de retención L= 0

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 39 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

 <b>ENAM</b> <small>ENERGÍA PARA EL AMAZONAS S.A.E.S.P</small>	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

$$A = \frac{kV}{150}$$

Para tensiones inferiores a 66 kV.

### 4.3.3 Distancia mínima de los conductores a tierra

Las distancias mínimas del conductor inferior a tierra, bajo condiciones de máxima flecha serán las especificadas en las tablas 12 y 13:

Tabla 12. Distancias de conductores a tierra – edificaciones y estructuras similares.


<b>DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD EN ZONAS CON CONSTRUCCIONES</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Tensión nominal entre fases (kV)</b>	<b>Distancia (m)</b>
Distancia vertical "a" sobre techos y proyecciones de difícil acceso a personas.	44/34,5/33	3,8
	13,8/13,2/11,4/7,6	3,8
	<1	0.45
Distancia horizontal "b" a muros, proyecciones, ventanas y diferentes áreas independientemente de la facilidad de accesibilidad de personas.	115/110	2,8
	66/57,5	2,5
	44/34,5/33	2,3
	13,8/13,2/11,4/7,6	2,3
	<1	1,7
Distancia vertical "c" sobre o debajo de balcones o techos de fácil acceso a personas, y sobre techos accesibles a vehículos de máximo 2,45 m de altura.	44/34,5/33	4,1
	13,8/13,2/11,4/7,6	4,1
	<1	3,5
Distancia vertical "d" a carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular.	500	8,6
	230/220	6,8
	115/110	6,1
	66/57,5	5,8
	44/34,5/33	5,6
	13,8/13,2/11,4/7,6	5,6
	<1	5

Tabla 13. Distancias mínimas del conductor inferior para cruces con ríos.

<b>Descripción</b>	<b>Tensión nominal entre fases (kV)</b>	<b>Distancia (m)</b>
Distancia mínima vertical respecto del máximo nivel de agua "g" en cruce con ríos, canales navegables o flotantes adecuados para embarcaciones con altura superior a 2m y menor a 7m.	44/34,5/33	10,2
	13,8/13,2/11,4/7,6	10,2
	<1	9.6
Distancia mínima vertical respecto del máximo nivel de agua "g" en cruce con ríos, canales navegables o flotantes, no adecuados para embarcaciones con altura superior a 2m.	13,8/13,2/11,4/7,6	5,2
	<1	4,6

Cualquier distancia de seguridad adicional que sea requerida, deberá tomarse del Reglamento técnico de Instalaciones Eléctricas vigente en el momento.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 40 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

#### 4.3.4 Distancias de conductores a los soportes

##### 4.3.4.1 Conductores rígidamente soportados

Las distancias mínimas a superficies de madera o concreto se calcula por la fórmula:

$$e = 0.1 + \frac{kV}{150\text{metros}}$$

KV = voltaje entre fases

Las distancias mínimas a superficies metálicas deberán ser de 1 cm por cada kV de tensión entre fases.

##### 4.3.4.2 Conductores en aisladores de suspensión.

Las distancias mínimas se calcularán de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$A = l_k \frac{W_1 + 0.5W_2}{\sqrt{(W_1 + 0.5W_2)^2 + (G_1 + 0.5G_2)^2}}$$

En donde:

- Lk = Longitud de la cadena de aisladores
- W1 = empuje del viento sobre el conductor
- W2 = empuje del viento sobre el conductor
- G1 = peso del conductor
- G2 = peso de la cadena

#### 4.3.5 Distancia de conductores al cable de guarda


El cable de guarda debe colocarse en tal posición que el ángulo de protección sea inferior a 30°. Normalmente el cable de guarda se instala con una tensión tal que su flecha sea 75% a 80% la de los conductores, con lo cual se conserva el ángulo de apantallamiento y las distancias a los conductores en toda la longitud del vano.

#### 4.3.6 Distancias en casos de cruces

Los cruces de líneas soportadas en estructuras diferentes deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- La línea de mayor tensión debe cruzar siempre por sobre las de tensiones inferiores.
- Se procurará que los cruces se efectúen cerca de un apoyo de la línea de mayor tensión.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 41 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

- La distancia mínima entre el conductor de la línea inferior y el apoyo de la línea superior debe ser la calculada por la siguiente fórmula:

$$e = 1.5 + \frac{F}{\sqrt{2}} mts$$

En la que

F = flecha máxima en metros del conductor inferior de la línea de menor tensión.

- La separación vertical mínima entre conductores más próximos de los dos circuitos en el punto de cruce, se determina en la Figura 3.

#### 4.3.7 Distancias entre circuitos en la misma estructura

1. Las distancias verticales deberán cumplir con los siguientes requisitos mínimos:
2. El circuito de mayor tensión deberá ir en la parte superior.
3. Las distancias verticales mínimas entre conductores de circuitos diferentes que se cruzan en el mismo soporte deberán ser las especificadas en el cuadro de Distancias Mínimas entre Circuitos.


#### 4.3.8 Distancias a edificaciones y estructuras similares

1. Se debe evitar pasar circuitos eléctricos sobre edificios y estructuras similares.
2. Las distancias mínimas horizontales de conductores aéreos a edificios y estructuras similares serán especificadas en la tabla 14.

Tabla 14. Distancias mínimas entre circuitos.

		DISTANCIAS EN METROS			
<b>Tensión Nominal (kV) entre Fases de la Línea Superior</b>	13,8/13,2/11,4/7,6	1,8	1,2	1,2	
	<1	1,2	0,6		
	Comunicaciones	0,6			
		Comunicación.	<1	13,8/ 13,2/ 11,4/ 7,6	44/ 34,5/ 33
		<b>Tensión Nominal (kV) entre Fases de la Línea Inferior</b>			

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 42 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

#### 4.4 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN.

Las instalaciones eléctricas disponen de diversos elementos de seguridad para disminuir el riesgo de accidentes, como los causados por sobrecorrientes o sobretensiones.

Los equipos de protección deben ser coordinados para asegurar la adecuada operación del sistema. La coordinación de estos equipos es un compromiso entre la máxima protección y la máxima continuidad del servicio; esta coordinación se logra con las siguientes reglas básicas:

- Evitar que las fallas temporales se conviertan en fallas permanentes.
- Aislar las fallas permanentes mediante la remoción de la mínima parte del sistema que contenga las líneas o dispositivos fallados.
- Prevenir el peligro al público mediante el despeje de las líneas en falla.
- Se debe aclarar que los sistemas de protección no siempre son protección para el personal. La presencia de un dispositivo de protección no necesariamente protege al trabajador, puesto que mientras opera el dispositivo protector pueden ocurrir lesiones graves. Por esta razón se deben seguir las normas de seguridad en el trabajo.

##### 4.4.1 Elementos de protección contra sobrecorriente.

Todos los alimentadores primarios, ramales, derivaciones en media tensión deben tener protección contra sobrecorriente, instalada en el punto de arranque o común.

- **Fusibles.** Un fusible es un dispositivo no ajustable que sirve para una aplicación específica. Los fusibles son diseñados para despejar sobrecorrientes, proteger equipo, seccionar y suministra protección contra sobrecarga o contra cortocircuito. La mayoría de los cortacircuitos trabajan por el principio de expulsión.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 43 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Tabla 15. Tipo de fusibles más usados.

TIPO DE FUSIBLE	REACCIÓN	RELACIÓN DE VELOCIDAD**	APLICACIÓN
H	Extra rápido	Varía entre 4 para 6 A y 6 para 100 A	Protección por el lado primario de transformadores pequeños y/o lugares en los que se utilizan equipos electrónicos sensibles o que exijan una protección rápida como hospitales o centros de cómputo.
K	Rápido	Varía entre 6 para 6 A y 8 para 200 A	Protección de líneas de distribución
T	Lento	Varía entre 10 para 6A y 13 para 200A	Coordinación de reconectores
VS	Muy lento	Varía entre 15 para 15A y 13,7 para 100A	Protección de transformadores
DUAL	Extralento	Varía entre 13 para 0,4A y 20 para 2,1A	Protección de transformadores, cuando ocurre una falla que no represente peligro para el transformador, el fusible no se fundirá, pero si la falla persiste o alcanza un nivel de riesgo alto, el fusible se fundirá.


\*Para satisfacer requerimientos especiales tales como la protección primaria de transformadores de distribución, se han desarrollado fusibles por debajo de 10 A. Estos están diseñados para suministrar protección contra sobrecargas y evitar operaciones innecesarias durante corrientes transitorias de corta duración asociadas con arranques de motores y descargas.

\*\* La relación de velocidad de los fusibles de tamaños de 100A y menores, es la relación entre la corriente de fusión en 0.1 segundos a la corriente de fusión en 300 segundos; al aumentar la relación, disminuye la velocidad de fusión. Para fusible con capacidades superiores a 100A, la relación de velocidad está entre la corriente de fusión a 0.1 segundos y 600 segundos.

#### 4.4.2 Coordinación Fusible-Fusible

Por definición convencional, cuando dos o más elementos fusibles u otros dispositivos de protección son aplicados a un sistema, el dispositivo más cercano a la falla en el lado de suministro es el “protector” y el más cercano a la alimentación es el de “respaldo” o “protegido. La figura 2 muestra esta situación.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 44 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

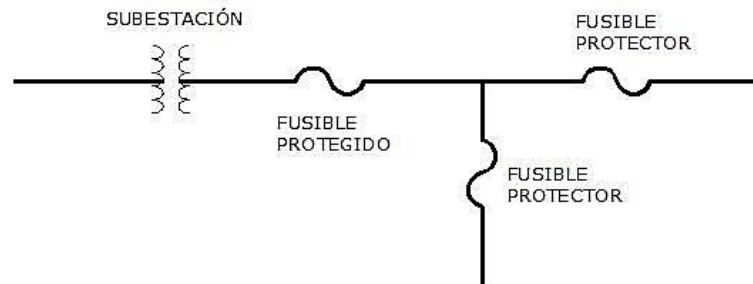


Figura 2. Relación entre fusible protegido y protector.

**4.4.2.1 Principios de coordinación.** Para obtener una adecuada coordinación de protecciones es necesario seguir los siguientes principios básicos:

- El dispositivo protector debe despejar la falla temporal o permanente antes de que el dispositivo protegido interrumpa el circuito en el caso de los fusibles u opere hasta el bloqueo en el caso de los reconfiguradores.
- La interrupción debida a fallas permanentes debe estar restringida a la menor sección del sistema durante el menor tiempo posible.

Una regla esencial para la coordinación de fusibles establece que el tiempo máximo de despeje (Maximum Clearing Time) del elemento protector no debe exceder el 75% del tiempo mínimo de fusión (Minimum Melting Time) del elemento protegido. Con esto se asegura que el elemento protector interrumpa y despeje la falla antes de que sea dañado el elemento protegido.

Otra regla importante define que la corriente de carga en el punto de aplicación no debe exceder la capacidad continua de corriente del elemento fusible, ya que éste se puede sobrecalentar y quemar causando una interrupción innecesaria del servicio.

La coordinación entre fusibles puede ser hecha utilizando las curvas tiempo – corriente, tablas de coordinación o por reglas prácticas establecidas por la industria. Estos métodos son progresivamente fáciles en el orden dado, pero con las reglas prácticas no se logra la exactitud de coordinación que se lograría con las curvas o con las tablas de coordinación.

El uso de las tablas de coordinación, implica que los fusibles sean operados dentro de su capacidad continua de corriente y que sean instalados en los cortacircuitos adecuados. Las tablas 16 a la 19 presentan un listado de fusibles protectores, protegidos y la máxima corriente a la cual se asegura una adecuada coordinación.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 45 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


 <b>ENAM</b> <small>ENERGÍA PARA EL AMAZONAS S.A.E.S.P</small>	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Tabla 16. Coordinación Entre Fusibles ANSI/NEMA Tipo K

Fusible Protector	Fusible protegido													
	8K	10K	12K	14K	20K	25K	30K	40K	50K	65K	80K	100K	140K	200K
<b>Máxima corriente de falla con la cual B protegerá a A (Amperios)</b>														
6K		190	350	510	650	840	1060	1340	1700	2200	2800	3900	5800	9200
8K			210	440	650	840	1060	1340	1700	2200	2800	3900	5800	9200
10K				300	540	840	1060	1340	1700	2200	2800	3900	5800	9200
12K					320	710	1050	1340	1700	2200	2800	3900	5800	9200
15K						430	870	1340	1700	2200	2800	3900	5800	9200
20K							500	1100	1700	2200	2800	3900	5800	9200
25K								660	1350	2200	2800	3900	5800	9200
30K									850	1700	2800	3900	5800	9200
40K										1100	2200	3900	5800	9200
50K											1450	3500	5800	9200
65K												2400	5800	9200
80K													4500	9200
100K													2000	9100
140K														4000

Tabla 17. Coordinación Entre Fusibles ANSI/NEMA Tipo T

Fusible protector	Fusible protegido													
	8T	10T	12T	14T	20T	25T	30T	40T	50T	65T	80T	100T	140T	200T
<b>Máxima corriente de falla con la cual B protegerá a A (amperios)</b>														
6T		350	680	920	1200	1500	2000	2540	3200	4100	5000	6100	9700	15200
8T			375	800	1200	1500	2000	2540	3200	4100	5000	6100	9700	15200
10T				530	1100	1500	2000	2540	3200	4100	5000	6100	9700	15200
12T					680	1280	2000	2540	3200	4100	5000	6100	9700	15200
15T						730	1700	2540	3200	4100	5000	6100	9700	15200
20T							990	2100	3200	4100	5000	6100	9700	15200
25T								1400	2600	4100	5000	6100	9700	15200
30T									1500	3100	5000	6100	9700	15200
40T										1700	3800	6100	9700	15200
50T											1750	4400	9700	15200
65T												2200	9700	15200
80T													7200	15200
100T													4000	13800
140T														7500


Tabla 18. Coordinación Entre Fusibles ANSI/NEMA Tipo K Y Tipo H

Fusible Protector	Fusible protegido													
	8K	10K	12K	14K	20K	25K	30K	40K	50K	65K	80K	100K	140K	200K
<b>Máxima corriente de falla con la cual B protegerá a A (amperios)</b>														
1H	125	280	380	510	650	840	1060	1340	1700	2200	2800	3900	5800	9200
2H		45	220	450	650	840	1060	1340	1700	2200	2800	3900	5800	9200
3H		45	220	450	650	840	1060	1340	1700	2200	2800	3900	5800	9200
5H		45	220	450	650	840	1060	1340	1700	2200	2800	3900	5800	9200
8H		45	220	450	650	840	1060	1340	1700	2200	2800	3900	5800	9200

Tabla 19. Coordinación Entre Fusibles ANSI/NEMA Tipo T y Tipo H

Fusible Protector	Fusible protegido													
	8T	10T	12T	14T	20T	25T	30T	40T	50T	65T	80T	100T	140T	200T
<b>Máxima corriente de falla con la cual B protegerá a A (amperios)</b>														
1H	400	520	710	920	1200	1500	2000	2540	3200	4100	5000	6100	9700	15200
2H	240	500	710	920	1200	1500	2000	2540	3200	4100	5000	6100	9700	15200
3H	240	500	710	920	1200	1500	2000	2540	3200	4100	5000	6100	9700	15200
5H	240	500	710	920	1200	1500	2000	2540	3200	4100	5000	6100	9700	15200
8H	240	500	710	920	1200	1500	2000	2540	3200	4100	5000	6100	9700	15200

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 46 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

#### 4.4.2.2 Protección de transformadores de distribución.

Típicamente cada transformador de distribución está protegido por un fusible ubicado en el lado primario del transformador. El fusible no puede distinguir entre las sobrecargas de corto tiempo, las fallas secundarias de alta impedancia y las condiciones de sobrecarga de larga duración; así que la selección de un fusible debe ser un compromiso.

Los fusibles ubicados externamente son usualmente seleccionados para proteger el transformador cuando la corriente de carga excede un predeterminado múltiplo de la corriente de plena carga durante 300 segundos. Este múltiplo, o relación de fusible se ajusta a la política de operación de las compañías de energía y puede variar de uno (1) a quince (15). La Norma ANSI C57.91 muestra valores que llegan a tres (3) veces la capacidad de plena carga del transformador. Para lograr un máximo uso de un transformador, es típico usar una relación de fusible de dos (2) o tres (3).

Otra consideración es proteger el transformador de distribución contra daños causados por fallas que pasan a través del transformador por fallas secundarias.

El daño a transformadores por fallas que pasan a través de él, son el resultado de efectos térmicos y mecánicos. Estos últimos son la principal causa de falla en los transformadores. Los incrementos de temperatura asociados con fallas de alta corriente son bastante aceptables pero los efectos mecánicos no lo son si las fallas ocurren con alguna regularidad.

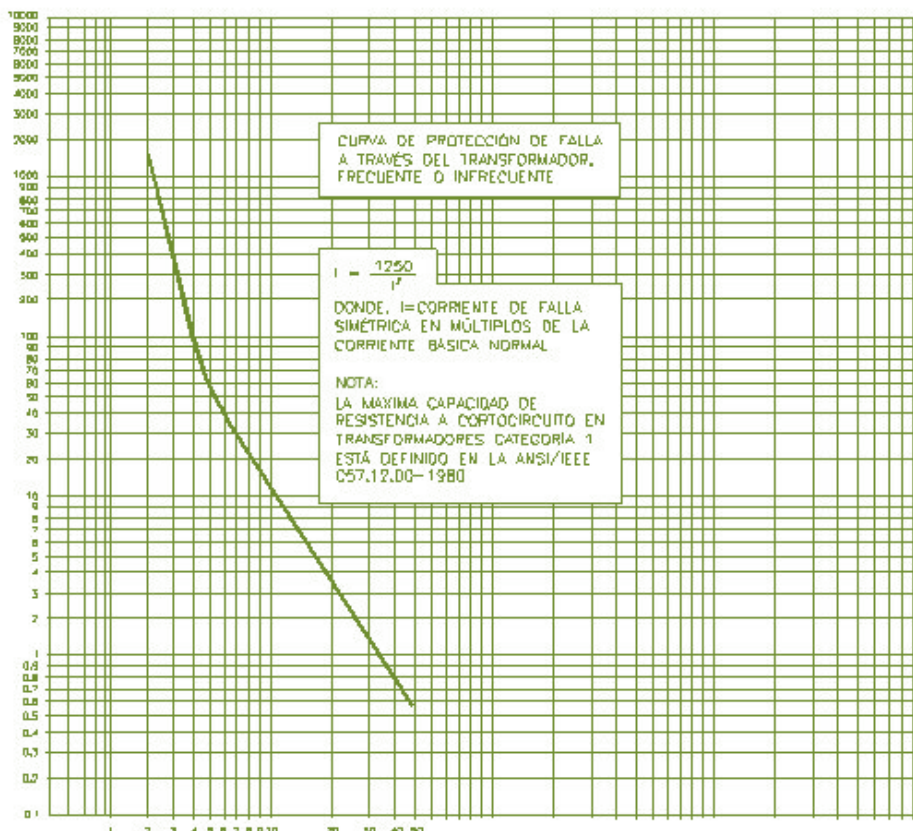



Figura 3. Curva de falla del transformador

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 47 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

La corriente de Inrush y la corriente de enganche de carga fría también se deben considerar al momento de seleccionar fusible. Se sugiere que un fusible sea capaz de soportar una corriente igual a 25 veces la corriente de plena carga del transformador por 0.01 segundos y 12 veces la corriente a plena carga para 0.1 segundo para soportar la corriente de Inrush. Los valores sugeridos para enganche de carga fría son seis (6) veces la corriente de plena carga para un (1) segundo, tres (3) veces la corriente de plena carga para 10 segundos y dos (2) veces para 1000 segundos. Un fusible seleccionado debe estar ubicado entre la corriente de Inrush y la curva de daño presentada en amperios.

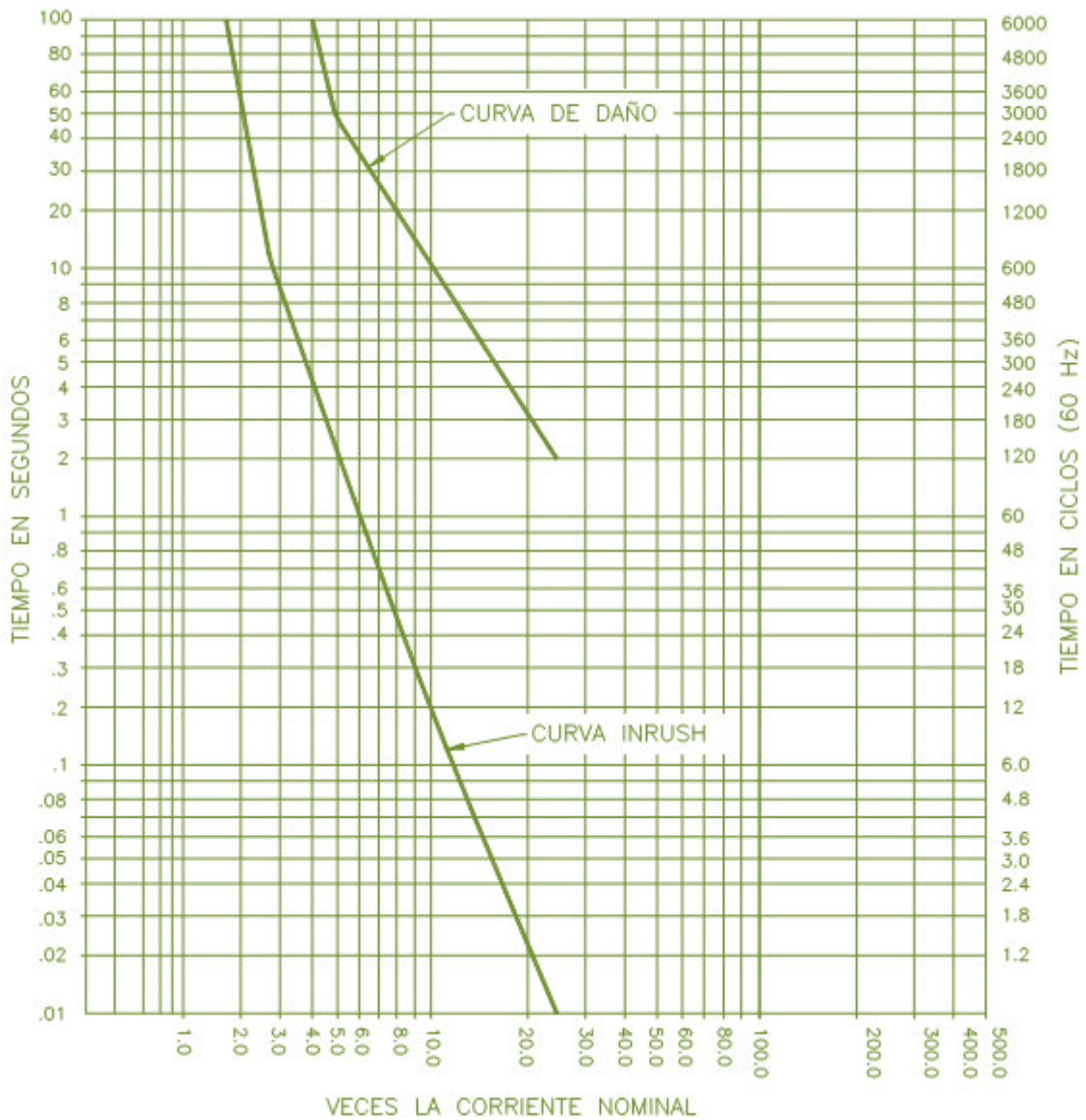



Figura 4. Curva de corriente de inrush y curva de daño del transformador en Amperios.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 48 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## 4.5 PROTECCIÓN DE CONDENSADORES

### 4.5.1 Sobreintensidades

De acuerdo con las normas ANSI/IEEE, los condensadores deben ser capaces de operar al 135% de sus KVAR nominales. El máximo voltaje del sistema de operación no puede ser mayor que el 6% del voltaje nominal del condensador. Por normas, la tolerancia en capacitancia es del 15% y la presencia de armónicos puede adicionar un máximo del 10% del valor RMS de corriente. Estos factores juntos hacen que la corriente en exceso sea aproximadamente el 35% de la corriente nominal, así que todo el equipo asociado con un banco de capacitores, incluyendo los fusibles, deben ser capaces de operar al 135% de la corriente nominal.

Otra consideración a tener en cuenta en la protección de sobrecorriente es su forma de fallar. Una falla usualmente empieza con una rotura del dieléctrico en uno de los paquetes, lo cual en efecto saca de servicio aquellas unidades y el voltaje a través de las unidades aún en operación se aumenta así como su corriente. El voltaje incrementado eventualmente hará fallar otras unidades causando un nuevo incremento de corriente y voltaje. Si se permite continuar, este proceso conducirá a la falla de todas las unidades del banco.

Al hacer la selección de un fusible para un banco de capacitores, la característica tiempo-corriente del fusible debe ser comparada con la curva de ruptura del tanque de la unidad, la cual es suministrada por los diferentes fabricantes. Esta curva de ruptura compara la probabilidad de ruptura con las diferentes relaciones de tiempo corriente.

Las características tiempo-corriente del fusible para un banco de capacitores debe ser seleccionada para:

1. soportar la corriente "inrush" normal asociada con la energización del banco de condensadores.
2. Soportar la mayor corriente prevista del banco que puede ser alrededor del 135% de la corriente nominal.
3. Operar tan pronto como sea posible en respuesta a una falla de la unidad.
4. Proteger las unidades individuales en el banco contra ruptura, de acuerdo con las curvas de ruptura de tanque.
5. Soportar el transitorio de corriente de desconexión (outrush current) del banco de condensadores que resulta cuando un banco cercano es energizado o cuando una falla ocurre

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 49 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Tabla 20. Fusibles recomendados para bancos de condensadores en  $\Delta$  o en Y no aterrizada

Kvar trifásico	Corriente de línea (A)	Capacidad del Condensador	
		50 a 100 kvar	150 a 400 kvar
		Fusible recomendado	Fusible recomendado
150	6.6	6 T	*
300	13.1	12 T	*
450	19.7	20 T	20 T
600	26.2	25 T	25 T
900	39.4	40 K	40 K
1200	52.5	50 K	50 K
1350	59.0	50 K	50 K
1800	78.7	N D	65 K
2400	105.0	N D	100 K
2700	118.1	N D	100 K

#### 4.5.2 Sobretensiones

Como cualquier equipo de tipo intemperie, este equipo debiera estar protegido contra sobretensiones. De todos modos un pararrayos protector de un banco de condensadores, es como si estuviera expuesto a un trabajo menor, por causa de descarga atmosféricas que por ejemplo cuando protege un transformador, esto es debido a que el banco de condensadores reduce la tensión de impulso causada por una descarga atmosférica.

#### 4.6 RECONECTADOR


Un reconectador (recloser) censa corriente y tiempo, interrumpe sobrecorrientes y reconecta automáticamente un número de veces; entonces abre y aísla permanentemente una falla en una sección de la línea. Muchas fallas son transitorias por naturaleza, entonces el reconectador en su primera operación de reconexión restablece el servicio automáticamente sin necesidad de reparaciones.

Los reconectores pueden ser instalados como unidades monofásicas o trifásicas. Un reconectador monofásico es generalmente encontrado en sistemas de distribución protegiendo líneas monofásicas y trifásicas. Los trifásicos se encuentran en subestaciones como fuente primaria de protección para un alimentador y en líneas de distribución para proteger derivaciones del alimentador principal. En sistema eléctrico operado por ENAM S. A E.S.P. se debe instalar un reconectador cada 1000 kVA aguas arriba de la carga.

Los reconectores son utilizados basados en su voltaje nominal, rango de interrupción mínima corriente de falla dentro de su zona de protección y corriente nominal de operación. Un reconectador debe tener un voltaje nominal igual o mayor que el voltaje del sistema. La corriente nominal de interrupción del reconectador debe ser igual o mayor que la máxima corriente de falla de la derivación a la cual va a proteger.

El reconectador debe ser capaz de mantener la máxima corriente continua de operación sin dispararse y detectar la mínima falla dentro de su zona de protección. Con base en todos estos criterios se debe diseñar la coordinación de protecciones

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 50 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

del sistema. Uno de los parámetros más importantes es detectar la mínima corriente de falla a tierra con el fin de obtener una adecuada protección al público.

Los reconectores monofásicos hidráulicos son seleccionados de acuerdo a corrientes continuas de operación con valores típicos de 10, 15, 25, 35, 50, 70, 100 y 140 Amperios, Sin embargo la mínima corriente de falla que puede ser censada por estos dispositivos es dos veces el valor nominal de corriente continua de operación. Por lo tanto, un reconector de 50 A puede soportar una corriente de carga mayor a 50 A y operará para corrientes de falla iguales o superiores a 100 A. Esto sugiere, que cuando se elija un reconector monofásico, la corriente de carga esperada no debe exceder la capacidad de la corriente continua de operación del reconector. También la corriente mínima de falla en la zona de protección del reconector debe ser superior que la mínima corriente nominal de disparo de éste.


Los reconectores trifásicos vienen con controles electrónicos o hidráulicos. Los primeros son los más utilizados actualmente. Los reconectores controlados hidráulicamente son similares en su funcionamiento a los monofásicos pero su sistema de disparo permite la apertura simultánea de los tres polos. Los electrónicos tienen un conjunto de capacidades nominales de interrupción, corrientes nominales de operación y voltajes nominales pero la corriente mínima de disparo y las curvas características tiempo corriente (TCC) a ser usadas en el reconector, pueden ser programadas. Típicamente esto es hecho usando componentes conectables pero los modelos más recientes se encuentran con control de microprocesador los cuales se pueden programar a través de un computador.

Es recomendable que el ajuste de la mínima corriente de disparo para un reconector trifásico sea de 200% a 250% de la corriente pico de carga para permitir sobrecargas de corta duración tales como las corrientes de enganche en frío. También es recomendable que la mínima corriente de disparo no sea menor que el 140% de la corriente de carga. El ajuste de corriente de tierra debe ser tan bajo como sea posible para incrementar la sensibilidad. Como mínimo debe ser menor que la máxima corriente de carga en su zona de protección y superior que el desbalance esperado en el sistema. El desbalance esperado del sistema y/o alimentador es típicamente el 20% de la máxima corriente de carga más la corriente de carga de la mayor derivación monofásica protegida por un dispositivo automático tal como fusible o reconector. Es recomendable hacer una revisión periódica o estacional de todo el sistema y desbalance de alimentadores que asegure que el desbalance no exceda el 20% de la máxima corriente de carga. Esto ayudará a prevenir operaciones no deseadas del reconector.

Los reconectores controlados electrónicamente tienen un amplio rango de características de operación que se ajustan con gran precisión a los requerimientos individuales del sistema. Las características de ajuste de estos reconectores son las siguientes:

- 1. Coordinación de secuencia:** Una función que evita que el reconector opere sus curvas rápidas si un reconector “aguas abajo” está tratando de despejar la falla.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 51 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

2. **Disparo instantáneo:** Causa que el reconectador se dispare tan rápido como sea posible cuando la corriente de falla excede un múltiplo de la corriente de disparo mínimo. Esto extiende el rango de corriente donde habrá operación rápida del reconectador antes de la operación de un fusible de derivación, de esta manera se evita que fallas temporales se conviertan en permanentes.
3. **Bloqueo instantáneo:** Omite el ajuste del número de operaciones de reconexión si la corriente de falla excede un ajuste límite, con el fin de bloquear el reconectador reduciendo así la posibilidad de daño del equipo.
4. **Intervalo de reconexión:** es el tiempo entre las operaciones de reconexión que puede ser programado permitiendo una coordinación con dispositivos más rápidos o lentos.
5. **Tiempo de reinicio después de reconexión exitosa:** Permite que el reconectador se reinicie automáticamente después de energizar exitosamente la línea.
6. **Tiempo mínimo de respuesta:** Adiciona un retardo para inhibir el disparo del reconectador hasta que un mínimo tiempo predeterminado ha transcurrido. Esto puede extender la coordinación con reconectores “aguas abajo”.

#### 4.6.1 Principios de coordinación

Para asegurar una aplicación apropiada de los reconectores automáticos de circuitos en un sistema de distribución, se deben observar los siguientes principios básicos de coordinación.


1. El dispositivo del lado de carga debe despejar las fallas permanentes o temporales antes que el dispositivo del lado de fuente interrumpa el circuito (fusible) u opere hasta el bloqueo (reconectador).
2. Las salidas de circuito causadas por fallas permanentes deben ser restringidas a la sección más pequeña posible del sistema.

Estos principios inciden en la selección de curvas de operación y secuencias de los dispositivos de los lados de fuente y carga. La ubicación y el número de dispositivos de protección para restringir las fallas del servicio a la sección más pequeña de la línea están determinados por la práctica individual de cada compañía.

#### 4.6.2 Coordinación reconectador – reconectador

El objetivo de la coordinación reconectador- reconectador es restringir alguna falla permanente al menor número de clientes. La coordinación hasta el bloqueo es obtenida cuando el reconectador “aguas abajo” queda abierto para una falla permanente quedando el reconectador de respaldo cerrado. La coordinación de disparo es difícil de obtener, pero el público está demandándola más frecuentemente.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 52 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Los reconectores controlados hidráulicamente pueden ser coordinados usando diferentes valores de disparo mínimo para reconectores en serie o seleccionando diferentes curvas. Para reconectores monofásicos controlados hidráulicamente, es necesario mantener una separación de 0.2 segundos o 12 ciclos entre las curvas TCC de reconectores adyacentes para asegurar que no ocurrirán disparos simultáneos. Si esta separación es entre 2 y 12 ciclos, entonces el reconector “aguas arriba” podría o no bloquearse. Cuando la separación está por debajo de 2 ciclos el reconector “aguas arriba” es casi seguro que se bloqueará. Para los reconectores monofásicos tipo D y DV de la Cooper Power Systems y los reconectores hidráulicos trifásicos, es necesario mantener una separación de 0.15 segundos o 8 ciclos. Una regla práctica para coordinación de reconectores monofásicos es “brincar” tamaños de bobinas. Sin embargo esta coordinación es sólo para bloqueo y no necesariamente coordina en términos de secuencia de disparos.

Los reconectores electrónicamente controlados ofrecen una variedad de características de corriente de disparo y deben ser coordinados usando las corrientes mínimas de disparo y las curvas tiempo corriente (TCC). El mínimo nivel de disparo seleccionado para la curva no altera la capacidad nominal máxima continua del reconector. La coordinación entre los reconectores controlados electrónicamente se logra mediante la selección de diferentes curvas rápidas y temporizadas. La coordinación se puede obtener usando el accesorio de coordinación de secuencia. Las curvas usadas por los reconectores electrónicamente controladas no requieren de márgenes de coordinación como en el caso de los reconectores hidráulicamente controlados. Cuando se coordinan reconectores electrónicamente controlados, las curvas del reconector “aguas abajo” que han de ser consideradas son las curvas de despeje y las curvas de “aguas arriba” son las curvas de mínima respuesta.

#### 4.6.3 Coordinación reconector- fusible


La coordinación reconector fusible se basa en el método de las curvas tiempo corriente ajustadas por un factor multiplicador.

El método consiste en comparar las curvas tiempo corriente del reconector con las del fusible, teniendo en cuenta que el fusible del lado de carga ha sido seleccionado para la protección del transformador y que el fusible del lado de línea del reconector debe coordinar con éste.

#### 4.6.4 Coordinación con fusible en el lado de fuente

Cuando un fusible está ubicado en el lado de fuente de un reconector, es necesario que el tiempo total de despeje del reconector sea menor que el tiempo mínimo de fusión del fusible con el fin de obtener una adecuada coordinación. Un factor de “derrateo” comúnmente referido como factor K se debe aplicar al fusible del lado de fuente con el fin de tener en cuenta los efectos de pre- daño y calentamiento durante las operaciones de reconexión.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 53 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Para la corriente máxima de falla en el sitio de instalación del reconectador, el tiempo de la corriente mínima de fusión del fusible en el lado del transformador debe ser mayor que el tiempo promedio de la curva temporizada del reconectador (curva lenta) afectada por un factor específico. La curva del fusible debe ser desplazada en el eje de las corrientes multiplicándola por la relación de transformación.

La siguiente Tabla muestra los factores K que deben ser aplicados para temporizar la curva del reconectador en el lado de carga. El desplazamiento de la curva en el dominio del tiempo nos permitirá tolerancias de pre-daño y calentamiento en el fusible. El punto de intersección de la curva de desplazamiento temporizado y la curva del fusible (referida al lado de baja del transformador) será la máxima corriente de falla en la cual los dos dispositivos coordinarán.

Tabla 21. Factores K Para el Fusible en el Lado de Fuente

Fusibles para el lado de fuente			
Para coordinación del lado de fuente del fusible, el factor “K” de la tabla es utilizado para multiplicar los valores de la curva temporizada (B, C, D, E etc). La intersección de esta curva de referencia con la curva de tiempo mínimo de fusión del fusible determina la corriente máxima de coordinación. Las curvas deben estar referidas al mismo voltaje.			
Tiempo de recierre en ciclos	Secuencia dos rápidas y dos lentas	Secuencia una rápida y una lentas	Secuencia cuatro lentas
25	2.7	3.2	3.7
30	2.6	3.1	3.5
60	2.1	2.5	2.7
90	1.85	2.1	2.2
120	1.7	1.8	1.9
240	1.4	1.4	1.45
600	1.35	1.35	1.35

#### 4.6.5 Coordinación de fusibles en el lado de carga del reconectador

La condición más común es que el fusible esté en el lado de carga de los reconectores en un sistema de distribución.


La máxima coordinación entre el reconectador y el fusible se logra ajustando el reconectador para una secuencia de operación de dos disparos rápidos y dos lentos.

La primera operación rápida permite que cerca del 80% de las fallas temporales sea despejada. La segunda operación rápida permite el despeje de otro 10 % de las fallas. Antes de la tercera apertura el fusible se funde y despeja las fallas persistentes o permanentes.

Dos reglas definen la coordinación de reconectador-fusible en el lado de carga.

1. Para todos los valores posibles de corriente de falla en la sección protegida por el fusible, el tiempo mínimo de fusión de éste debe ser mayor que el tiempo de despeje de las operaciones rápidas (curvas rápidas) del reconectador multiplicado por un factor. Este factor permite un tiempo adecuado para que el fusible no se dañe.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 54 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015


2. Para todos los valores de corriente de falla posibles en la sección protegida por el fusible, el máximo tiempo de despeje (maximum clearing time) del fusible, no debe ser mayor que el tiempo de despeje temporizado (curvas lentas) del reconectador, teniendo en cuenta que la secuencia del reconectador es para dos o más operaciones temporizadas. Si las curvas quedan muy cerca, el reconectador se puede disparar primero.

Tabla 22. Factores K Para el Fusible en el Lado de Carga

Fusibles del lado de carga				
<p>Para la coordinación de fusibles en el lado de carga, los factores “K” son usados para multiplicar los valores de tiempo de la curva rápida del reconectador. La intersección de esta curva de referencia con la curva de tiempo mínimo de fusión del fusible determina la máxima corriente de coordinación. Los datos bajo la columna promedio se refieren cuando las curvas rápidas están graficadas con valores promedios. Los datos bajo la columna máxima se refieren cuando las curvas rápidas están graficadas con valores máximos.</p>				
Tiempo de recierre en ciclos	Una operación rápida		Dos operaciones rápidas	
	Promedio	Máxima	Promedio	Máxima
25 – 30	1.3	1.2	2.0	1.8
60	1.3	1.2	1.5	1.35
90	1.3	1.2	1.5	1.35
120	1.3	1.2	1.5	1.35

La tabla anterior muestra los factores “K” a ser aplicados en el dominio del tiempo para los reconectadores en el lado de fuente. Está basada en el número de operaciones rápidas del reconectador y en el tiempo de recierre en ciclos.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 55 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## 5. TRANSFORMADORES

### 5.1 POTENCIAS NORMALIZADAS DE LOS TRANSFORMADORES

#### 5.1.1 Red Aérea.

##### 5.1.1.1 Transformador para servicio residencial.

El transformador normalizado para la red aérea del sistema de ENAM S.A. E.S.P. será monofásico o trifásico de las siguientes características.

Tabla 23. Transformadores para servicio residencial.

TRIFÁSICOS		MONOFÁSICOS	
TENSION SECUNDARIA (Voltios)	POTENCIA (kVA)	TENSION SECUNDARIA (Voltios)	POTENCIA (kVA)
127/220	15-30-45-75-112.5	120/240	10-15-25-37.5-50
127/220	15-30-45-75-112.5	120/240	10-15-25-37.5-50

La disposición del cambiador de derivaciones será simétrica  $\pm 2 \times 2.5\%$ .

No se aceptarán redes de distribución para servicios residenciales con transformadores cuya tensión primaria sea diferente a 13200 voltios.

##### 5.1.1.2 Transformador para alumbrado público.

El transformador de alumbrado público será el transformador normalizado para el sistema de distribución a 13200/120/240 V monofásico.

#### 5.1.2 Servicios No Residenciales Trifásicos

##### 5.1.2.1 Desde Transformador Dedicado

Cuando se trate de dar servicio desde un transformador dedicado a uno o varios clientes el transformador puede ser de las tensiones secundarias que se requieran, siendo las más comunes 120/208 V, 127/220 V, 254/440 V, 277/480 V. En caso de tensiones diferentes a éstas se debe hacer consulta previa para garantizar una correcta medición de la energía.

#### 5.1.3 Red Subterránea

##### 5.1.3.1 Transformador.

Para la red subterránea los transformadores normalizados son los relacionados en la siguiente tabla:

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 56 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Tabla 24. Transformadores normalizados

TIPO DE SUBESTACIÓN	TRIFÁSICOS		MONOFÁSICOS	
	TENSION SECUNDARIA (Voltios)	POTENCIA (kVA)	TENSION SECUNDARIA (Voltios)	POTENCIA (kVA)
Pedestal(Pad Mounted)	120/208	45-75-112.5-225	120/240	15-25-37.5-50
Capsulada.	120/208	45-75-112.5-225	120/240	15-25-37.5-50
Bóveda	13200/120/208	45-75-112.5-225	120/240	15-25-37.5-50
Aérea*	13200/120/208	45-75-112.5-225	120/240	15-25-37.5-50

\*Se puede presentar el caso de que una subestación sea aérea pero sus redes tanto primarias como secundarias sean subterráneas.

## 5.2 TRANSFORMADORES ESTÁNDAR.

Los transformadores de distribución monofásicos y trifásicos sumergidos en aceite, para montajes en poste o tipo pedestal (pad-mounted) están especialmente diseñados para cargas de distribución residenciales. También son apropiados para cargas de iluminación comercial e industrial y diversas aplicaciones de potencia.


Los transformadores descritos aquí están diseñados para las condiciones de aplicación normalmente encontradas en sistemas eléctricos de distribución de energía. Es conveniente usarlos bajo las condiciones de servicio usuales descritas en la norma ANSI C57.12.00 “*General Requirements for Liquid-Immersed Distribution Power and Regulating Transformers*”. Todas las otras condiciones son consideradas “servicios inusuales” y deben evitarse.

Las normas estándar incorporan cierta nomenclatura con respecto a rangos de voltaje que muestran el voltaje de operación y las conexiones con las que el transformador en particular puede ser usado como sigue:

Baja tensión de 120/240 (fig. 5-a) indica que el transformador es apropiado para la operación en serie o paralelo en el devanado de baja tensión y máxima capacidad. Para operación trifilar, la capacidad entre el neutro y cada terminal de línea secundaria es la mitad de la capacidad. Baja tensión de 240/120 (fig 5-b) indica que el transformador es apropiado para operación serie o trifilar en el devanado de baja tensión, pero no para operación múltiple a 120 voltios.

Baja tensión de 240 x 480 voltios o media tensión de 2400 x 4800 voltios (fig. 5-c) indican que los devanados referidos pueden ser conectados para operación serie o múltiple pero no para operación trifilar.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 57 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

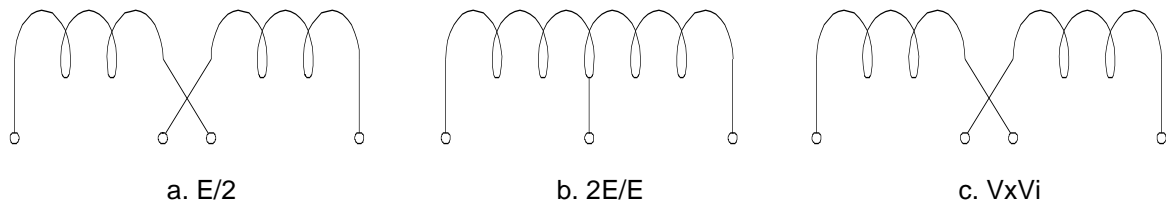


Figura 5. Diagramas típicos de transformadores.

Media tensión de 13200 V., 7620 V. en Y aterrizado indican que el transformador tiene un solo buje terminal de alta tensión y es apropiado para la operación entre fase y neutro en un circuito trifásico de neutro multi-aterrizado con un voltaje línea a línea de 13,200 V.

Tensión nominal de 14,400/13,200 indica que ambos voltajes son considerados nominales.

Tensiones nominales de 7,200/14,400 V indica que con los devanados en paralelo se puede obtener un voltaje (7,200V) y con los devanados en serie, el otro voltaje (14,400).

El símbolo “/” también se usa para separar los distintos voltajes de tap, por ejemplo: 12,540 / 12,870 /13,200 / 13,530 / 13860 V.

### 5.2.1 Polaridad.

La polaridad de un transformador indica la dirección de los voltajes inducidos en sus devanados con relación a los terminales del transformador. La polaridad se refiere a las relaciones de voltaje de los terminales del transformador de acuerdo a como salen del tanque. Teniendo de frente el lado de baja tensión del transformador, cuando H1 es adyacente a X1 el transformador es de polaridad sustractiva, cuando H1 está localizado diagonalmente con respecto a X1 el transformador es de polaridad aditiva. La figura 6 muestra ambos casos.

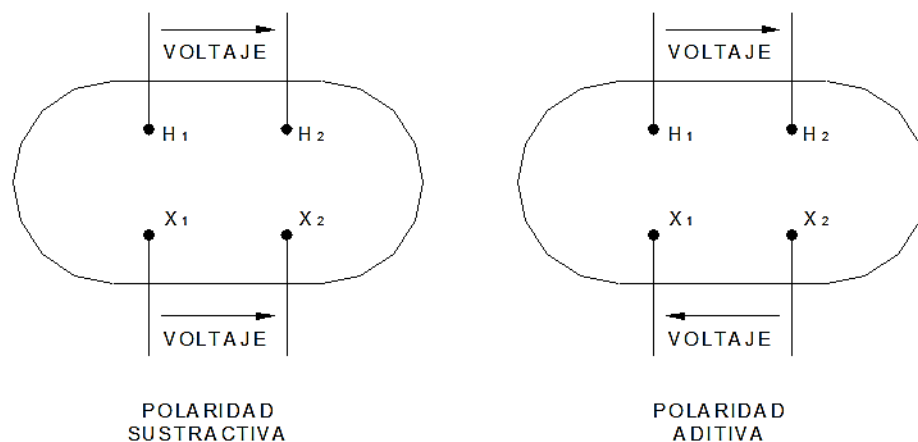



Figura 6. Polaridad de transformadores

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 58 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

### 5.2.2 Conexión en paralelo de transformadores monofásicos de distribución.

Para conexiones exitosas de un banco de transformadores de distribución en paralelo, se deben cumplir las siguientes condiciones:

- Valores idénticos de voltaje.
- Selecciones idénticas de taps.
- Porcentaje de impedancia de un transformador entre el 92.5% y el 107.5% de la del otro.
- Valores idénticos de frecuencia.

Es recomendado que la conexión en paralelo de transformadores monofásicos esté limitada a situaciones de emergencia. Las pérdidas de dos transformadores pequeños son mayores comparadas con las de uno que los reemplace. Adicionalmente la buena protección de sobre-corriente de dos unidades es difícil de lograr.

### 5.2.3 Desplazamiento angular.

Desplazamiento angular es un término usado para describir la relación del voltaje del lado de alta con la del voltaje del lado de baja para un transformador trifásico o para un banco de tres transformadores monofásicos conectados para operación trifásica.

El desplazamiento angular es mostrado en la figura 7 bajo la norma EEI-NEMA para transformadores trifásicos.

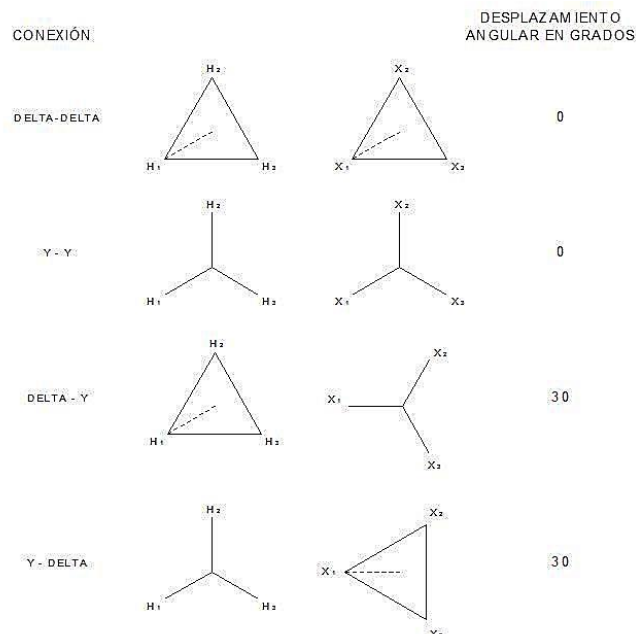



Figura 7. Desplazamiento angular de transformadores

El desplazamiento angular de los bancos de transformadores debe ser igual si requieren ser conectados en paralelo. Un banco delta - delta puede ser conectado en paralelo con otro banco delta-delta si ambos bancos tienen 0° de desplazamiento

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 59 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

angular. Un banco delta-delta puede ser conectado en paralelo con un banco Y-Y si ambos bancos son conectados para 0° de desplazamiento angular. Un banco delta-delta o uno Y-Y no puede ser conectado en paralelo con otro banco delta-Y o Y-delta, porque estas dos conexiones tienen un desplazamiento angular en múltiplos de 30°. Adicionalmente los cuatro requerimientos para conexión en paralelo de transformadores monofásicos se aplican a bancos trifásicos.

#### 5.2.4 Secuencia de fases.

La secuencia de fases es el orden en que los tres voltajes de un sistema trifásico aparecen, por ejemplo ABC o BAC. Es a menudo necesario saber la secuencia de fase para:

- Determinar la dirección de rotación de motores polifásicos.
- Determinar la conexión apropiada cuando un banco de transformadores trifásicos se conectan en paralelo.
- Determinar que la secuencia de fase no cambie cuando un banco de transformadores trifásicos es reemplazado.
- Determinar las conexiones apropiados para medidores de energía.


Se debe tener cuidado al reemplazar bancos porque se puede presentar una inversión de la secuencia de fases que invertirá también la rotación de los motores trifásicos del cliente y probablemente resultará en un daño a su equipo.

De acuerdo a la norma ANSI C- 57.12.70, el terminal de transformadores trifásicos (típicamente padmounted) se marca de tal forma que si la secuencia de fase en el lado de alta es H1, H2, H3 entonces la secuencia de fase en el lado de baja debe ser X1, X2, X3. Cuando es un banco de transformadores monofásicos, la secuencia depende de la configuración de la conexión

#### 5.2.5 Transformadores monofásicos.

Las conexiones de transformadores monofásicos que se muestran en la figura 8 son los usados comúnmente. Los diagramas son basados en conexiones secundarias monofásicas trifilares de 240/120 V. Todos los diagramas son aplicados a conexiones secundarias monofásicas 120 V. para conexión en paralelo de los dos devanados de baja tensión.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 60 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

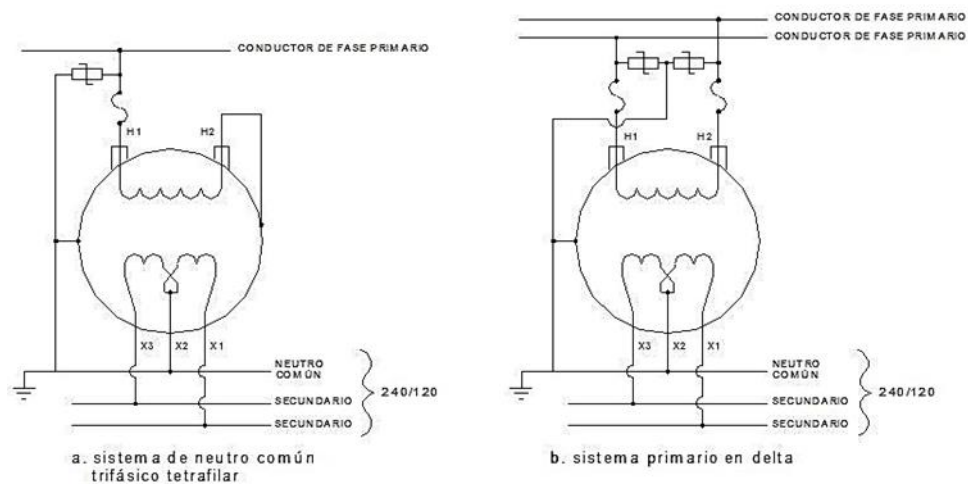



Figura 8. Conexión de transformadores monofásicos

La figura 8-a muestra un transformador monofásico convencional de dos bujes primarios, uno conectado a un conductor de fase primario a través de un cortacircuito y al conductor neutro común de un sistema de neutro común trifásico tetrafilar. El otro terminal de media tensión, el terminal de tierra del pararrayos, el tanque del transformador y el conductor neutro común son conectados a una tierra común.

La figura 8-b muestra un transformador de dos bujes primarios conectados cada uno a un conductor de fase primario a través de dos cortacircuitos con dos pararrayos. Este tipo de conexión es común sólo en sistemas de delta primario. El terminal de tierra del pararrayos, el tanque del transformador y el conductor neutro secundario son conectados a una tierra común.

En las normas RA111 a RA113 se muestran montajes de transformadores monofásicos.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 61 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## 6. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

### 6.1 FUNCIONES DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

El sistema de puesta a tierra está orientado hacia la seguridad de las personas, la protección de instalaciones y la compatibilidad electromagnética, de esta forma de estar en capacidad de cumplir con las siguientes funciones:

- Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos
- Permitir a los equipos de protección despejar rápidamente a las fallas
- Servir de referencia común al sistema eléctrico
- Conducir y disipar con suficiente capacidad las corrientes de falla, electrostática y del rayo.

### 6.2 CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

El diseñador de sistemas de puesta a tierra, deberá comprobar mediante el empleo de un procedimiento de cálculo reconocido por la práctica de la ingeniería actual, que los valores máximos de las tensiones del paso y de contacto a que puedan estar sometidos los seres humanos, no superen los umbrales de soportabilidad.

#### 6.2.1 Investigación de la estructura del suelo


Las investigaciones sobre resistividad del terreno de una subestación son esenciales para determinar la composición general del suelo y el grado de homogeneidad. Las pruebas de las muestras de excavaciones, perforaciones y otras investigaciones geológicas, proporcionan información útil sobre la presencia de varias capas y la naturaleza del suelo, y dan una idea sobre el rango de resistividad del terreno del sitio. La Tabla 25 muestra el rango de resistividades de suelos típicos<sup>3</sup>.

Tabla 25. Rango de resistividad del suelo

TIPO DE SUELO	RANGO DE RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)
Lama	5-100
Humus	10-150
Limo	20-100
Arcillas	80-330
Tierra de Jardín	140-480
Caliza fisurada	500-1000
Caliza compacta	1000-5000
Granito	1500-10000
Arena común	3000-9000
Basalto	10000-20000

<sup>3</sup> RAMIREZ CASTAÑO, Jose Samuel; CANO PLATA, Eduardo Antonio. SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA: Diseñado con IEEE-80 y evaluado con MEF

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 62 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## 6.2.2 Medidas de Resistividad

Los estimativos basados en la clasificación del suelo ofrecen sólo una aproximación de la resistividad; por tanto, las pruebas reales son imperativas. Éstas deben hacerse en muchos lugares dentro del área de la subestación. Rara vez se encuentran sitios de la subestación donde la resistividad sea uniforme en toda el área completa y a profundidades considerables. Típicamente existen varias capas y cada una tiene una resistividad diferente. Con frecuencia ocurren cambios laterales, y en comparación con los verticales esos cambios son más grandes. Las pruebas de resistividad del suelo deben hacerse para determinar si existen variaciones importantes de la resistividad con la profundidad.

El número de medidas tomadas debe ser más grande donde las variaciones son mayores, especialmente si algunas lecturas son tan altas como para sugerir un posible problema de seguridad. Si la resistividad varía apreciablemente con la profundidad, es deseable usar un rango incrementado de espaciamentos de prueba para obtener un estimativo de la resistividad de capas más profundas<sup>4</sup>.

El método de Wenner o de los cuatro electrodos es la técnica más usada comúnmente.

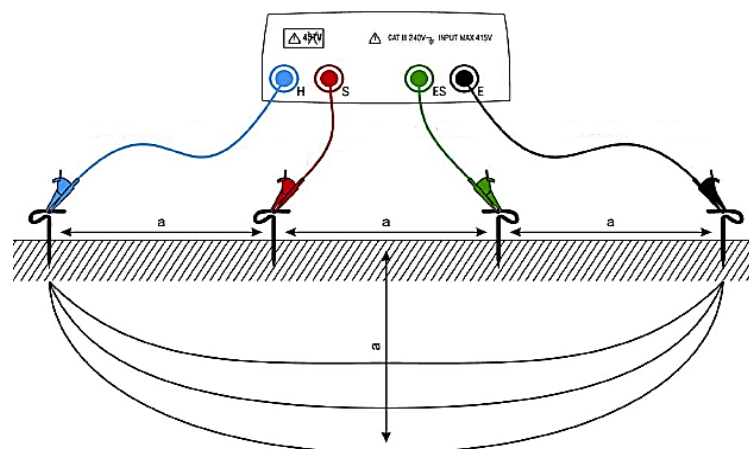



Figura 9. Disposición de los electrodos, método de Wenner.

Los cuatro electrodos son clavados en la tierra en línea recta a una profundidad “b”, separados a una distancia “a”. La tensión entre los dos terminales interiores (o de potencial) es luego medido y dividido por la corriente entre los dos terminales exteriores (o de corriente) para dar el valor de la resistencia R, que aparece indicada en el termómetro. Luego se aplica la siguiente fórmula:

<sup>4</sup> RAMIREZ CASTAÑO, Jose Samuel; CANO PLATA, Eduardo Antonio. SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA: Diseñado con IEEE-80 y evaluado con MEF

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 63 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

$$\rho_a = \frac{4\pi a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}}$$

Donde:

$\rho_a$ : Resistividad aparente del suelo ( $\Omega$ -m)

R: resistencia aparente del suelo en  $\Omega$ .

a: distancia entre electrodos adyacentes en m.

b: Profundidad de los electrodos en m.

Si  $b \ll a$ , como es el caso más común:

$$\rho_a = 2\pi a R$$

Las ecuaciones anteriores se pueden usar para determinar la resistividad aparente  $\rho_a$  a una profundidad a.

### 6.2.3 Duración de la falla ( $t_f$ ) y duración del choque ( $t_s$ )

La duración de la falla y la duración del choque normalmente se asumen iguales, a menos que la duración de la falla sea la suma de choques sucesivos, como los producidos por los re-cierres automáticos de los reconectores. La selección de  $t_f$  puede reflejar tiempos de despeje rápidos de la subestación de transmisión y tiempos de despeje lentos para subestaciones de distribución e industriales. La selección de  $t_f$  y  $t_s$  puede resultar en la combinación más pesimista de factores de decremento de corrientes de falla y corrientes permitidas por el cuerpo humano. Valores típicos para  $t_f$  y  $t_s$  están en el rango de 0.25 s a 1 s<sup>5</sup>.

### 6.2.4 Criterio de tensiones de paso y de toque tolerables.

La seguridad de una persona depende de la prevención de cantidades críticas de energía de choque absorbidas por el cuerpo humano, antes de que la falla sea despejada y el sistema desenergiz

ado. Los voltajes máximos tolerables por un cuerpo humano de 50 kg de peso corporal, durante un circuito accidental no deben exceder los siguientes límites:


-Tensión de paso límite tolerable por un cuerpo de 50 kg de peso corporal:

$$Ep_{50} = (1000 + 6C_s\rho_s) \frac{0,116}{\sqrt{t_s}}$$

-Tensión de toque límite tolerable por un cuerpo de 50 kg. de peso corporal:

<sup>5</sup> RAMIREZ CASTAÑO, Jose Samuel; CANO PLATA, Eduardo Antonio. SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA: Diseñado con IEEE-80 y evaluado con MEF

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 64 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

$$Et_{50} = (1000 + 1,5C_s\rho_s) \frac{0,116}{\sqrt{t_s}}$$

Donde:

Donde:

$R_B = 1000\Omega$  → Resistencia promedio del cuerpo humano.

$I_B = \frac{0,116}{\sqrt{t_s}}$  = Corriente tolerable en función del tiempo por el cuerpo (A). (Se toma como referencia los valores consignados en la tabla 9.1, 9.2 y figura 9.1 del Artículo 9 del RETIE).

$t_s$  → Duración del choque (s).

$6C_{SPS} = 2R_f$  → Resistencia a tierra de los 2 pies separados 1m en serie sobre la capa superficial.

$1,5C_s \rho_s = R_f / 2$  → Resistencia a tierra de los 2 pies juntos en serie sobre la capa superficial.

$R_B = \rho/4b$  → Resistencia a tierra de un disco metálico de radio b (b = 0.08 m) sobre la superficie de una malla homogénea de resistividad  $\rho$ .

$C_s$  → Factor de disminución de la capa superficial calculada con la ecuación

$$C_s = 1 - \frac{0,09(1 - \frac{\rho}{\rho_s})}{2h_s + 0,09}$$

$\rho$  → Resistividad del terreno ( $\Omega$ -m)

$\rho_s$  → Resistividad del material de la capa superficial en  $\Omega$ -m.

$h_s$  → Espesor de la capa superficial

Las tensiones de paso y de toque reales deben ser menores que los respectivos límites máximos permisibles establecidos en la tabla 15.1, artículo 15 del RETIE para obtener seguridad.

Un buen sistema de puesta a tierra proporciona una resistencia baja a una tierra remota, con el fin de minimizar la elevación del potencial de tierra GPR, dada por:

$$GPR = I_g \cdot R_g$$

Donde:

$I_g = 3I_0$ : corriente simétrica de falla a tierra en A.

$R_g$ : Resistencia de la puesta a tierra.

Los valores máximos del sistema de puesta a tierra según su uso están dados en la siguiente tabla:

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 65 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Tabla 26. Valores máximos de resistencia de puesta a tierra.

UTILIZADA PARA	Valor máximo de resistencia de puesta a tierra $\Omega$
Subestaciones de media tensión de uso exterior en poste	10
Subestaciones de media tensión de uso interior	10
Protección contra rayos	4
Neutro de acometida en baja Tensión	25
Descargas electrostáticas	25
Equipos electrónicos sensibles	5

### 6.2.5 Selección del tamaño del conductor.

La elevación de temperatura de corto tiempo en un conductor de tierra, o el tamaño requerido del conductor como una función de la corriente de falla que pasa por el conductor, se encuentra mediante la ecuación:

$$A_{MCM} = I_F K_f \sqrt{t_c}$$

Donde:

$I_F$  → Corriente asimétrica de falla RMS en KA, se usa la más elevada encontrada.

$K_F$  → Constante para el material, usando una  $T_a = 40$  °C.

$t_c$  → Duración de la corriente en segundos.

Tabla 27. Dimensiones típicas de los conductores de puesta a tierra.

CALIBRE DEL CONDUCTOR		AREA NOMINAL $mm^2$	DIAMETRO m
MCM	AWG		
350		177,35	0,015
300		152,01	0,0139
250		126,68	0,0127
211,6	4/0	107,22	0,0117
167,8	3/0	85,03	0,0104
133,1	2/0	67,44	0,0093

### 6.2.6 Resistencia de un dispensor vertical

La resistencia de un electrodo de puesta a tierra conectado a un conductor de puesta a tierra está dada por:


$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$$

Donde:

$\rho$  → Resistividad del terreno ( $\Omega$ -m)

$L$  → Longitud del elemento de contacto con el terreno (m)

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 66 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

 <small>ENERGÍA PARA EL AMAZONAS S.A.E.S.P</small>	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

a → Radio del elemento de contacto con el terreno (m)

### 6.2.7 Resistencia de una malla de puesta a tierra.

Schwarz desarrolló el siguiente conjunto de ecuaciones para determinar la resistencia de un sistema de puesta a tierra en un suelo homogéneo que consta de una malla horizontal con electrodos verticales (varillas). Schwarz empleó la siguiente ecuación para cambiar la resistencia de la malla, varillas y la resistencia mutua, para calcular la resistencia de puesta a tierra  $R_g$ :

$$R_g = \frac{R_1 R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2R_m}$$

Donde:

$R_1$  → Resistencia de tierra de los conductores de la malla en  $\Omega$ .

$R_2$  → Resistencia de tierra de todas las varillas de tierra en  $\Omega$ .

$R_m$  → Resistencia mutua entre el grupo de conductores de la malla  $R_1$  y el grupo de varillas de tierra  $R_2$ , en  $\Omega$ .

La resistencia de tierra de la malla está dada por:

$$R_1 = \frac{\rho}{\pi L_c} \left[ \ln \left( \frac{2L_c}{\sqrt{d_c h}} \right) - \frac{K_1 L_c}{\sqrt{A}} - K_2 \right]$$

Donde:

$$K_1 = -0,05 \frac{L_x}{L_y} + 1,2$$

$$K_2 = -0,1 \frac{L_x}{L_y} + 4,68$$

$\rho$  → Resistividad del terreno  $\Omega$ -m.

$L_c$  → Longitud total de todos los conductores de la malla en m.

$h$  → Profundidad de los conductores de la malla en m.

$d_c$  → Diámetro del conductor de la malla en m.

$A$  → Área cubierta por los conductores de la malla de tierra  $m^2$ .

$L_x, L_y$  → Largo, ancho de la malla en m.

La resistencia de las varillas de tierra está dada por:


$$R_2 = \frac{\rho}{2\pi n_r L_r} \left[ \ln \left( \frac{8L_r}{d_r} \right) - 1 + \frac{2K_1 L_r}{\sqrt{A}} - (\sqrt{n_r} - 1)^2 \right]$$

$n_r$  → Número de varillas de tierra.

$L_r$  → Longitud de cada varilla en m.

$d_c$  → Diámetro de la varilla en m.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 67 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

La resistencia de tierra mutua entre la malla y las varillas está dada por

$$R_m = \frac{\rho}{\pi L_c} \left[ \ln \left( \frac{2L_c}{L_r} \right) - \frac{K_1 L_c}{\sqrt{A}} - K_2 + 1 \right]$$

La resistencia combinada de R1 y R2 será menor que la resistencia a tierra, analizando ambos componentes por sí solos; pero será más alta que la de la combinación en paralelo ( $R_m < R_1$ ,  $R_m < R_2$ ,  $R_g > R_m$ ).

### 6.3 TRATAMIENTO DEL SUELO PARA OBTENER RESISTIVIDAD MAS BAJA


En ocasiones, es muy difícil obtener la reducción deseada de resistencia agregando más conductores o más varillas de tierra a la malla debido a factores económicos o de espacio; una solución alternativa es incrementar de manera efectiva el diámetro de los electrodos, modificando el suelo alrededor del electrodo. Los métodos más conocidos son los siguientes:

- El uso de bentonita, una arcilla natural que contiene montmorillonita, que se formó por acción volcánica hace mucho tiempo, y es un elemento no corrosivo, estable y tiene una resistividad de 2.5  $\Omega$ -m al 300% de humedad. Es de naturaleza higroscópica.
- El uso de sales como cloruro de sodio, magnesio y sulfatos de cobre, o cloruro de calcio, para incrementar la conductividad del suelo alrededor del electrodo. Pero estas sales emigran a otras áreas.
- El uso de electrodos de tipo químico que constan de un tubo de cobre relleno de una sal. Los agujeros en el tubo permiten la entrada de humedad, disolver las sales y permitir que la solución de sal se filtre en la tierra.
- Materiales artificiales de tierra, de baja resistividad colocados alrededor de las varillas y de los conductores en la zanja. En Colombia se conocen como Hidrosolta y Fabigel.
- Electrodos revestidos de concreto, donde el concreto por ser un material higroscópico y que atrae la humedad, al ser enterrado en el suelo se comporta como un semiconductor mediano con resistividades de 30 a 90  $\Omega$ -m, pero facilita la corrosión.

### 6.4 METODOLOGIA PARA EVALUAR EL NIVEL DE RIESGO

La evaluación del nivel de riesgo se realiza para determinar si se requiere un sistema de protección contra rayos, estos cálculos se harán según la metodología de la NTC 4552.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 68 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## 7. CRITERIOS GENERALES PARA EL CALCULO MECANICO DE CONDUCTORES AEREOS

### 7.1 CONSIDERACIONES GENERALES

En este capítulo se incluyen los criterios generales para el cálculo mecánico de redes eléctricas aéreas que formen parte del sistema eléctrico de ENAM S.A E.S.P. A continuación se presentan los criterios de diseño, estos servirán de guía para el diseñador; el cual los aplicara de acuerdo a su experiencia y buena práctica de la ingeniería.

### 7.2 VANOS

El vano se define como la distancia horizontal entre los elementos en los cuales el conductor está libremente suspendido o apoyado. En la práctica y para los propósitos del diseño, el vano se toma como la distancia horizontal entre dos apoyos verticales adyacentes, medida entre los ejes verticales o centros de tales apoyos.

Para el diseño se definen diferentes vanos, como se explica a continuación.

#### 7.2.1 Vano Individual.

Es la distancia horizontal entre dos apoyos adyacentes cualesquiera de la línea.

#### 7.2.2 Vano Básico o Normal.

Es la distancia horizontal entre apoyos adyacentes, con la cual se obtiene la mayor economía en la construcción de la línea en terreno plano. Este vano se determina a partir del aislamiento mínimo permisible a tierra para el voltaje considerado.

#### 7.2.3 Vano Promedio.

Es la distancia horizontal equivalente al promedio aritmético de las longitudes de los vanos que constituyen el tramo respectivo de la línea.


#### 7.2.4 Vano Regulador.

Es un vano equivalente, ficticio, que permite obtener la tensión promedio en los vanos de un tramo de la línea, comprendidos entre dos apoyos de retención o terminales. Este vano se usa para la construcción de la plantilla de localización de los apoyos.

Su propósito en el diseño de líneas es determinar la longitud de vano representativa para escoger las tensiones a diferentes temperaturas y preparar las tablas de tendido.

El vano regulador es más largo que el vano promedio y menor que el vano máximo.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 69 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

El vano regulador se asume a partir de consideraciones sobre tensión y distancias a tierra de los conductores. Puede calcularse, aproximadamente, en función de los vanos determinados en forma preliminar, a partir de la siguiente expresión:

$$\text{El vano regulador} = 1/3 \text{ vano promedio} + 2/3 \text{ vano máximo.}$$

También se puede determinar, con más precisión, por la fórmula:

$$\text{Vano Regulador} = \sqrt{\frac{l_1^3 + l_2^3 + \dots + l_n^3}{l_1 + l_2 + \dots + l_n}}$$

Donde  $l_1, l_2, \dots, l_n$ , son las longitudes de los vano individuales comprendidos en el tramo.

Puede observarse, que entre mayor sea el número de vanos en el tramo, la longitud del vano regulador tiende a acercarse a la del vano promedio.

### 7.2.5 Vano de Peso.

Conocido también como gravivano, es la distancia horizontal entre los puntos más bajos de un conductor a lado y lado del apoyo y se usa para el cálculo de las cargas verticales en los apoyos.

$$a_g = a_{g1} + a_{g2}$$

Donde:  $a_g$  es el vano peso del conductor

$a_{g1}$  es la longitud en metros, desde la estructura hasta el vértice del vano anterior.

$a_{g2}$  es la longitud en metros, desde la estructura hasta el vértice del vano posterior.

### 7.2.6 Vano de Viento.


Es aquel en el cual se supone que actúa la fuerza del viento sobre los conductores y se toma igual a la suma de las mitades de los vanos a lado y lado de la estructura.

$$a_v = \frac{a_1 + a_2}{2}$$

Donde:  $a_v$  es la longitud del vano viento medido en dirección longitudinal, en m.  $a_1$ , es la longitud en metros del vano anterior al apoyo medido en dirección longitudinal.

$a_2$ , longitud en metros del vano posterior al apoyo medido en dirección longitudinal.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 70 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

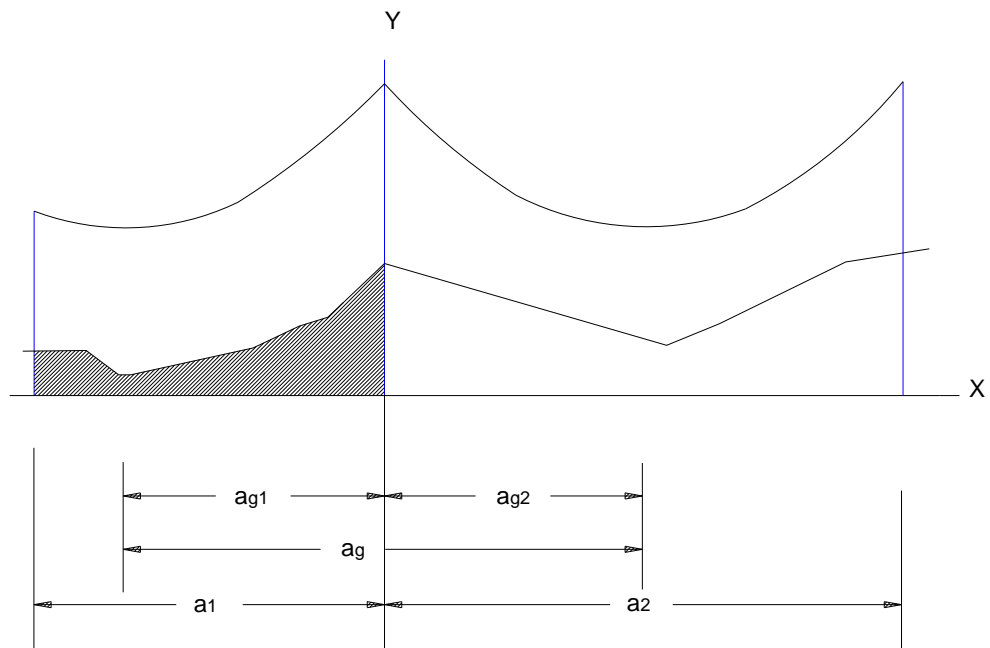


Figura 10. Vano peso y vano viento.

### 7.3 ESFUERZOS EN CONDUCTORES AEREOS.

Los esfuerzos a los que quedan sometidos los conductores en líneas aéreas se derivan de su peso propio, de la carga debida al viento y de las variaciones de temperatura.

El peso propio actúa verticalmente y se supone que la carga debida al viento se aplica horizontalmente en el sentido perpendicular al vano. Las variaciones de temperatura producen esfuerzos longitudinales en la línea. La tensión resultante en el plano perpendicular al eje de la línea es la combinación del peso propio y de la carga del viento.

#### 7.3.1 Peso Propio (Pc).

Éste se calcula para el vano de peso a partir de los pesos unitarios de los conductores. Estos se encuentran en los catálogos de los fabricantes y en algunos manuales de Ingeniería.


#### 7.3.2 Esfuerzos Debidos al Viento (Pv)

La presión del viento sobre superficies cilíndricas se calcula para el vano de viento definido anteriormente, por la siguiente formula:

$$Pv = 0.0042 v^2 \text{ kg/m}^2,$$

en que v = Velocidad máxima del viento en kilómetros por hora.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 71 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Las estadísticas meteorológicas registran velocidades máximas del viento diferentes para las distintas regiones de Colombia. Para los propósitos de diseño en estas normas se adoptará una velocidad del viento de 100 km/hora. En caso de comprobarse, en determinada región, velocidades mayores de la normalizada, dicha velocidad deberá tomarse como base para el diseño.

La carga del viento por metro de longitud es aproximadamente igual a:

$$f_v = P_v \cdot D_c \left[ \frac{kg}{m} \right]$$

$$f_v = 0,042v^2 \cdot D \cdot l [kg]$$

D = Diámetro del conductor en metros.

l= longitud del conductor en metros.

### 7.3.3 Resultante.

La resultante del peso propio y la carga del viento es:

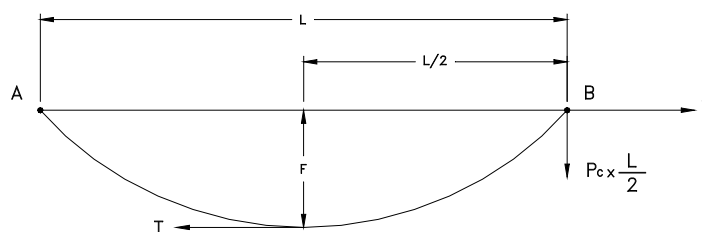
$$f_c = \sqrt{P_c^2 + f_v^2} \quad kg$$

## 7.4 CALCULO DE FLECHAS Y TENSIONES

La forma que adoptan los conductores aéreos entre soportes puede representarse por la fórmula de la parábola y más exactamente por la de la catenaria.

### 7.4.1 Fórmula de la Parábola

Esta es suficientemente aproximada para el cálculo de flechas y tensiones en vanos de longitud inferior a 300metros o cuando la flecha tiene valores iguales o inferiores al 5% de la longitud del vano. En la Figura 11 se presentan la curva de la parábola y los parámetros que la determinan.




CURVA DE LA PARABOLA

Figura 11. Curva de la parábola

La ecuación de la flecha para vanos con apoyos a nivel es:

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 72 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

$$F = \frac{Pcl^2}{8t}$$

- F = Flecha en el centro del vano, en metros  
Pc = Peso por unidad de longitud, en kilogramo por metro  
l = longitud del vano en metros  
t = componente horizontal de la tensión en el conductor, en kilogramos

Otras flechas pueden calcularse por la relación:

$$F_1 = \frac{l_1^2 Fr}{l_r^2}$$

- F<sub>1</sub> = Flecha en metros para el vano de longitud l<sub>1</sub> en metros.  
l<sub>r</sub> = longitud del vano regulador, en metros  
Fr = Flecha para el vano regulador a la temperatura mínima o máxima, en metros

#### 7.4.2 Fórmula de la catenaria


$$y = \frac{h}{2} \left( e^{\frac{x}{h}} - e^{-\frac{x}{h}} \right)$$

h= t/p Siendo t la tensión en kg en el punto más bajo del conductor y p la carga por metro de hilo (peso y sobrecarga)

Esta fórmula debe usarse para vanos de más de 300 metros o cuando la flecha es mayor que el 5% del vano.

En la Figura 12 se ilustra la curva catenaria y los parámetros que la determinan. Las convenciones son las mismas usadas en la fórmula de la parábola.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 73 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

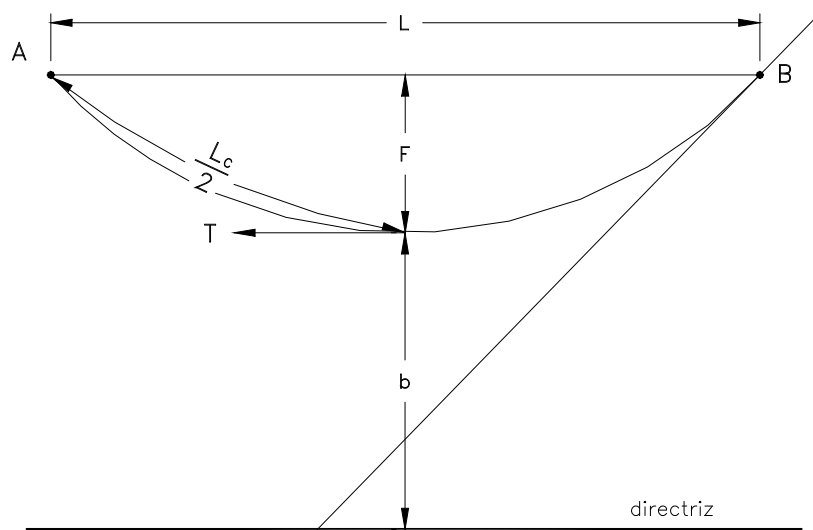


Figura 12. Curva de la catenaria

#### 7.4.3 Máximo vano posible

La tensión mínima en el conductor en el punto de soporte, ocurre cuando la flecha es igual a  $F = 0.337 \cdot l$ , por lo tanto en la fórmula de la parábola,

$$l_{max} = 2.697 \frac{t}{P_c}$$


$P_c$  = Peso por unidad de longitud, en kilogramo por metro

$t$  = componente horizontal de la tensión en el conductor, en kilogramos

#### 7.4.4 Apoyos a diferente nivel.

Este caso se ilustra en la Figura 13. Se aplican las siguientes fórmulas con base en la ecuación de la parábola:

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 74 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

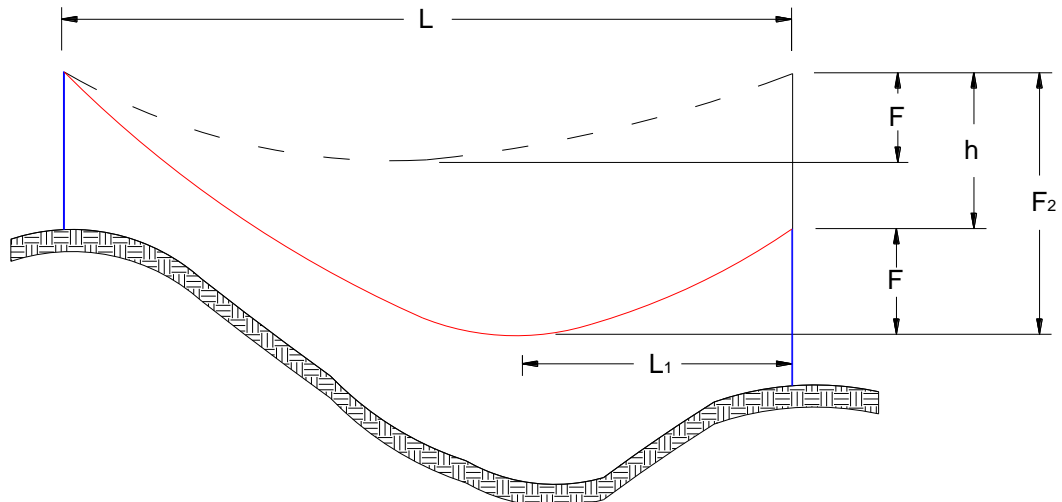


Figura 13. Apoyos a diferente nivel

#### 7.4.4.1 Distancia vertical del apoyo B al punto más bajo

$$F_1 = F \left(1 - \frac{h}{4F}\right)^2 \quad [m]$$

Para apoyos a nivel

$$F = \frac{Pcl_2}{8t}$$

h = diferencia de altura entre apoyos, en metros

#### 7.4.4.2 Distancia vertical del apoyo A al punto más bajo

$$F_2 = h + F_1 \quad [m]$$

Distancia horizontal entre el apoyo B y el punto más bajo


$$l_1 = \frac{l}{2} \left(1 - \frac{h}{4F}\right) \quad [m]$$

### 7.4.5 Efecto de La Temperatura

- A. La tensión en el conductor varía en proporción inversa a la temperatura y la flecha en proporción directa.

Las anteriores relaciones pueden expresarse de la siguiente forma:

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 75 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

$$t^2 \left[ t + SE\alpha(T - T_1) + \frac{SEl f_{c1}^2}{24t_1^2} - t_1 \right] = \frac{SEl^2 f_c}{24}$$

$$F^3 - F \left[ F_1^2 + \frac{3l^2\alpha(T - T_1)}{8} - \frac{3l^2t_1}{8SE} \right] = \frac{3l^4 f_c}{64SE}$$


- t = tensión final de conductor en kg/m  
 t<sub>1</sub> = tensión inicial de conductor en kg/m  
 α = coeficiente de dilatación lineal por grado centígrado  
 T = temperatura final, en °C  
 T<sub>1</sub> = Temperatura inicial, en °C  
 S = área del conductor en mm<sup>2</sup>  
 E = módulo de elasticidad, en kg/mm<sup>2</sup>  
 f<sub>c</sub> = esfuerzos en el conductor para las condiciones finales, en kg/m  
 f<sub>c1</sub> = esfuerzos en el conductor para las condiciones iniciales, en kg/m  
 F = flecha final de conductor, en metros  
 F<sub>1</sub> = flecha inicial de conductor, en metros  
 l = longitud del vano, en metros

B. Las características de los materiales para los conductores a los cuales se hace referencia en estas normas son las siguientes, a 20°C.

Tabla 28. Características de los materiales a 20°C

Tipo de alambre o conductor	Cableado	Módulo de elasticidad final (1) Kg/mm <sup>2</sup>	Coefficiente de Dilatación Lineal por grado (2) Cx10 <sup>-6</sup>
Aluminio (estirado en duro)	1	7000	23.0
	7	6200	23.0
	19	6000	23.0
	37	5800	23.0
	61	5600	23.0
Acero Galvanizado	1	20000	11.5
	7	19000	11.5
	19	19000	11.5
	37	19000	11.5
ACSR	6/1	8000	19.1
	8/1	10000	16.9
	18/1	7000	21.2
	6/7	8000	19.8
	8/7	9000	17.6
	12/7	11000	15.3
	24/7	7380	19.6
	26/7	8000	18.9
	30/7	8000	17.8
	42/7	6000	21.2
	45/7	6470	20.9
	54/7	7000	19.3
	16/19	12000	14.2
	18/19	12000	13.9
	30/19	8000	18.0
	42/19	9000	15.8
	54/19	7000	19.4
	3/4	14000	13.7
	7/3	12000	14.8
Tipo 150 Alpac	10000	17.1	
Tipo 200 Alpac	11000	15.8	
AASC	7	16450	23.0

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 76 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

	19	6350	23.0
	37	6250	23.0
Cobre E. C. (estirado en duro)	Todos	12000	16.9

- (1) Los módulos de elasticidad indicados en esta tabla para aluminio, acero y ACSR son el promedio de los valores obtenidos en ensayos esfuerzo de deformación. El módulo de elasticidad indicado para cobre es el usado generalmente para alambre sólido y todos los conductores cableados.
- (2) Los coeficientes de dilatación lineal indicados en la tabla para el aluminio, acero y cobre son los valores generalmente aceptados. Los de ACSR se calculan para representar el promedio de valores de los diversos tipos y cableados de lista.

Para aluminio reforzado con acero se emplearán las siguientes fórmulas:

Módulo de elasticidad E

$$E = 7000 \frac{a+3}{a+1} \text{ kg/mm}^2$$

Coefficiente de dilatación lineal  $\alpha$

$$\alpha = 11.5 * 10^{-6} \frac{2a+3}{a+3}$$

Donde

a = relación entre las secciones de aluminio y acero del conductor

#### 7.4.6 Longitud del conductor.

La longitud del conductor en metros, puede calcularse con la siguiente fórmula, según se ilustra en la Figura 5.

$$Lc = l + \frac{8F^2}{3l}$$

Lc = longitud del conductor, en metros

l = longitud del vano, en metros

F = flecha, en metros

#### 7.4.7 Flechas y tensiones en conductores

En las Tablas 29 y 30 se muestran valores de tensiones (kg) en los conductores y flechas (m) para diferentes longitudes de vanos, bajo acción de viento de 44kg/m<sup>2</sup>, temperatura de trabajo del conductor de 75°C y factores de seguridad de 2.0 y 2.5.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 77 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


 <b>ENAM</b> <small>ENERGÍA PARA EL AMAZONAS S.A.E.S.P</small>	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Tabla 29. Para conductores ACSR con factor de seguridad 2,5

<b>FLECHAS Y TENSIONES EN CONDUCTORES ACSR PARA DIFERENTES VANOS</b>						
<b>Presión del viento (kg/m<sup>2</sup>) =</b>		44				
<b>Temperatura de Trabajo (°C) =</b>		75				
<b>Factor de seguridad =</b>		2,5				
Vano	1/0		2/0		4/0	
(m)	Flecha (m)	Tensión (kg)	Flecha (m)	Tensión (kg)	Flecha (m)	Tensión (kg)
40	0,15	278,85	0,16	335,6	0,18	491,46
50	0,22	304,04	0,23	365,55	0,25	534,03
60	0,3	327,64	0,31	393,74	0,34	574,49
70	0,38	349,72	0,4	420,22	0,43	612,8
80	0,47	370,39	0,49	445,11	0,53	649,05
90	0,56	389,75	0,59	468,53	0,64	683,38
100	0,66	407,92	0,69	490,58	0,76	715,92
110	0,77	424,99	0,8	511,38	0,88	746,8
120	0,88	441,05	0,92	531,02	1	776,13
130	1	456,18	1,05	549,58	1,14	804,02
140	1,12	470,43	1,18	567,14	1,28	830,57
150	1,26	483,88	1,31	583,76	1,42	855,86
160	1,39	496,57	1,45	599,51	1,57	879,96
170	1,53	508,56	1,6	614,44	1,73	902,95
180	1,68	519,9	1,75	628,6	1,9	924,89
190	1,84	530,62	1,91	642,05	2,07	945,85
200	2	540,76	2,08	654,82	2,24	965,86
210	2,16	550,37	2,25	666,95	2,42	985
220	2,34	559,47	2,43	678,48	2,61	1003,29
230	2,51	568,09	2,61	689,45	2,8	1020,79
240	2,7	576,27	2,8	699,88	3	1037,54
250	2,89	584,03	2,99	709,82	3,21	1053,57

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 78 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Tabla 30. Para conductores ACSR con factor de seguridad 2,0


FLECHAS Y TENSIONES EN CONDUCTORES ACSR PARA DIFERENTES VANOS						
Presión del viento (kg/m <sup>2</sup> ) =		44				
Temperatura de Trabajo (°C) =		75				
Factor de seguridad =		2				
Vano	1/0		2/0		4/0	
(m)	Flecha (m)	Tensión (kg)	Flecha (m)	Tensión (kg)	Flecha (m)	Tensión (kg)
40	0,1	418,12	0,11	512,74	0,11	778,81
50	0,16	434,12	0,16	531,03	0,17	802,89
60	0,22	450,75	0,22	550,24	0,24	828,63
70	0,28	467,53	0,29	569,78	0,31	855,24
80	0,36	484,16	0,37	589,29	0,39	882,16
90	0,44	500,46	0,45	608,53	0,48	909,03
100	0,52	516,34	0,54	627,36	0,58	935,59
110	0,61	531,72	0,64	645,71	0,68	961,69
120	0,71	546,58	0,74	663,51	0,79	987,23
130	0,81	560,92	0,84	680,75	0,9	1012,15
140	0,92	574,72	0,96	697,41	1,02	1036,4
150	1,03	588	1,07	713,49	1,15	1059,97
160	1,15	600,76	1,19	729,01	1,28	1082,85
170	1,27	613,03	1,32	743,98	1,42	1105,05
180	1,4	624,81	1,45	758,4	1,56	1126,58
190	1,53	636,13	1,59	772,3	1,7	1147,43
200	1,67	647	1,73	785,69	1,85	1167,64
210	1,81	657,43	1,88	798,59	2,01	1187,21
220	1,96	667,46	2,03	811,02	2,17	1206,16
230	2,11	677,08	2,19	822,99	2,34	1224,51
240	2,27	686,33	2,35	834,52	2,51	1242,28
250	2,43	695,21	2,51	845,63	2,69	1259,49

## 7.5 ESFUERZOS PERMISIBLES

Al efectuar la verificación de los esfuerzos mecánicos en los conductores deben observarse los siguientes requisitos:

- A. La tensión a la temperatura promedio de diseño, no deberá ser superior al 25% del esfuerzo de rotura del conductor
- B. la tensión a la temperatura extrema de diseño, no deberá ser superior al 50% del esfuerzo de rotura.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 79 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## 7.6 VIBRACIÓN

Los conductores aéreos están sometidos a dos clases de vibraciones por el efecto del viento, la vibración eólica.

### 7.6.1 Vibración Eólica.

Es una oscilación de alta frecuencia y poca amplitud que se origina por la presencia de remolinos detrás del conductor, que producen esfuerzos intermitentes en sentido perpendicular a la dirección del viento.

Para evitar la ocurrencia de vibraciones, deben tenerse en cuenta en el diseño los siguientes requisitos:

1. Diseñar la línea con tensiones mecánicas bajas, para condiciones de media y baja temperatura.
2. Seleccionar dispositivos apropiados para fijar el conductor.
3. Las conexiones rígidas deben evitarse.
4. Usar amortiguadores


### 7.6.2 Amortiguadores.

Los amortiguadores tienen por objeto absorber parte de la energía de la vibración eólica y su uso se justifica en tramos donde se prevea una vibración excesiva.

La efectividad de los amortiguadores depende de su sitio de colocación con relación al punto de amarre del conductor y de sus características relacionadas a las propias de amortiguación que tenga el conductor.

La instalación de los amortiguadores debe hacerse de acuerdo con las recomendaciones de su fabricante y del fabricante de los conductores.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 80 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## 8. CRITERIOS GENERALES PARA EL CÁLCULO MECÁNICO DE APOYOS

### 8.1 ESFUERZOS EN LOS APOYOS.

Los apoyos de líneas aéreas están sujetos a la combinación de diferentes esfuerzos que se resumen en los siguientes:

#### 8.1.1 Esfuerzos Verticales.

Se presentan por el peso propio de los apoyos, conductores y cables de guarda, crucetas, aisladores, herrajes, carga viva y otros elementos, equipos y empuje vertical de templetes.

#### 8.1.2 Esfuerzos Debidos al viento.

Se originan por la presión del viento en la dirección normal a los conductores y a la presión sobre el apoyo, las crucetas, aisladores, conductores y cable de guarda. Los esfuerzos en los conductores se calcularán para el vano de viento que se supone igual a la suma de las mitades de los vanos contiguos al apoyo.

#### 8.1.3 Esfuerzos debidos a tensiones desequilibradas.

Se originan en el empuje desequilibrado de conductores y cables de guarda, estos esfuerzos pueden ser los siguientes:

1. Esfuerzo debido a la máxima tensión transmitida por el conductor superior, aplicado a la altura del conductor medio. Este esfuerzo se produce por rotura del conductor en el vano contiguo al conductor considerado. El caso más desfavorable es aquel en que se presentan esfuerzos de torsión, de acuerdo con la posición relativa del conductor con relación al eje del apoyo.
2. Esfuerzos en estructuras terminales o en el caso extremo de rotura de todos los conductores en un lado del apoyo. Estos esfuerzos se suponen iguales al 25% del esfuerzo máximo de rotura de los conductores. Los esfuerzos se suponen aplicados en el eje del apoyo, a la altura del conductor medio. En estructuras terminales, el conjunto, incluyendo el templete, debe soportar la tensión debida a todos los conductores.


#### 8.1.4 Esfuerzos por cambio de dirección de la línea.

Son esfuerzos resultantes en apoyos para ángulos, en los cambios de dirección de los alineamientos.

#### 8.1.5 Esfuerzos de Levantamiento.

Se presentan en estructuras localizadas en puntos topográficos bajos, en que los conductores ejercen esfuerzos de levantamiento en sus puntos de amarre. En todo diseño debe evitarse, al plantillar, que se presenten apoyos localizados en puntos bajos, los cuales dan origen a estos esfuerzos.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 81 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## 8.2 HIPÓTESIS DE CARGA PARA APOYOS EN POSTERÍA.

El cálculo mecánico de los apoyos formados por postes se limita a la verificación de su resistencia a los esfuerzos horizontales y a combinaciones de estos esfuerzos.

Las hipótesis de carga para el cálculo mecánico de los apoyos serán las que se establecen a continuación. A este respecto se hace referencia a la clasificación del Artículo 4.1 anterior.

### 8.2.1 Estructuras para alineamientos rectos.

Los postes se verificarán mecánicamente para las siguientes hipótesis.

Hipótesis 1ª: Esfuerzos B (debido al viento).

Hipótesis 2ª: Esfuerzos C.1 (debido a la máxima tensión).

### 8.2.2 Estructuras para ángulos.

Los postes se verificarán para las siguientes hipótesis:

Hipótesis 1ª: Simultaneidad de esfuerzos B. y D. (debido al viento y por cambio de dirección de la línea).

Hipótesis 2ª: Esfuerzos C.1 (debido a la máxima tensión).

En los casos en que la continuidad del servicio así lo exija, se tendrá en cuenta una tercera hipótesis: combinación de esfuerzos B. y C.1. Los esfuerzos del viento se aplicarán al conductor más tensionado, suponiendo roto el conductor con el cual forma el ángulo.

### 8.2.3 Apoyos para retenciones y terminales.

Los postes se verificarán para la siguiente hipótesis:

Hipótesis 1ª: Esfuerzos B. (debido al viento)

Hipótesis 2ª: Esfuerzos C.2 (rotura de todos los conductores de un lado de la estructura).

## 8.3 CÁLCULO DE LOS ESFUERZOS VERTICALES.


### 8.3.1 Peso de los conductores.

Este se obtiene de los catálogos de fabricantes, en kilogramos por kilómetro. El peso total se calcula para el vano gravitante, que es la distancia entre los puntos más bajos del conductor en los vanos contiguos a su apoyo.

### 8.3.2 Peso del poste y de otros elementos.

Estos se obtienen de los catálogos de proveedores y fabricantes.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 82 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

### 8.3.3 Esfuerzo vertical de templetes.

Estos se calculan de acuerdo con la fórmula mencionada en el Artículo 5.7 de este capítulo.

## 8.4 CÁLCULO DE LOS ESFUERZOS HORIZONTALES.

### 8.4.1 Esfuerzos debidos al viento.

#### 8.4.1.1 En las estructuras de apoyo.

La presión del viento se supone en la dirección transversal a la línea y se calcula por las siguientes fórmulas:

Para superficies planas:  $P_{v_1} = 0,007V^2$

Donde:

$P_{v_1}$  = Presión del viento en Kg/m<sup>2</sup>

v = Velocidad del viento en Km/hora.

Para superficies de revolución:  $P_{v_1} = 0.042V_2$

Donde:

$P_{v_1}$  = Presión del viento en Kg/m<sup>2</sup>

v = Velocidad del viento en Km/hora.

Carga del viento:  $f_p = P_{v_1} * \text{Área.}$

En postes de forma troncocónica el área es igual, aproximadamente, a:

$$area = \frac{d_1 + d_2}{200} H [m^2]$$

$d_1$  = Diámetro a nivel del terreno, en centímetros.

$d_2$  = Diámetro del extremo superior, en centímetros.

H = Altura del poste sobre el terreno, en metros.


La Altura  $H_1$ , del punto de aplicación de la carga del viento, sobre la superficie del terreno, se determina por la siguiente fórmula aproximada:

$$H_1 = \frac{H}{3} * \frac{d_1 + 2d_2}{d_1 + d_2} [m]$$

Para hallar H, tener en cuenta que la profundidad de enterramiento del poste es  $0.1H + 0.6$  [m].

En postes de forma troncocónica el área es igual, aproximadamente, a:

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 83 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

$$area = \frac{d_1 + d_2}{200} H$$

- $d_1$  = Diámetro a nivel del terreno, en centímetros.  
 $d_2$  = Diámetro del extremo superior, en centímetros.  
 $H$  = Altura del poste sobre el terreno, en metros.

La Altura  $H_1$ , del punto de aplicación de la carga del viento, sobre la superficie del terreno, se determina por la siguiente fórmula aproximada:

$$H_1 = \frac{H}{3} * \frac{d_1 + 2d_2}{d_1 + d_2}, metros$$

Para hallar  $H$ , tener en cuenta que la profundidad de enterramiento del poste es  $0.1H + 0.6$

Donde las convenciones son las mismas de la fórmula anterior.

#### 8.4.1.2 En los conductores.

La carga total del viento sobre los conductores se calcula por la siguiente fórmula:

$$f_v = 0.042V^2 * A * n.$$

- $V$  = velocidad del viento en km/hora.  
 $A$  = área del conductor =  $(dc/100) * l$  ( $m^2$ ).  
 $dc$  = diámetro del conductor, en centímetros.  
 $l$  = longitud del vano de viento, en metros.  
 $n$  = número de conductores iguales.

El punto de aplicación de este esfuerzo estará localizado en el amarre de los conductores.


#### 8.4.1.3 En otros elementos.

Para la verificación de los esfuerzos en los apoyos (postería de concreto) incluidos en estas Normas, pueden despreciarse los provenientes de esfuerzos del viento en crucetas, aisladores y otros elementos secundarios de la instalación.

### 8.4.2 Esfuerzos debidos a tensiones desequilibradas.

1. En el Capítulo 7 se establecen las fórmulas para el cálculo de tensiones en los conductores. Estas se emplearán para el cálculo de esfuerzos en los apoyos, bajo las hipótesis del Artículo 8.2 anterior.
2. En apoyos para ángulos, el esfuerzo será la resultante de las tensiones en los dos conductores como se ilustra en las figuras 14 y 15.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 84 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

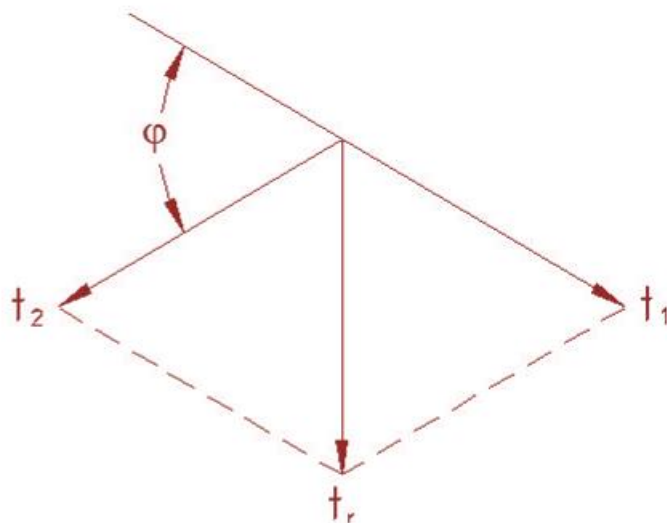


Figura 14. Cambio del alineamiento con tensiones iguales

En el caso de la Figura 7, en que las tensiones son iguales, la resultante tendrá la dirección de la bisectriz del ángulo inferior y un valor igual a:

$$tr = 2t \operatorname{sen} \frac{\varphi}{2}; \text{ para } t_1 = t_2 = t$$

Si los esfuerzos no son iguales, como en el caso de la Figura 8, la resultante tiene el valor:

$$tr = \sqrt{t_1^2 + t_2^2 - 2t_1t_2 \cos \varphi}$$

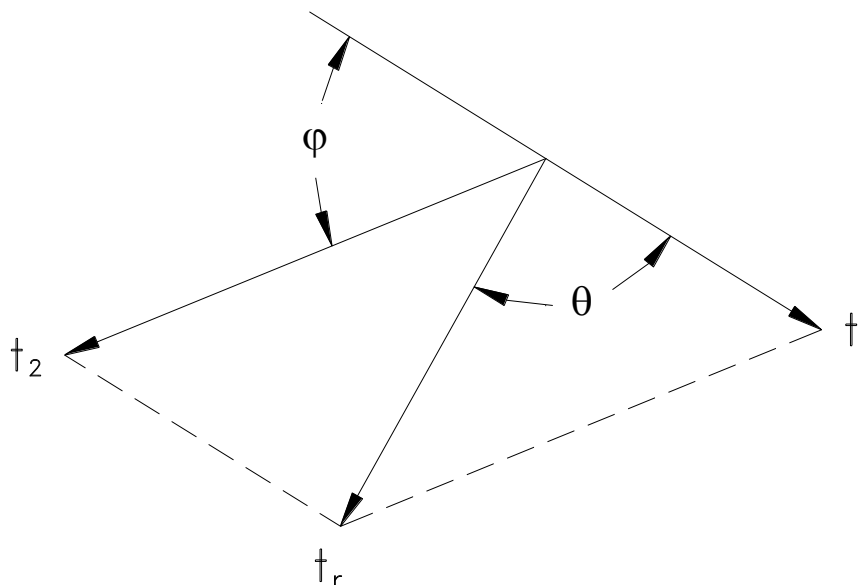



Figura 15. Cambio del alineamiento con tensiones desiguales

Y su dirección es la del ángulo  $\theta$ , que se determina por la siguiente expresión:

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 85 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

$$\cos \theta = \frac{t_r^2 + t_1^2 - t_2^2}{2t_r t_1}$$

## 8.5 MOMENTOS EN APOYOS SENCILLOS.

### 8.5.1 Momento resistente.

El momento resistente de un poste es igual a:

$$M_r = \frac{f_t d_1^3}{10}$$

Donde:

$M_r$  = Momento resistente en kg-m

$F_t$  = Esfuerzo de trabajo permisible en kg/mm<sup>2</sup>

$d_1$  = Diámetro del poste en la sección de empotramiento

### 8.5.2 Momentos por presión del viento.

#### 8.5.2.1 En el apoyo.

El momento en kg-m es:

$$M_1 = P_{v_1} S_1 H_1$$

$P_{v_1}$  = Presión del viento en, kg-m<sup>2</sup>

$S_1$  = Area del apoyo sometido a la presión del viento, en m<sup>2</sup>

$H_1$  = Altura de aplicación de la carga resultante, en m

Para postes troncónicos:

$$M_1 = P_{v_1} \frac{H^2(2d_2 + d_1)}{600}$$

$P_{v_1}$  = Presión del viento en, kg-m<sup>2</sup>

$H$  = Altura del poste sobre el terreno, en m

$d_2$  = Diámetro superior del poste, en cm

$d_1$  = Diámetro del poste a nivel del suelo, en cm

#### 8.5.2.2 En los conductores.

El momento en kg-m es:


$$M_2 = P_{v_1} \frac{h_1 n d_c (l_2 + l_1)}{200}$$

$P_{v_1}$  = Presión del viento en, kg-m<sup>2</sup>

$h_1$  = Altura de aplicación de la carga de viento, en m

$n$  = Número de conductores

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 86 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

$d_c$  = Diámetro de los conductores, en cm

$l_1$  y  $l_2$  = longitud de los vanos adyacentes, en m

Para conductores de diferentes diámetros y apoyos a diferente nivel, la fórmula se aplicará separadamente.

### 8.5.3 Por tensión en los conductores.

El momento en kg-m, es:

$$M_3 = t_r h_1$$

$t_r$  = Tensión resultante, en kg

$h_1$  = Altura de aplicación de la tensión, en m

### 8.5.4 Factores de seguridad.

1. Para cualquier combinación de esfuerzos, el momento total que esta produce debe ser inferior al momento resistente:  $\sum M < M_r$ .

2. El esfuerzo de trabajo permisible será igual a:

$$f_t = \frac{10M}{d_1^3} \quad , \quad M_r = \frac{C_r h_1}{f_s}$$

Atención:

$f_s = 1$ , si se toma una carga de rotura dada por el fabricante, en la que ya se ha incluido el factor de seguridad.

$f_t$  = esfuerzo permisible de trabajo en  $kg/mm^2$

$C_r$  = Carga de rotura en kg.

$f_s$  = factor de seguridad, que para postes de madera será 3,0 a 5,0 y de concreto de 1,5 a 2,5.

$h_1$  = altura desde el nivel del suelo hasta el punto de aplicación de la carga, en metros.

Para postes troncocónicos:

$$f_t = \frac{10C_r h_1}{2.5d_1^3} = 4 \frac{C_r h_1}{d_1^3} \text{ kg/mm}^2$$

Y el momento resistente será:


$$M_r = 4 \cdot 10^{-1} C_r h_1$$

$C_r$  = Carga de rotura en kilogramos.

$d_1$  = diámetro en centímetros, al nivel del suelo.

### 8.5.5 Gráfico de utilización del poste.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 87 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

La curva de utilización del poste permite determinar la magnitud del ángulo de alineamiento y la longitud de los vanos que puede soportar, sin necesidad de templetes.

La curva de utilización está determinada por la expresión:

$$M_r = M_1 + M_2 + M_3$$

Donde:

$M_r$  = momento máximo permisible en el poste.

$M_1$  = momento por carga del viento en el poste.

$M_2$  = momento por carga del viento en los conductores.

$M_3$  = momento por carga debido al ángulo de deflexión de los alineamientos.

Reemplazando en la expresión anterior las fórmulas respectivas:

$$M_r = P_1 S_1 H_1 + P_{v_1} \frac{h_1 n_1 d_c (l_1 + l_2)}{200} + t_r h_1$$

Ejemplo: Hallar la curva de utilización de un poste troncónico de concreto bajo las siguientes condiciones:

Longitud total del poste	=	9.2 metros.
Profundidad de empotramiento	=	1.5 metros.
Diámetro superior del poste	=	0.12 metros.
Diámetro del poste a ras del suelo	=	0.255 m.
Momento de rotura del poste	=	3.230 kg-m
Número de conductores	=	2, calibre 2/0 ACSR, en disposición vertical, uno en el extremo del poste y el inferior a un metro de distancia.
Diámetro de los conductores	=	1,134 centímetros.
Carga de rotura de los conductores	=	2.425 kilogramos.
Velocidad del viento	=	80 km/hora.

Para un factor de seguridad de 2.5, el momento máximo permisible en el poste es:

$$M_r = \frac{3230}{2.5} = 1.292 \text{ kg} - m$$


Momento en el apoyo debido al viento:

$$M_1 = 0.0042(80)^2 \frac{(9.5 - 1.5)^2 (2 * 12.0 + 25.5)}{600} = 131.5 \text{ kg} - m$$

Momento del viento sobre los conductores:

$$M_2 = 0.0042(80)^2 \frac{(7.7 + 6.7) 1.134 (l_1 + l_2)}{200}$$

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 88 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

$$M_2 = 4.39 l, \text{ si se supone } l_1 = l_2 = l$$

Momento debido al ángulo de deflexión:

Tensión permisible en el conductor con factor de seguridad de 4:

$$t_r = \frac{2425}{4} = 606.3 \text{ kg}$$

Por lo tanto: Los puntos de intersección con los ejes de coordenadas son:

$$M_3 = 2 * 606.3 \text{ sen } \frac{\varphi}{2} (7.7 + 6.7) = 17461.4 \text{ sen } \frac{\varphi}{2}$$

$$1292 = 131.5 + 4.39l + 17461.4 \text{ sen } \frac{\varphi}{2}$$

$$264.4 = l + 3977.5 \text{ sen } \frac{\varphi}{2}$$

$$L=0 ; \text{ sen}(\varphi/2) = 0.0665 ; \varphi/2 = 3^\circ 49'$$

$$\varphi/2 = 0 ; \text{ sen}(\varphi/2) = 0 ; l = 264.4 \text{ m}$$

Uniendo estos puntos de intersección, se encuentra el gráfico de utilización del poste para las condiciones de carga, como se ilustra en la Figura 16. De este gráfico se deduce que el vano máximo permisible en alineamientos rectos es de 264,4 metros.

Para ángulos  $\varphi$  entre  $0^\circ$  y  $7^\circ 38'$  los vanos pueden hallarse del gráfico. Así por ejemplo para  $\varphi = 4^\circ 42'$  el vano permisible es de 100 metros.

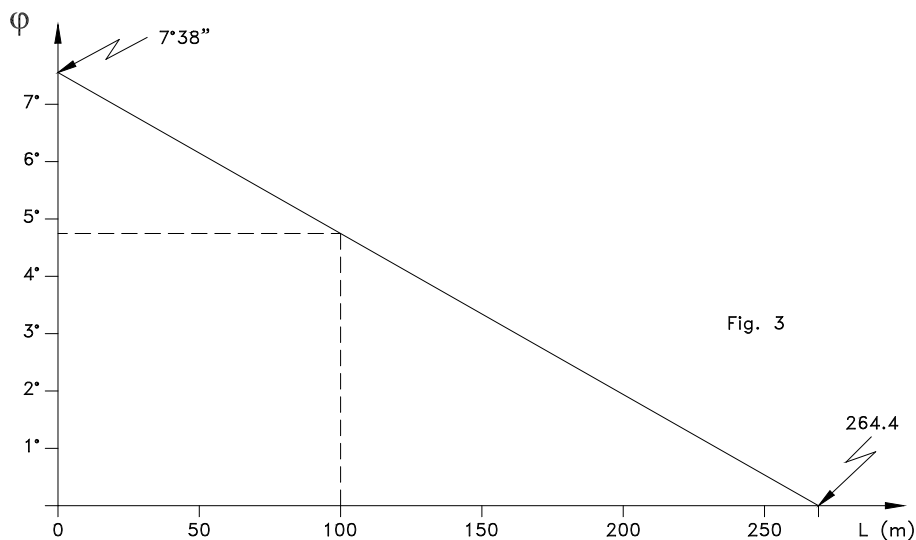



Figura 16. Gráfico de utilización del poste

## 8.6 VANOS MÁXIMOS PERMISIBLES SIN RETENIDAS LATERALES

Las siguientes tablas muestran los vanos máximos permitidos para los calibres 4/0, 2/0 y 1/0 AWG, en disposiciones de un solo circuito, doble circuito primario, un circuito primario y un secundario en cable tríplex 2x2/0 + 1/0, en poste de 12 metros.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 89 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Se tuvo en cuenta en cada caso la resistencia mecánica del poste. Estos vanos aseguran que para las disposiciones mencionadas, se respeta la distancia permitida desde el suelo hasta el conductor más bajo.

Tabla 31. Postes de 12 metros con un solo circuito primario (Los postes trabajan con un factor de seguridad de 2.5).

TIPO DE LÍNEA	CALIBRE Y NÚMERO DE ALAMBRES		ALTURA DEL POSTE	13.2KV		
	CIRCUITO SUPERIOR	CIRCUITO INFERIOR		RESISTENCIA DEL POSTE		
				510	750	1050
UN CIRCUITO PRIMARIO	3 x 1/0	---	12m	115	190	210
	3 x 2/0			105	170	200
	3 x 4/0			80	135	195

Para el cálculo de estas distancias de vanos, se ha tenido en cuenta la acción del viento ( $44\text{kg/m}^2$ ) sobre los conductores y la separación mínima entre conductores soportados en aisladores tipo Line Post, en disposición triangular, dada por la fórmula:  $e = 0.75 * \sqrt{F + kV/150}$ , donde.

F: Flecha máxima; e: separación entre conductores; y kV: tensión en kilovoltios de la línea.

Flecha máxima (13.2kV) = 2.2m

Estos valores de flechas permiten un valor de vano máximo para calibre de conductor así:

Para 4/0 AWG → 190m (13.2kV) y 160m (34.5kV)

Para 2/0 AWG → 200m (13.2kV) y 170m (34.5kV)

Para 1/0 AWG → 210m (13.2kV) y 180m (34.5kV)


Tabla 32. Postes de 12 metros con doble circuito primario

TIPO DE LÍNEA	CALIBRE Y NÚMERO DE ALAMBRES		ALTURA DEL POSTE	RESISTENCIA DEL POSTE		
	CIRCUITO SUPERIOR	CIRCUITO INFERIOR				
				510	750	1050
DOBLE CIRCUITO PRIMARIO	3 x 2/0	3 x 2/0	12m	55	90	130
	3 x 4/0	3 x 4/0		40	70	105
		3 x 2/0		45	75	115

Tabla 33. Postes de 12 metros con un circuito primario y uno secundario

TIPO DE LÍNEA	CALIBRE Y NÚMERO DE ALAMBRES		ALTURA DEL POSTE	RESISTENCIA DEL POSTE		
	CIRCUITO SUPERIOR	CIRCUITO INFERIOR				
				510	750	1050
CIRCUITO PRIMARIO Y SECUNDARIO	3 x 2/0	Tríplex 2x2/0 + 1x1/0	12m	60	95	145
	3 x 4/0			50	85	125

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 90 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## 9. CÁLCULO DE REDES SECUNDARIAS

### 9.1 TENSIONES DE SUMINISTRO.

Con el fin de atender la demanda del sistema con niveles de voltaje que garanticen el adecuado funcionamiento de los equipos eléctricos, debe tenerse un rango de operación del voltaje. Por esta razón es necesario establecer los niveles máximo y mínimo de voltaje de operación, tanto en condiciones normales como en casos de contingencias (condiciones anormales).

La norma ANSI C84.1 “*Voltage Rating for Electric System and Equipment (60 Hz)*” recomienda como valores límites para el voltaje de servicio (voltaje en el punto de conexión del transformador) en condiciones normales y de emergencia en media tensión, los siguientes valores:

Tabla 34. Rangos de Voltaje Norma ANSI C84.1

Voltaje Nominal de Servicio	<sup>1</sup> Voltaje Mínimo de Utilización	<sup>2</sup> Voltaje de Servicio Favorable (Rango A)	<sup>3</sup> Voltaje de Servicio Tolerable (Rango B)
120	108	114-126	110-127
208	187	197-218	191-220
240	216	228-252	220-254

<sup>1</sup> **ANSI C84.1** Para comparación. Representa el mínimo voltaje RMS para los puntos terminales de conexión de equipos (Dentro de las instalaciones del cliente), para circuitos que no alimenten cargas de iluminación.

<sup>2</sup> **Voltaje Favorable.** Es el rango recomendado de voltaje de operación; incluye un rango 5% por encima y 5% por debajo del nominal. Éste y el rango de voltaje tolerable son voltajes RMS a la entrada del servicio, fuera de las instalaciones del cliente.


<sup>3</sup> **Voltaje Tolerable.** Corresponde al Voltaje de servicio que se sale del rango favorable un 8.33% por debajo y 5.83% por encima del nominal. Este voltaje es considerado indeseable, pero no lo suficiente como para causar daños en el equipo. Cuando se presente este rango de voltaje; a corto plazo se deben iniciar acciones para llevar el voltaje al rango favorable. Si el voltaje cae fuera del rango tolerable, esta condición es considerada de muy alta prioridad y se deben tomar acciones inmediatas para mejorar el voltaje.

#### 9.1.1 Suministro Desde Redes de Distribución Secundaria.

**Monofásico bifilar** a 120V  $\pm$  5%. Mediante acometida de dos conductores conectados a fase y neutro.

**Monofásico Trifilar** a 120/240V  $\pm$  5%. Mediante acometida de dos conductores conectados a fase y uno al neutro.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 91 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

**Dos fases trifilar desde un trifásico** a 127/220 V  $\pm$  5%. Mediante acometida de dos conductores conectadas a dos fases y uno al neutro desde el secundario de un transformador trifásico.

**Tres fases tetrafilar desde un trifásico** a 127/220 V  $\pm$  5%. Mediante acometida de tres conductores conectadas a las tres fases y uno al neutro desde el secundario de un transformador trifásico.

## 9.2 PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR.

1. Para definir la capacidad del transformador en conjuntos residenciales y urbanizaciones se debe definir primero el tipo de carga por usuario de acuerdo con la estratificación definida por la Oficina de Planeación Municipal para el proyecto.
2. A la carga calculada en el paso anterior se le deben sumar las demás cargas que puedan ser atendidas por el transformador como son las de alumbrado público, iluminación de áreas comunes, ascensores y áreas de recreación.
3. El transformador se debe calcular para que inicialmente esté cargado al ochenta por ciento (80%) con el fin de cubrir el crecimiento futuro.
4. Cuando el transformador es exclusivo para alumbrado público, se multiplica el número de lámparas por la potencia individual y se deja una reserva del 20%.

## 9.3 PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE REGULACIÓN EN BAJA TENSIÓN

1. Determinar el tipo de estrato socio-económico de la urbanización o condominio.
2. Determinar el tipo de redes a utilizar:
  - Monofásica trifilar.
  - Trifásica tetra filar.
3. Determinar el tipo de conductor:
  - Cobre aislado para redes subterráneas.
  - Cable trenzado de aluminio para redes aéreas.
  - Capacidad de corriente
  - Pérdidas de energía y potencia.
4. Calcular la regulación en el extremo o extremos más alejados y de mayor carga, usando las constantes de regulación y presentar el cálculo en los cuadros anexos.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 92 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


 <b>ENAM</b> <small>ENERGÍA PARA EL AMAZONAS S.A.E.S.P</small>	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Tabla 35. Regulación de tensión para red secundaria de distribución.

COMPONENTE DEL SISTEMA	LÍMITES PARA LA REGULACION		REGULACION MAXIMA			
	DESDE	HASTA	RUR		URB	
			%	Volts <sup>1</sup>	%	Volts <sup>1</sup>
Transformadores de distribución	Bujes primarios	Conexión con red secundaria	2.5	3.0	2.5	3.0
Red secundaria aérea	Conexión de bajantes secundarios	Poste terminal secundario	3.5	4.2	3.5	4.2
Acometida	Poste terminal secundario	Medidor	2.5	3.0	1.0	1.2
<b>SUBTOTAL EN EL MEDIDOR</b>			<b>8.5</b>	<b>10.2</b>	<b>7</b>	<b>8.4</b>
Instalación interna	Medidor de energía	Último punto de instalación interna	3.0	3.6	3.0	3.6
<b>TOTAL EN EL PUNTO DE UTILIZACIÓN</b>			<b>11.5</b>	<b>13.6</b>	<b>10.0</b>	<b>12</b>

1. La regulación de tensión se calcula con base en un voltaje de referencia de 120 Voltios.
2. Se asume que el voltaje en la barra de subestación de distribución durante la hora pico de máxima caída de voltaje se mantiene al 105% del voltaje nominal, 126 voltios en una base de 120 voltios.

Tabla 36. Tabla guía para el cálculo de la regulación

PROYECTO: \_\_\_\_\_ ESTRATO: \_\_\_\_\_ TIPO DE CARGA: \_\_\_\_\_  
 MUNICIPIO: \_\_\_\_\_ TRANSFORMADOR N°: \_\_\_\_\_  
 VOLTAJE: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD: \_\_\_\_\_ kVA

Tramo		Longitud (m)	Calibre AWG	Usuarios		kVA Tramo	Momento (kVXm)	Regulación	
I	F			Propios	De Calculo			Parcial %ΔV	Total Σ%ΔV

#### 9.4 DEMANDA POR CLIENTE.

Las siguientes tablas definen las potencias demandadas por los clientes de acuerdo con la estratificación.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 93 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Tabla 37. Demanda diversificada Estrato 1.

N° de Usuarios	Carga kVA	kVA Usuario	N° de Usuarios	Carga kVA	kVA Usuario
1	0,79	0,79	36	13,29	0,37
2	1,40	0,70	37	13,53	0,37
3	1,96	0,65	38	13,77	0,36
4	2,47	0,62	39	14,07	0,36
5	2,95	0,59	40	14,30	0,36
6	3,41	0,57	41	14,52	0,35
7	3,87	0,55	42	14,81	0,35
8	4,27	0,53	43	15,03	0,35
9	4,71	0,52	44	15,25	0,35
10	5,10	0,51	45	15,52	0,34
11	5,50	0,50	46	15,73	0,34
12	5,85	0,49	47	16,00	0,34
13	6,56	0,50	48	16,21	0,34
14	6,58	0,47	49	16,47	0,34
15	6,97	0,46	50	16,67	0,33
16	7,31	0,46	51	16,93	0,33
17	7,63	0,45	52	17,12	0,33
18	7,99	0,44	53	17,37	0,33
19	8,29	0,44	54	17,63	0,33
20	8,63	0,43	55	17,81	0,32
21	8,97	0,43	56	18,06	0,32
22	9,29	0,42	57	18,23	0,32
23	9,56	0,42	58	18,48	0,32
24	9,88	0,41	59	18,64	0,32
25	10,18	0,41	60	18,88	0,31
26	10,48	0,40	61	19,12	0,31
27	10,77	0,40	62	19,28	0,31
28	11,06	0,40	63	19,52	0,31
29	11,34	0,39	64	19,75	0,31
30	11,62	0,39	65	19,90	0,31
31	11,95	0,39	66	20,13	0,31
32	12,21	0,38	67	20,36	0,30
33	12,47	0,38	68	20,50	0,30
34	12,73	0,37	69	20,73	0,30
35	12,98	0,37	<b>Más de 69</b>		0,30/Usuario

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 94 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Tabla 38. Demanda diversificada Estrato 2.

N° de Usuarios	Carga kVA	kVA Usuario	N° de Usuarios	Carga kVA	kVA Usuario
1	2,19	2,19	36	36,84	1,02
2	3,88	1,94	37	37,51	1,01
3	5,43	1,81	38	38,17	1,00
4	6,84	1,71	39	39,00	1,00
5	8,17	1,63	40	39,64	0,99
6	9,45	1,58	41	40,26	0,98
7	10,72	1,53	42	41,06	0,98
8	11,84	1,48	43	41,67	0,97
9	13,05	1,45	44	42,26	0,96
10	14,13	1,41	45	43,03	0,96
11	15,25	1,39	46	43,61	0,95
12	16,22	1,35	47	44,37	0,94
13	18,19	1,40	48	44,92	0,94
14	18,25	1,30	49	45,66	0,93
15	19,32	1,29	50	46,20	0,92
16	20,25	1,27	51	46,93	0,92
17	21,15	1,24	52	47,45	0,91
18	22,15	1,23	53	48,16	0,91
19	22,99	1,21	54	48,87	0,90
20	23,93	1,20	55	49,36	0,90
21	24,86	1,18	56	50,06	0,89
22	25,76	1,17	57	50,54	0,89
23	26,51	1,15	58	51,22	0,88
24	27,38	1,14	59	51,68	0,88
25	28,22	1,13	60	52,35	0,87
26	29,05	1,12	61	53,01	0,87
27	29,86	1,11	62	53,46	0,86
28	30,66	1,10	63	54,11	0,86
29	31,44	1,08	64	54,75	0,86
30	32,21	1,07	65	55,17	0,85
31	33,12	1,07	66	55,81	0,85
32	33,86	1,06	67	56,43	0,84
33	34,58	1,05	68	56,84	0,84
34	35,29	1,04	69	57,46	0,83
35	35,99	1,03	<b>Más de 69</b>		0,83/Usuario

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 95 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Tabla 39. Demanda diversificada Estrato 3 y 4.

N° de Usuarios	Carga kVA	kVA Usuario	N° de Usuarios	Carga kVA	kVA Usuario
1	2,47	2,47	36	38,00	1,06
2	4,33	2,17	37	38,72	1,05
3	5,98	1,99	38	39,44	1,04
4	7,48	1,87	39	40,14	1,03
5	8,95	1,79	40	40,83	1,02
6	10,29	1,72	41	41,50	1,01
7	11,53	1,65	42	42,17	1,00
8	12,83	1,60	43	42,83	1,00
9	13,98	1,55	44	43,47	0,99
10	15,15	1,52	45	44,11	0,98
11	16,27	1,48	46	44,91	0,98
12	17,33	1,44	47	45,53	0,97
13	18,45	1,42	48	46,13	0,96
14	19,43	1,39	49	46,73	0,95
15	20,47	1,36	50	47,32	0,95
16	21,48	1,34	51	47,90	0,94
17	22,45	1,32	52	48,65	0,94
18	23,40	1,30	53	49,21	0,93
19	24,32	1,28	54	49,77	0,92
20	25,20	1,26	55	50,31	0,91
21	26,20	1,25	56	50,85	0,91
22	27,03	1,23	57	51,57	0,90
23	27,85	1,21	58	52,09	0,90
24	28,78	1,20	59	52,61	0,89
25	29,55	1,18	60	53,12	0,89
26	30,44	1,17	61	53,81	0,88
27	31,16	1,15	62	54,30	0,88
28	32,02	1,14	63	54,79	0,87
29	32,86	1,13	64	55,47	0,87
30	33,53	1,12	65	55,94	0,86
31	34,34	1,11	66	56,41	0,85
32	35,13	1,10	67	57,07	0,85
33	35,91	1,09	68	57,52	0,85
34	36,67	1,08	69	57,97	0,84
35	37,26	1,06	<b>Más de 69</b>		0,84/Usuario

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 96 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Tabla 40. Demanda diversificada Estrato 5.

N° de Usuarios	Carga kVA	kVA Usuario	N° de Usuarios	Carga kVA	kVA Usuario
1	3,84	3,84	36	50,27	1,40
2	6,19	3,10	37	51,29	1,39
3	8,23	2,74	38	52,30	1,38
4	10,11	2,53	39	53,30	1,37
5	11,93	2,39	40	54,28	1,36
6	13,55	2,26	41	55,24	1,35
7	15,19	2,17	42	56,20	1,34
8	16,70	2,09	43	57,13	1,33
9	18,19	2,02	44	58,06	1,32
10	19,69	1,97	45	59,18	1,32
11	21,12	1,92	46	60,08	1,31
12	22,48	1,87	47	60,97	1,30
13	23,89	1,84	48	62,06	1,29
14	25,12	1,79	49	62,93	1,28
15	26,42	1,76	50	63,79	1,28
16	27,80	1,74	51	64,85	1,27
17	29,01	1,71	52	65,68	1,26
18	30,18	1,68	53	66,51	1,25
19	31,45	1,66	54	67,54	1,25
20	32,68	1,63	55	68,35	1,24
21	33,88	1,61	56	69,37	1,24
22	35,05	1,59	57	70,15	1,23
23	36,20	1,57	58	71,16	1,23
24	37,31	1,55	59	71,92	1,22
25	38,40	1,54	60	72,91	1,22
26	39,62	1,52	61	73,89	1,21
27	40,66	1,51	62	74,63	1,20
28	41,84	1,49	63	75,60	1,20
29	42,83	1,48	64	76,32	1,19
30	43,97	1,47	65	77,28	1,19
31	45,09	1,45	66	78,22	1,19
32	46,02	1,44	67	78,92	1,18
33	47,11	1,43	68	79,85	1,17
34	48,18	1,42	69	80,78	1,17
35	49,23	1,41	<b>Más de 69</b>		1,17/Usuario

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 97 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Tabla 41. Demanda diversificada Estrato 6.

N° de Usuarios	Carga kVA	kVA Usuario	N° de Usuarios	Carga kVA	kVA Usuario
1	5,10	5,10	36	62,03	1,72
2	8,16	4,08	37	63,11	1,71
3	10,77	3,59	38	64,39	1,69
4	13,16	3,29	39	65,43	1,68
5	15,36	3,07	40	66,67	1,67
6	17,49	2,91	41	67,89	1,66
7	19,51	2,79	42	69,10	1,65
8	21,36	2,67	43	70,06	1,63
9	23,30	2,59	44	71,24	1,62
10	25,00	2,50	45	72,40	1,61
11	26,84	2,44	46	73,54	1,60
12	28,47	2,37	47	74,67	1,59
13	30,14	2,32	48	75,79	1,58
14	31,73	2,27	49	76,89	1,57
15	33,41	2,23	50	77,98	1,56
16	34,87	2,18	51	79,06	1,55
17	36,43	2,14	52	80,12	1,54
18	37,93	2,11	53	81,17	1,53
19	39,39	2,07	54	82,21	1,52
20	40,96	2,05	55	83,23	1,51
21	42,33	2,02	56	84,25	1,50
22	43,83	1,99	57	85,50	1,50
23	45,12	1,96	58	86,49	1,49
24	46,54	1,94	59	87,47	1,48
25	47,93	1,92	60	88,44	1,47
26	49,29	1,90	61	89,40	1,47
27	50,63	1,88	62	90,60	1,46
28	51,93	1,85	63	91,54	1,45
29	53,20	1,83	64	92,46	1,44
30	54,45	1,81	65	93,64	1,44
31	55,67	1,80	66	94,55	1,43
32	57,06	1,78	67	95,45	1,42
33	58,24	1,76	68	96,60	1,42
34	59,59	1,75	69	97,48	1,41
35	60,71	1,73	Más de 69		1,41/Usuario

#### 9.4.1 Constantes de regulación.

Las tablas siguientes definen las constantes de regulación propias para cada tipo de red y el material con que se construyen (Cobre y Aluminio)

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 98 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Tabla 42. Constantes de regulación, red secundaria aérea pre-ensamblada: (Aluminio)

Calibre AWG	"K" Trifásica		"K" Monofásica	
	Fp=0.8	Fp=0.9	Fp=0.8	Fp=0.9
2	0.00185	0.00203	0.00279	0.00305
1/0	0.00121	0.00131	0.00182	0.00197
2/0	0.00099	0.00106	0.00149	0.00159
4/0		0.00070		0.000947

Tabla 43. Constantes de regulación, red secundaria Subterránea: (Cobre)

Calibre AWG – Kcmil	"K" Trifásica		"K" Monofásica	
	Fp=0.8	Fp=0.9	Fp=0.8	Fp=0.9
2	0.00123	0.00132	0.00184	0.00199
1/0	0.00082	0.00087	0.00124	0.00131
2/0	0.00068	0.00071	0.00102	0.00106
4/0	0.00047	0.00048	0.00071	0.00072

Tabla 44. Constantes de regulación para 13.2 kV  
Disposición vertical espaciada 1m.

Calibre AWG - Kcmil	"K" Trifásica x 10 <sup>-7</sup>	
	Fp=0.8	Fp=0.9
2	6.61298	6.72632
1/0	4.96988	4.88454
2/0	4.29273	4.13661
4/0	3.30678	3.07578


Tabla 45. Constantes de regulación para 13.2 kV  
Disposición horizontal espaciada 3.8m.

Calibre AWG - Kcmil	K Trifásica x 10 <sup>-7</sup>	
	Fp=0.8	Fp=0.9
2	6.61298	6.72632
1/0	4.96988	4.88454
2/0	4.29273	4.13661
4/0	3.30678	3.07578

## 9.5 SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA

En toda estructura terminal, de red aérea o trenzada o abierta, el conductor neutro se debe aterrizar, a través de un sistema de puesta a tierra, con base en lo expuesto en el artículo 15 del RETIE.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 99 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

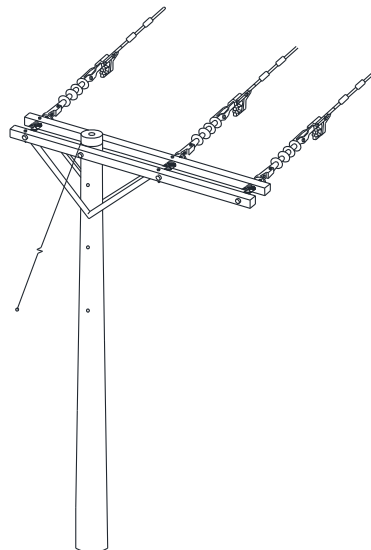
	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## ANEXO I

### CODIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS


TIPO		NIVEL DE TENSIÓN		TOPOLOGÍA DE LA ESTRUCTURA						CÓDIGO DE ESTRUCTURA
NOMBRE	SIMBOLO	MEDIA	BAJA	Triangular	Semibandera	Bandera	Horizontal tangencial	Vertical	En H	
				1	2	3	4	5	H	
PASO	P	2	1							
RETENCIÓN	R	2	1							
SUSPENSIÓN	S	2	1							
SUB ESTACIÓN	SE	2	1							
TEMPLETE	T	M	B							

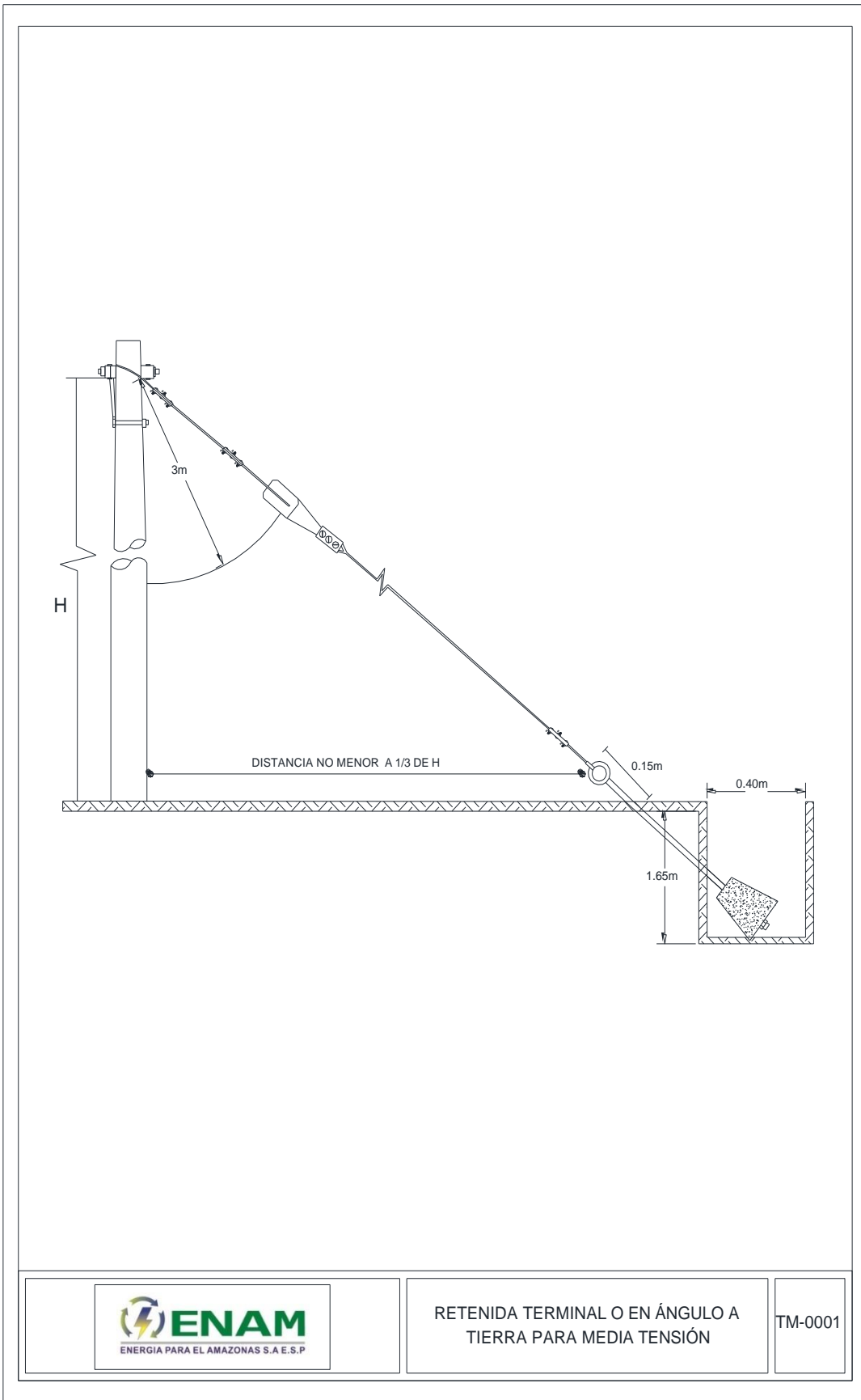
Según la tabla anterior se deben tener en cuenta los siguientes pasos para la identificación de la estructura:




- Se debe tomar el tipo de estructura según la tabla anterior; para el ejemplo será una estructura de retención con símbolo R.
- El segundo paso es definir el nivel de tensión, se usara 2 para media tensión y 1 para baja tensión; en el ejemplo se usó para media tensión (2).
- Según la topología de la estructura se han asignado números para cada caso, en el ejemplo se utilizara una estructura en semibandera identificada con el número 2.
- El código de la estructura estará conformado por los tres pasos anteriores además de 2 dígitos extras que numeraran la estructura.
- El código para la estructura de ejemplo quedara de la siguiente manera **R-2201**.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 100 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015




ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 101 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

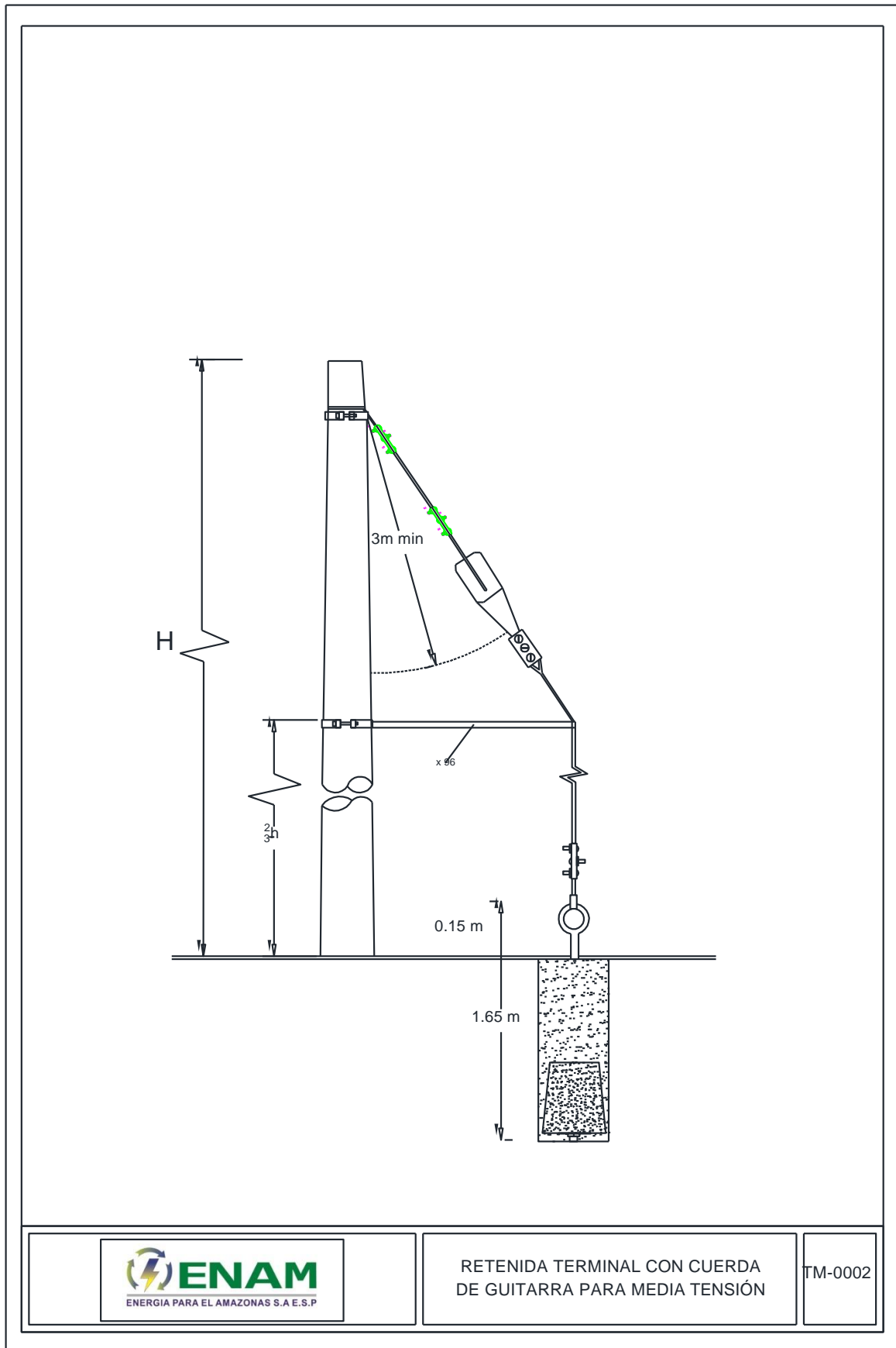
	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## RETENIDA TERMINAL O EN ÁNGULO A TIERRA PARA MEDIA TENSIÓN


Cantidad	Código	Unidad	Descripción
1	1127	und	Aislador tensor
1	11191	und	Arandela cuadrada 5/8 x 4"
15	11448	m	Cable extra resistente de 1/4"
1	111256	und	Guardacabo 3/4"
4	111239	und	Grapa prensa hilos 3 pernos
1	112615	und	Varilla de anclaje 5/8"X1.80 m
1	112636	und	Vigueta en concreto .20X.20X.60 M

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 102 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015




ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 103 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

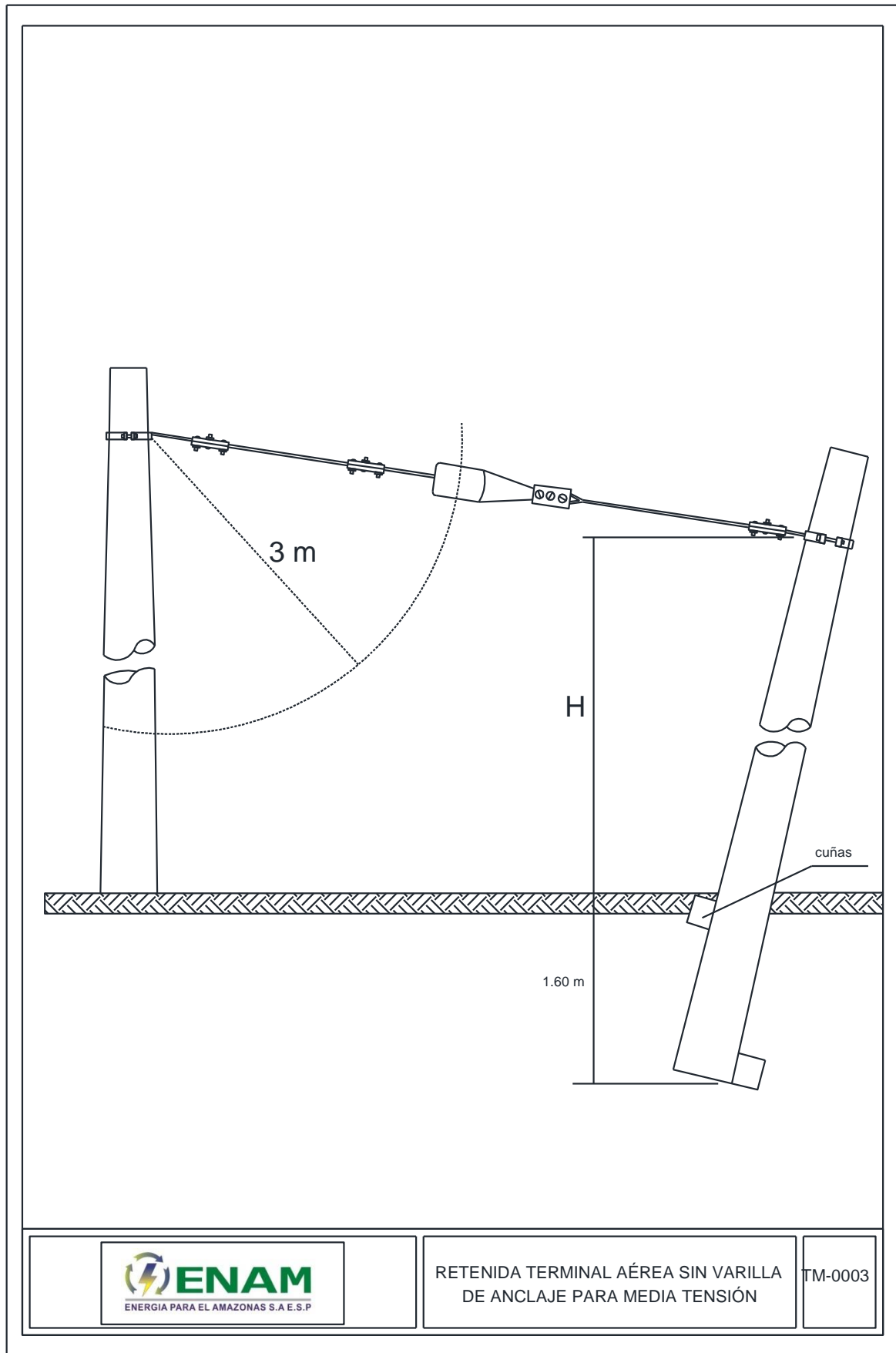
	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## RETENIDA TERMINAL CON CUERDA DE GUITARRA PARA MEDIA TENSIÓN


Cantidad	Código	Unidad	Descripción
1	1127	und	Aislador tensor
1	11191	und	Arandela cuadrada 5/8 x 4"
1		und	Brazo - Tubo galvanizado de 2"x1,5m aprox. Soldado a collarín
15	11448	m	Cable extra resistente de 1/4"
1	15550	und	Collarín redondo de 1 salida
1	111256	und	Guardacabo 3/4"
4	111239	und	Grapa prensa hilos 3 pernos
1	112615	und	Varilla de anclaje 5/8"X1.80 m
1	112636	und	Vigueta en concreto .20X.20X.60 M

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 104 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 105 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## RETENIDA TERMINAL AÉREA SIN VARILLA DE ANCLAJE PARA MEDIA TENSIÓN

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
1	1127	und	Aislador tensor
	11448	m	Cable extra resistente de 1/4"
1	15550	und	Collarín redondo de 1 salida
4	111239	und	Grapa prensa hilos 3 pernos
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf

### **Notas:**


*\*La altura H será:*

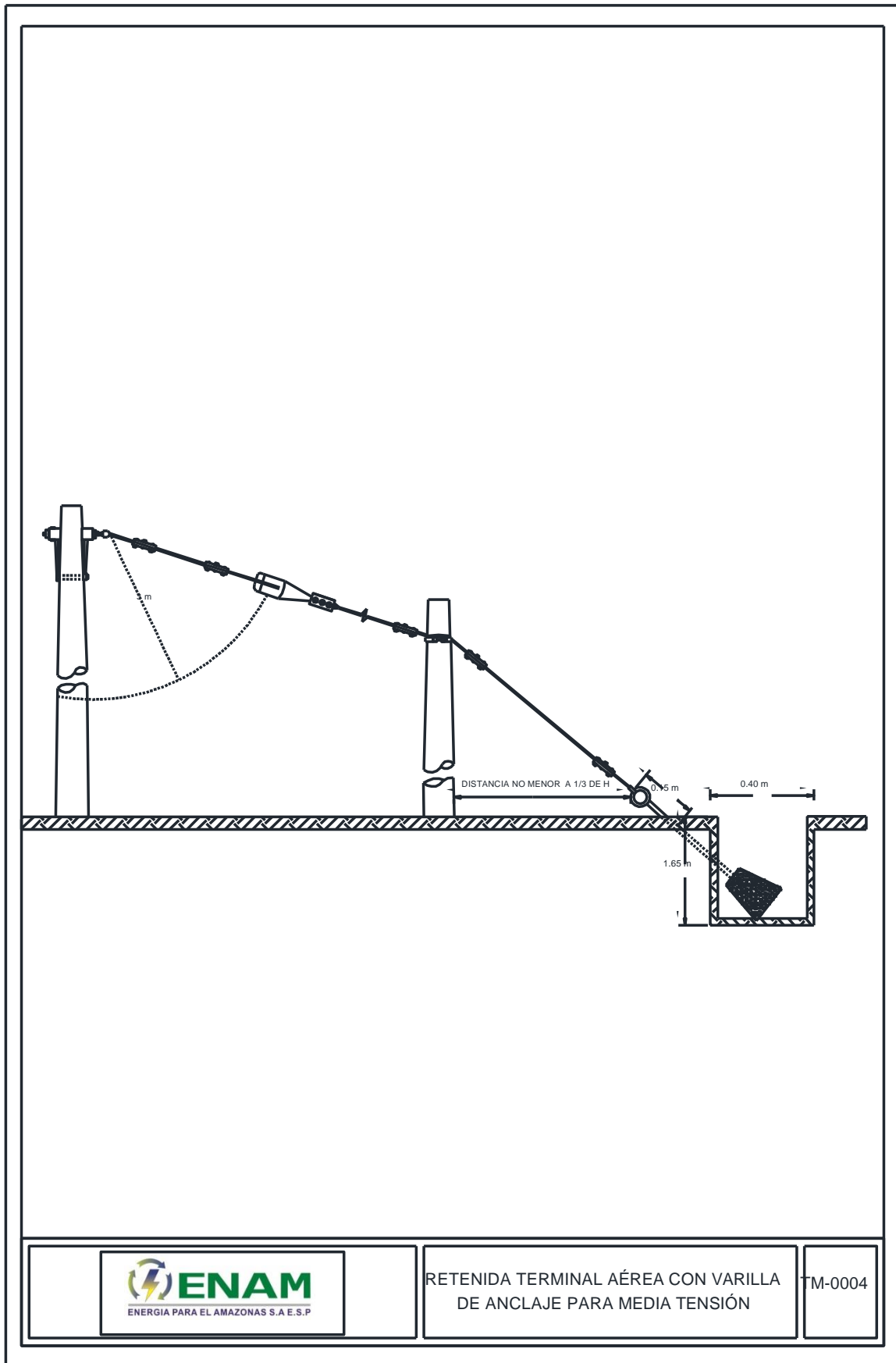
- 5,4 m sobre la calzada.
- 2,4 m sobre las vías peatonales.

*\*\*Las cuñas deben tener una longitud superior al diámetro de la base del poste y estas hechas de un material rígido.*

*\*\*\*Antes de tensionar el templete el poste inclinado debe encontrarse en su posición final con las cuñas.*

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 106 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



RETENIDA TERMINAL AÉREA CON VARILLA DE ANCLAJE PARA MEDIA TENSIÓN

M-0004

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 107 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## RETENIDA TERMINAL AÉREA CON VARILLA DE ANCLAJE PARA MEDIA TENSIÓN


Cantidad	Código	Unidad	Descripción
1	1127	und	Aislador tensor
1	11191	und	Arandela cuadrada 5/8 x 4"
	11448	m	Cable extra resistente de 1/4"
1	15550	und	Collarín redondo de 1 salida
1	111256	und	Guardacabo 3/4"
6	111239	und	Grapa prensa hilos 3 pernos
1	113499	und	Poste troncónico de 8m-510kgf
1	112615	und	Varilla de anclaje 5/8"X1.80 m
1	112636	und	Vigueta en concreto .20X.20X.60 M

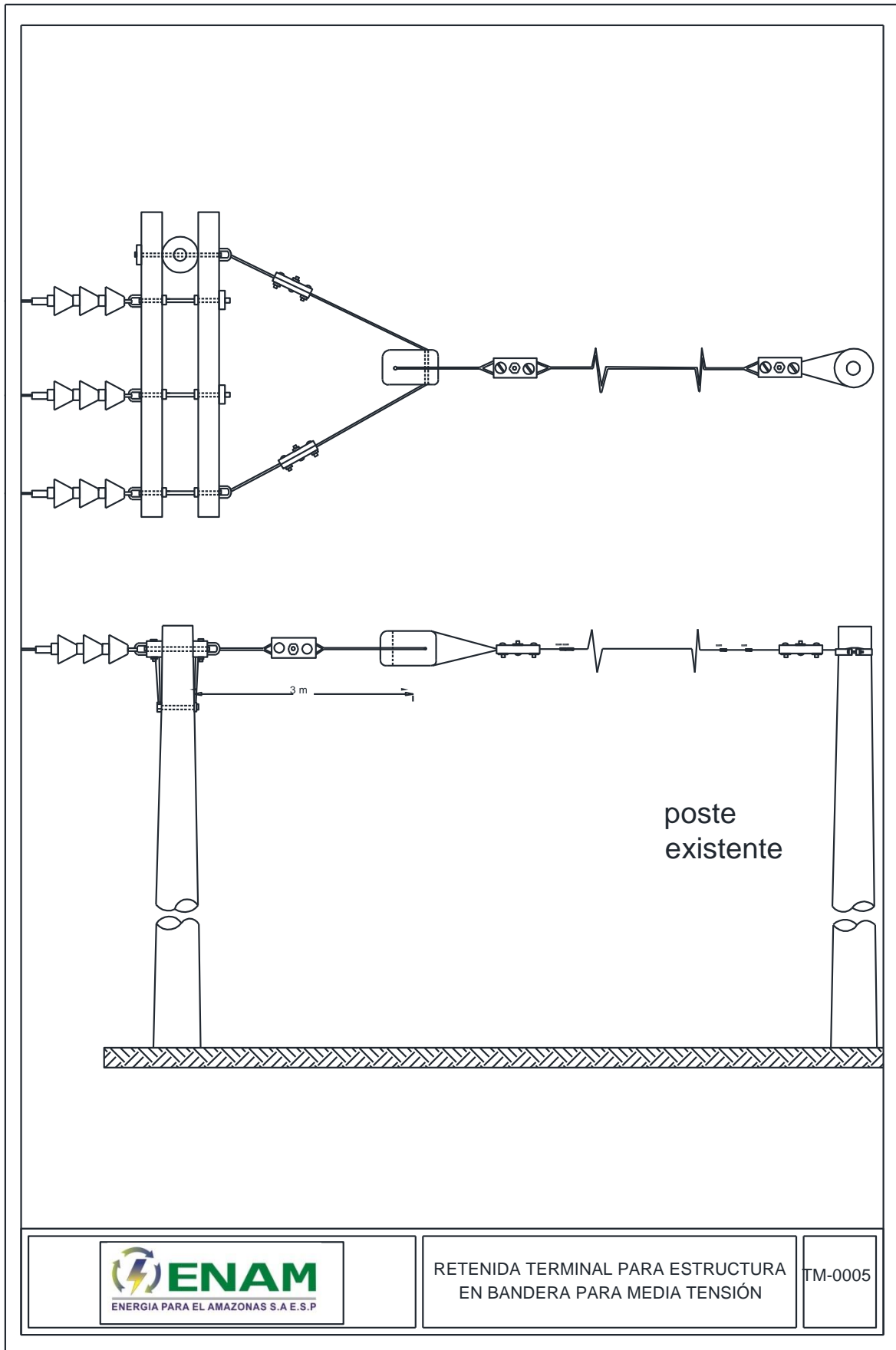
### Notas:

\*La altura H será:

- 5,4 m sobre la calzada.
- 2,4 m sobre las vías peatonales.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 108 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



RETENIDA TERMINAL PARA ESTRUCTURA EN BANDERA PARA MEDIA TENSIÓN

TM-0005


ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 109 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

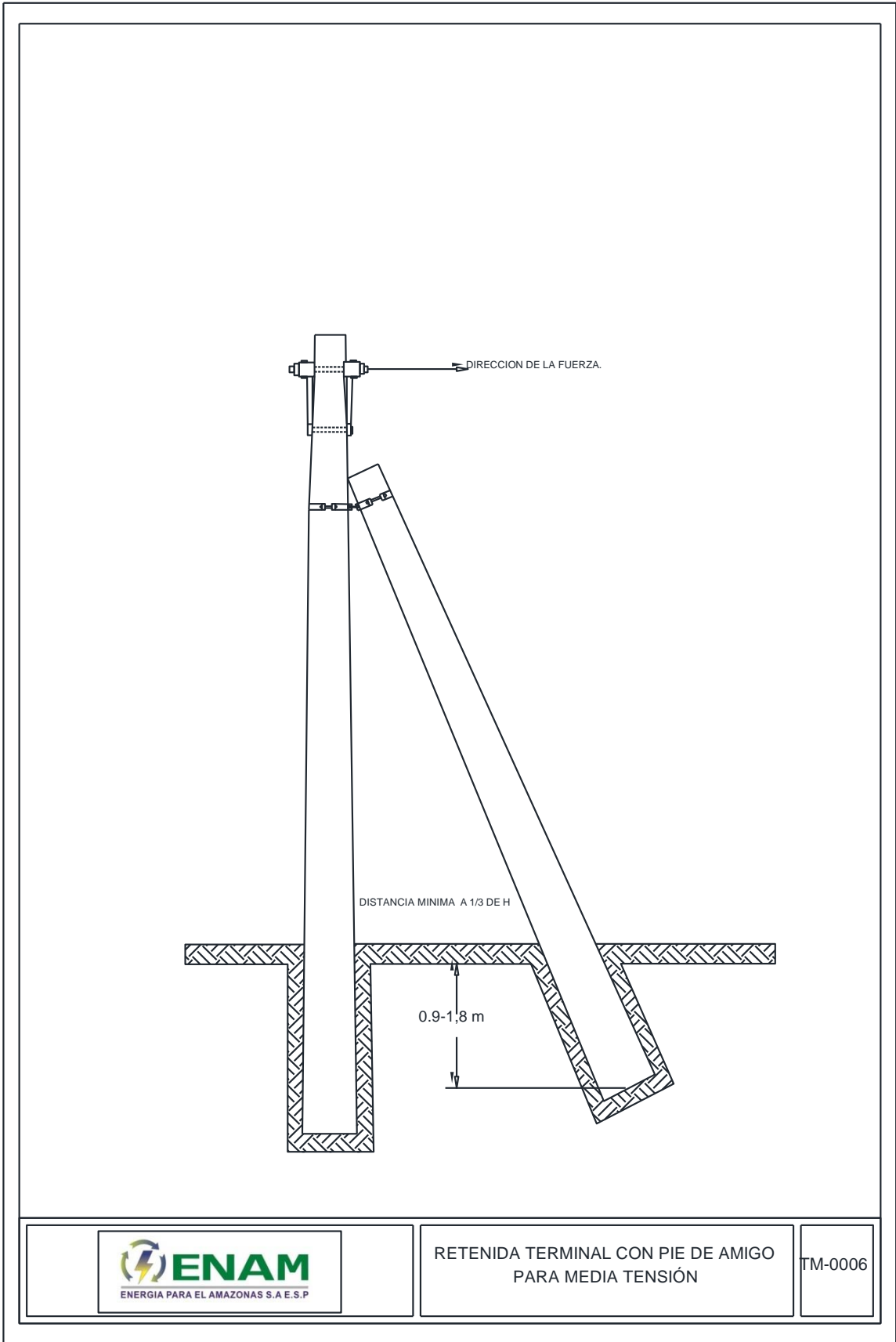
	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## RETENIDA TERMINAL PARA ESTRUCTURA EN BANDERA PARA MEDIA TENSIÓN


Cantidad	Código	Unidad	Descripción
1	1127	und	Aislador tensor
	11448	m	Cable extra resistente de 1/4"
1	15550	und	Collarín redondo de 1 salida
4	111239	und	Grapa prensa hilos 3 pernos
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 110 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015




ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 111 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

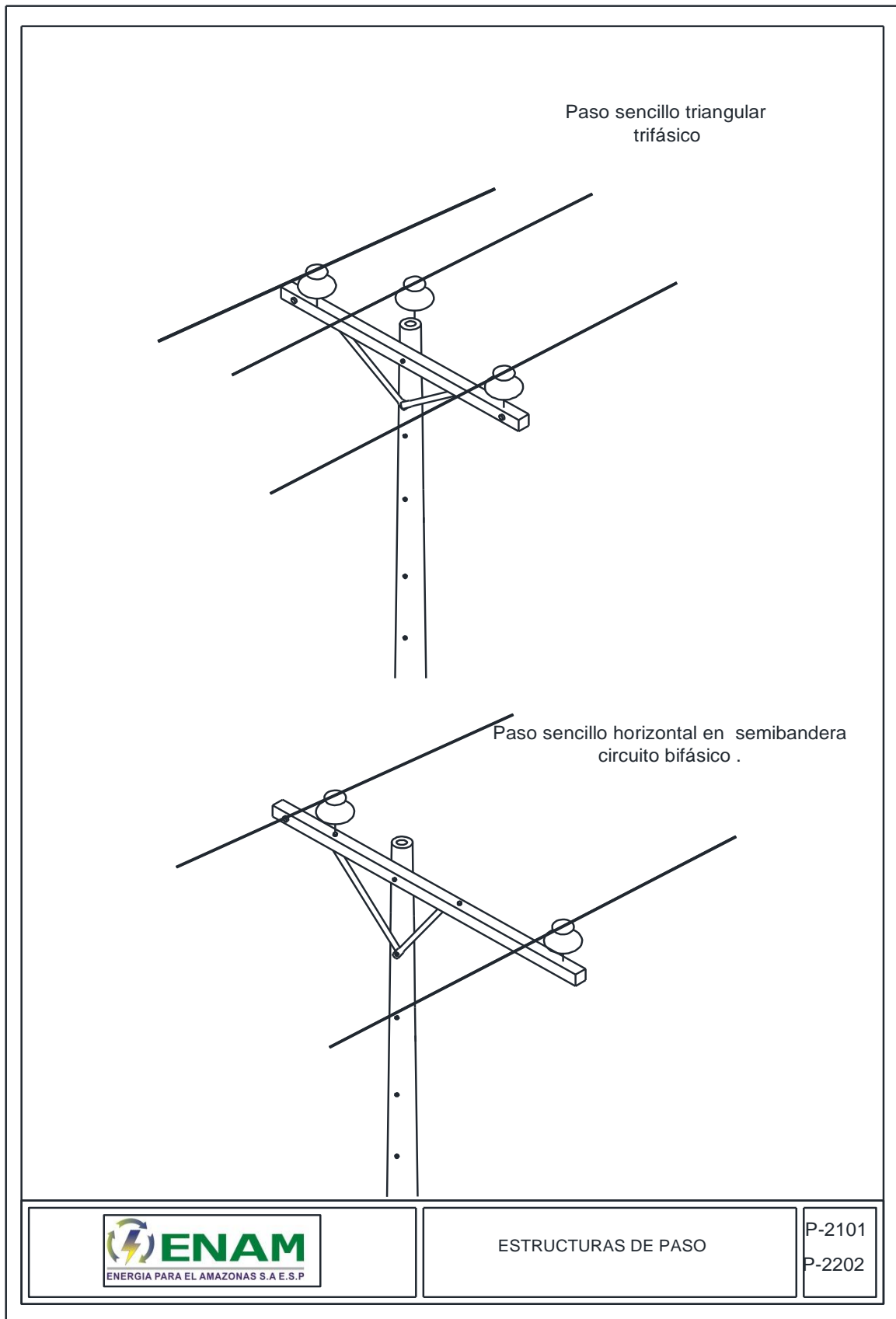
	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## RETENIDA TERMINAL CON PIE DE AMIGO PARA MEDIA TENSIÓN


Cantidad	Código	Unidad	Descripción
2	15550	und	Collarín redondo de 1 salida
1		und	Platina galvanizada de 1/4" de dos ojales
1	113499	und	Poste troncónico de 8m-510kgf

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 112 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 113 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

### PASO SENCILLO TRIANGULAR TRIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
3	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
5		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
1	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
2		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m***
2	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
1		und	Espigo punta de poste
2	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
2	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**

**Notas:**

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

\*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V

### PASO SENCILLO HORIZONTAL EN SEMIBANDERA BIIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
2	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
4		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
1	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
2		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m***
2	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
2	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
2	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**


**Notas:**

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

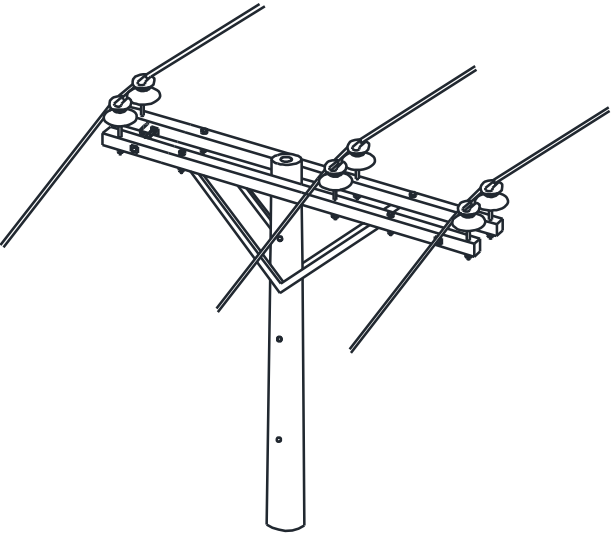
\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

\*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V

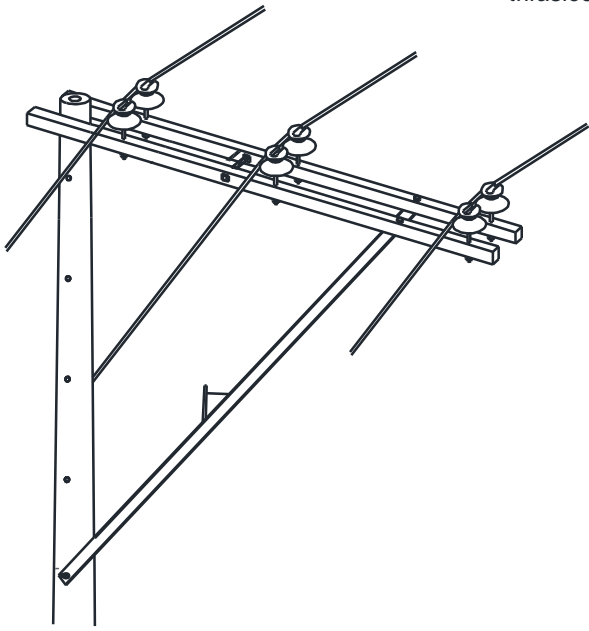
ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 114 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Paso doble PIN horizontal tangencial circuito trifásico.




Paso doble PIN horizontal en bandera circuito trifásico.



	ESTRUCTURAS DE PASO	P-2411 P-2311
---	---------------------	------------------

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 115 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## PASO DOBLE PIN HORIZONTAL TANGENCIAL CIRCUITO TRIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
6	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
8		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
2	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
2	11741	und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m***
6	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
2	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
2	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**

### Notas:

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

\*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V.

## PASO DOBLE PIN HORIZONTAL EN BANDERA CIRCUITO TRIFÁSICO


Cantidad	Código	Unidad	Descripción
6	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
7		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
2	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
2		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 1,2 m
6	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
2	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
2	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**

### Notas:

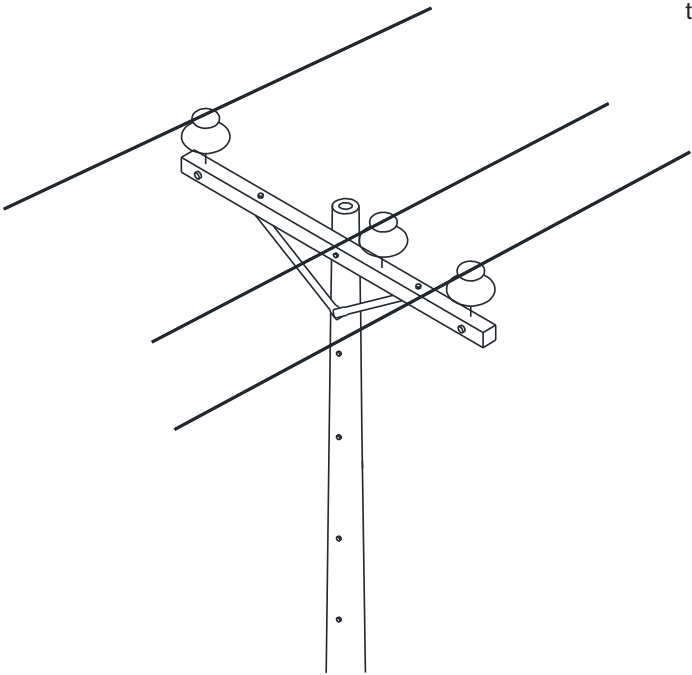
\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

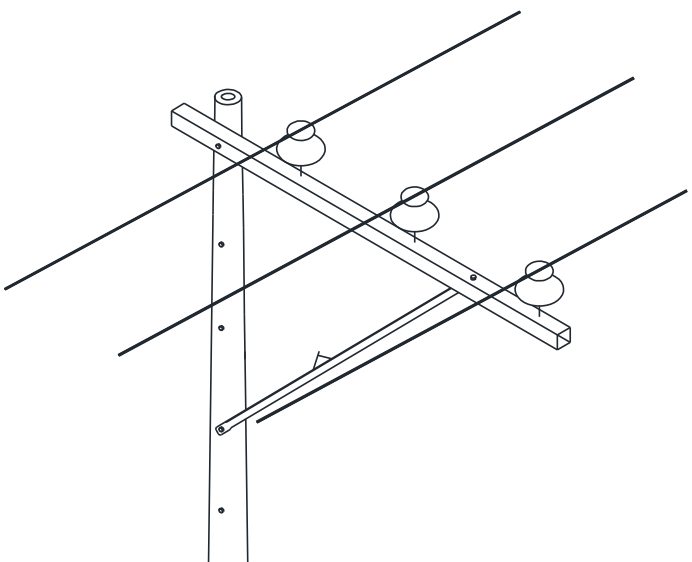
ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 116 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Paso sencillo horizontal tangencial circuito trifásico.



Paso sencillo horizontal en bandera circuito trifásico .






ESTRUCTURAS DE PASO

P-2401  
P-2301

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 117 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## PASO SENCILLO HORIZONTAL TANGENCIAL CIRCUITO TRIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
3	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
5		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
1	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
2		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m***
3	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
2	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
2	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**

### Notas:

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

\*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V.

## PASO SENCILLO HORIZONTAL EN BANDERA CIRCUITO TRIFÁSICO


Cantidad	Código	Unidad	Descripción
3	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
2		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
1	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
1		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 1,2 m
3	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
2	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
1	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**

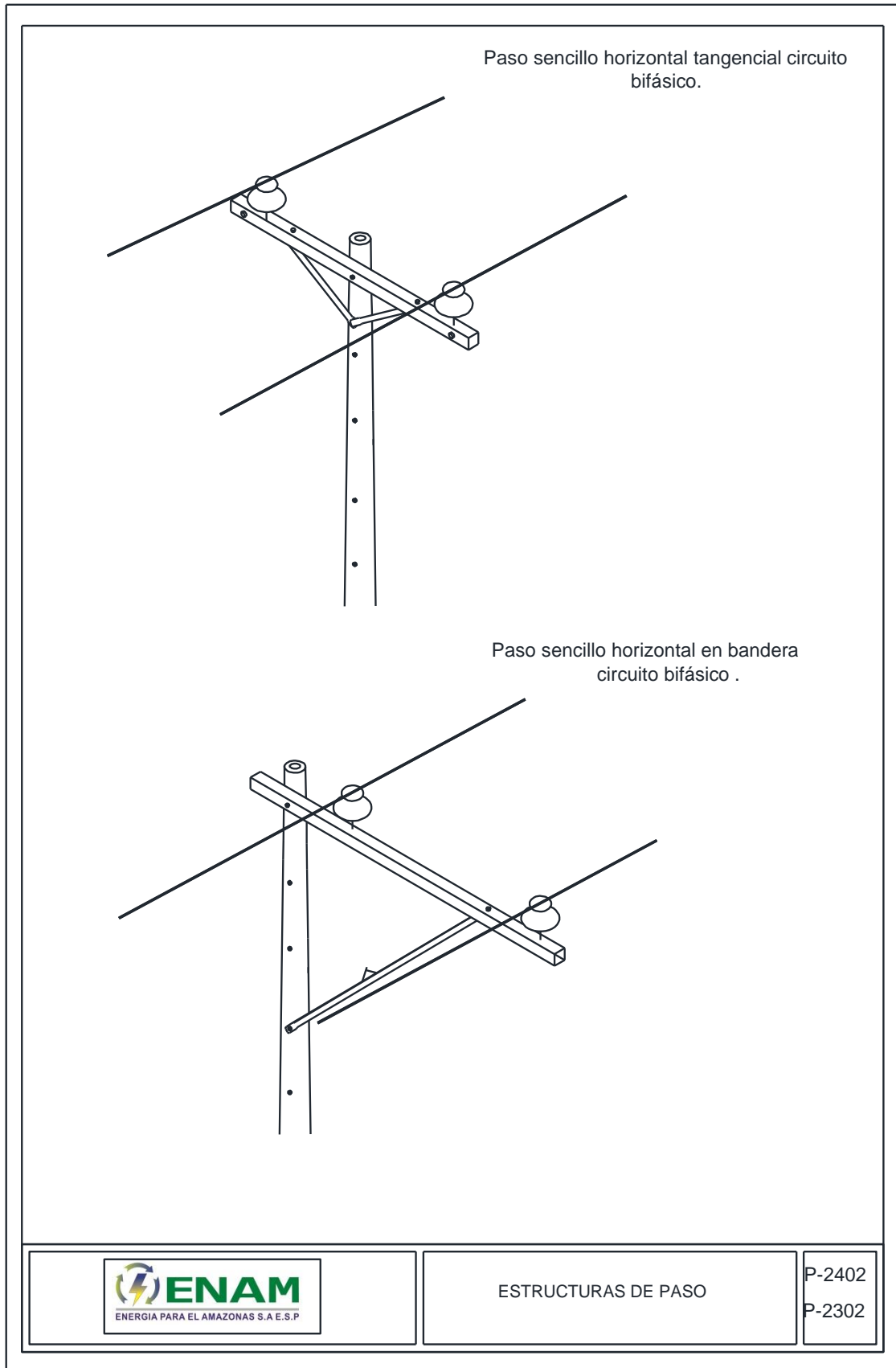
### Notas:

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m


\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 118 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 119 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## PASO SENCILLO HORIZONTAL TANGENCIAL CIRCUITO BIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
2	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
4		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
1	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
2		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m***
2	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
2	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
2	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**

### Notas:

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

\*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V.

## PASO SENCILLO HORIZONTAL EN BANDERA CIRCUITO BIFÁSICO


Cantidad	Código	Unidad	Descripción
2	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
2		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
1	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
1		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 1,2 m
2	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
2	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
1	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**

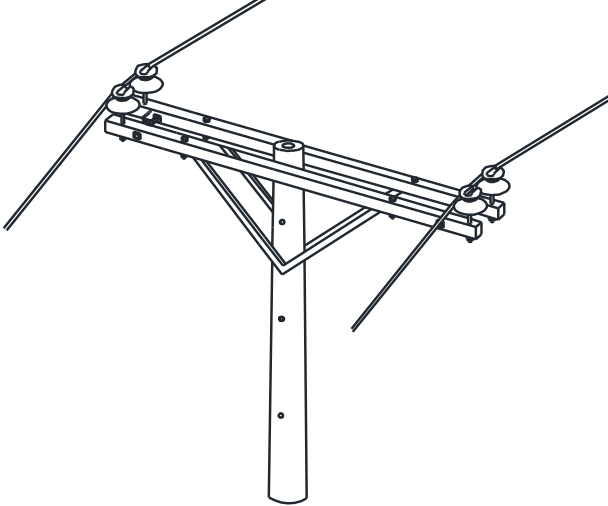
### Notas:

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

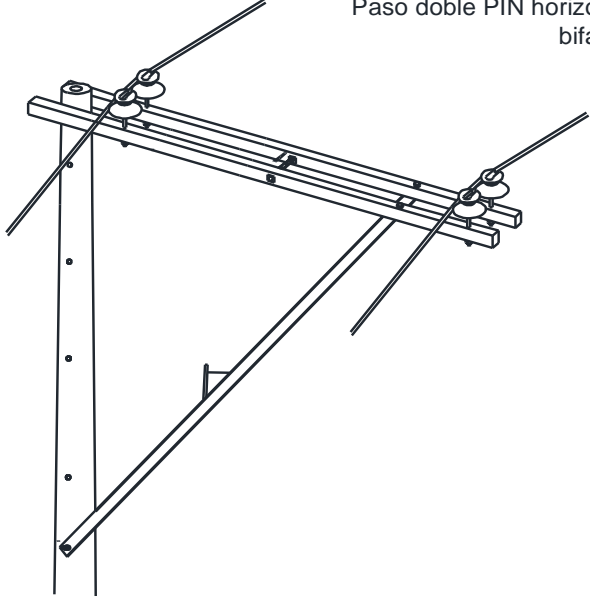
\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 120 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



Paso doble PIN horizontal tangencial circuito bifásico.




Paso doble PIN horizontal en bandera circuito bifásico.



ESTRUCTURAS DE PASO

P-2412  
P-2312

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 121 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

### PASO DOBLE PIN HORIZONTAL TANGENCIAL CIRCUITO BIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
4	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
4		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
2	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
2		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m***
4	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
2	111044	und	Esparrago de 5/8" x 12" con tuercas
2	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
2	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**

**Notas:**

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

\*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V.

### PASO DOBLE PIN HORIZONTAL EN BANDERA CIRCUITO BIFÁSICO


Cantidad	Código	Unidad	Descripción
4	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
4		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
2	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
1		und	Diagonal sencilla de 5/8" x 1,2 m
4	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
2	111044	und	Esparrago de 5/8" x 12" con tuercas
2	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
2	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**

**Notas:**

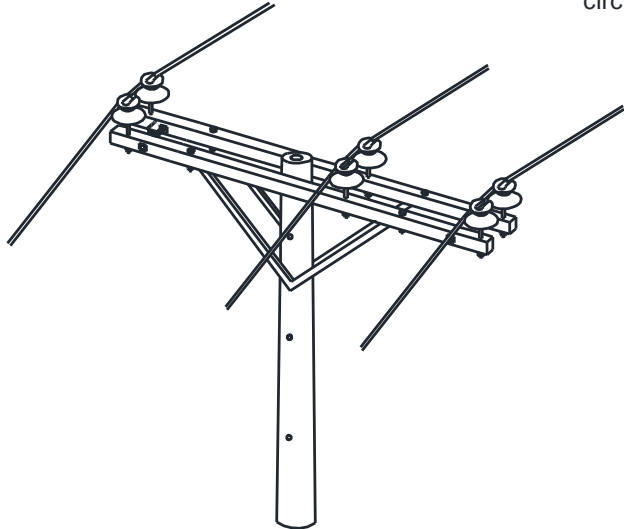
\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m.

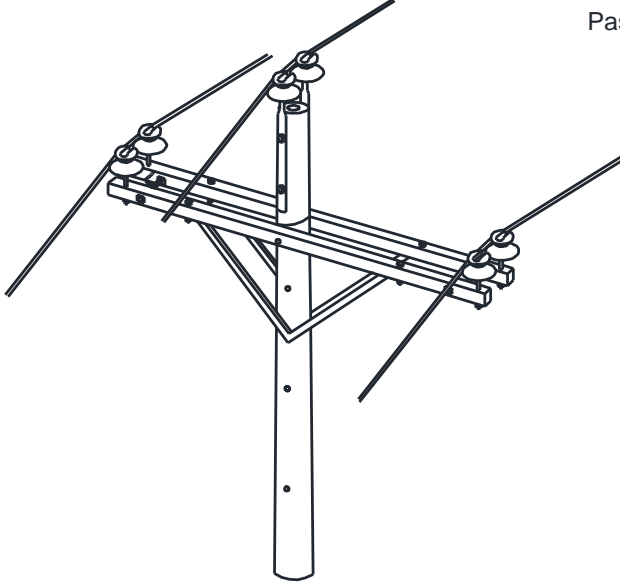
ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 122 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Paso doble PIN horizontal en semibandera  
circuito trifásico.




Paso doble PIN triangular.



	ESTRUCTURAS DE PASO	P-2211 P-2111
---	---------------------	------------------

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 123 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## PASO DOBLE PIN HORIZONTAL EN SEMIBANDERA CIRCUITO TRIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
6	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
4		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
1	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
1		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m***
6	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
2	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
1	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**

### Notas:

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

\*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V.

## PASO DOBLE PIN TRIANGULAR

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
6	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
5		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
1	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
2		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m***
4	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
2		und	Espigo punta de poste
4	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
4	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**


### Notas:

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

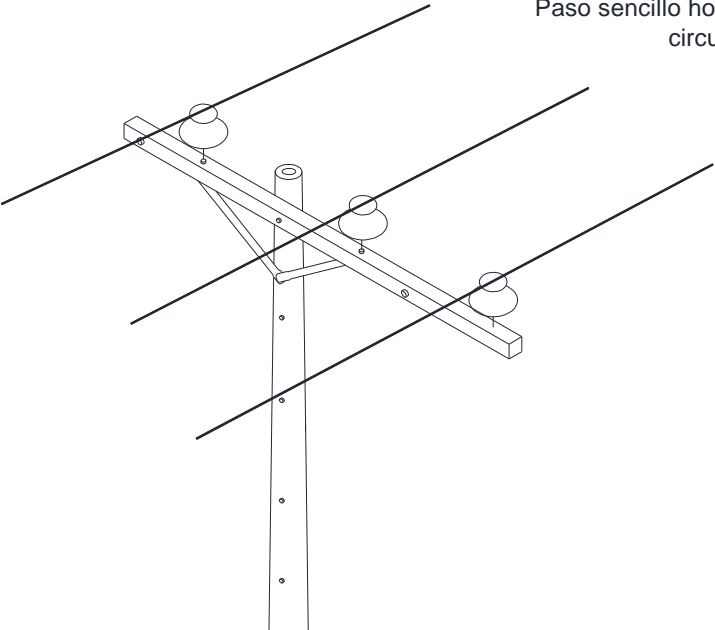
\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

\*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V.

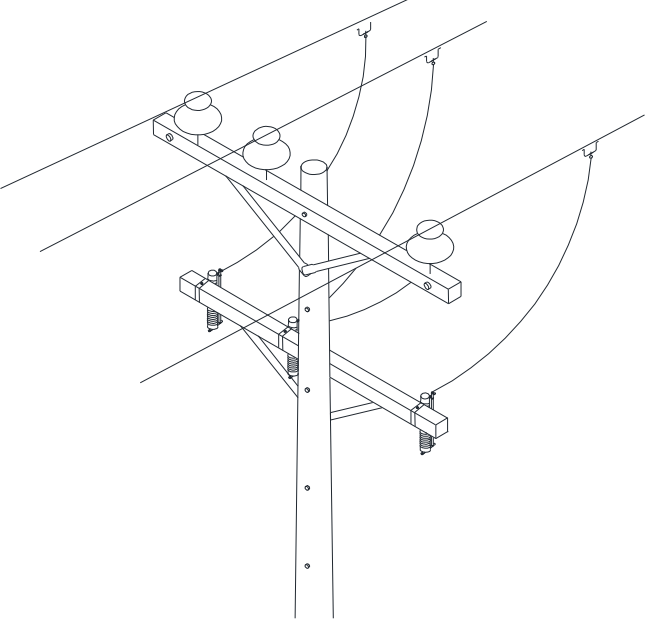
ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 124 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Paso sencillo horizontal en semibandera  
circuito trifásico.




Paso sencillo horizontal tangencial con  
seccionamiento circuito trifásico.



	ESTRUCTURAS DE PASO	P-2201 P-2421
---	---------------------	------------------

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 125 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

### PASO SENCILLO HORIZONTAL EN SEMIBANDERA CIRCUITO TRIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
3	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
2		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
1	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
1		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m***
3	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
2	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
1	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**

**Notas:**

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

\*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V.

### PASO SENCILLO HORIZONTAL TANGENCIAL CON SECCIONAMIENTO CIRCUITO TRIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
3	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
4		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
2	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
2		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m***
3	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
3	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
3	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**
3	112057	und	Seccionador monopolar 15kV 400A


**Notas:**

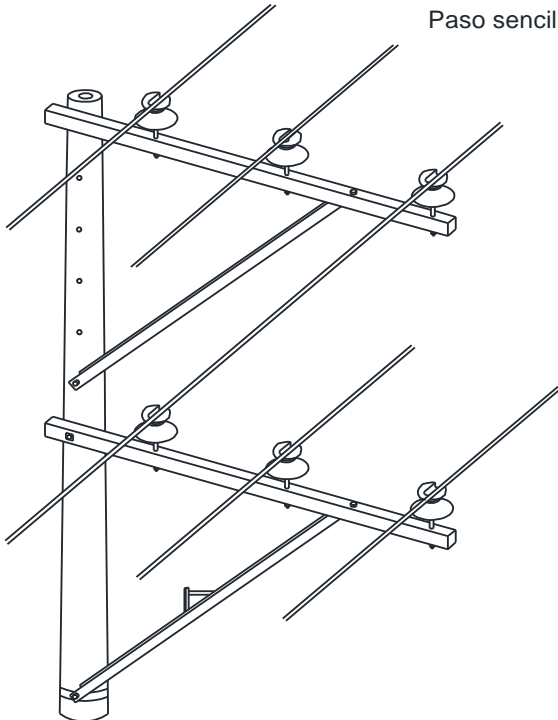
\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

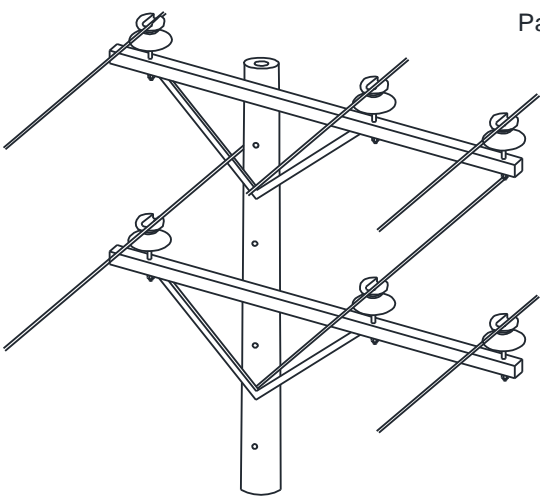
\*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 126 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



Paso sencillo horizontal en bandera doble circuito trifásico.




Paso sencillo horizontal en semibandera doble circuito trifásico.



ESTRUCTURAS DE PASO

P-2331  
P-2231

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 127 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## PASO SENCILLO HORIZONTAL EN BANDERA DOBLE CIRCUITO TRIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
6	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
2		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
2	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
1	11550	und	Collarín redondo de 1 salida
2		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 1,2 m
6	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
3	113217	und	Peno galvanizado de 5/8" x 10"
2	11402	und	Peno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**

### Notas:

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

## PASO SENCILLO HORIZONTAL EN SEMIBANDERA DOBLE CIRCUITO TRIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
6	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
5		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
2	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
2		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 1,2 m***
6	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
4	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
2	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**


### Notas:

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

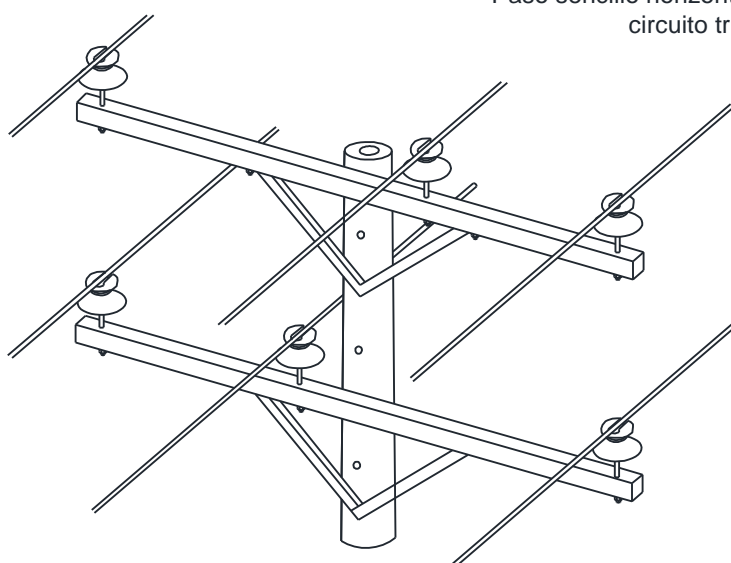
\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

\*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V.

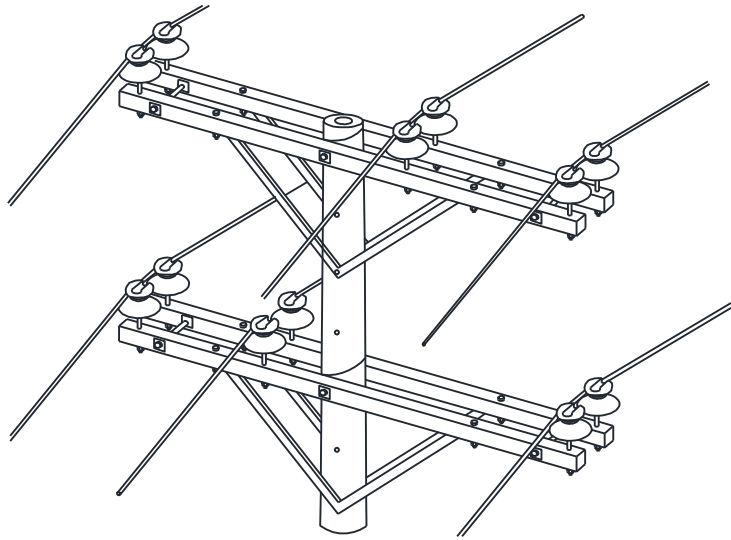
ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 128 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Paso sencillo horizontal tangencial doble circuito trifásico.



Paso doble PIN horizontal tangencial doble circuito trifásico.






ESTRUCTURAS DE PASO

P-2431  
P-2441

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 129 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## PASO SENCILLO HORIZONTAL TANGENCIAL DOBLE CIRCUITO TRIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
6	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
2		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
2	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
2		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m***
6	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
4	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
2	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**

### Notas:

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

\*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V.

## PASO DOBLE PIN HORIZONTAL TANGENCIAL DOBLE CIRCUITO TRIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
12	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
4		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
4	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
4		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m***
12	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
4	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
4	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**


### Notas:

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

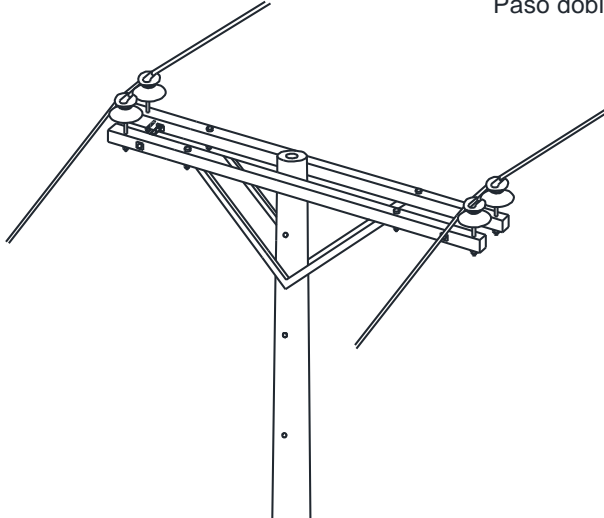
\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

\*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V.

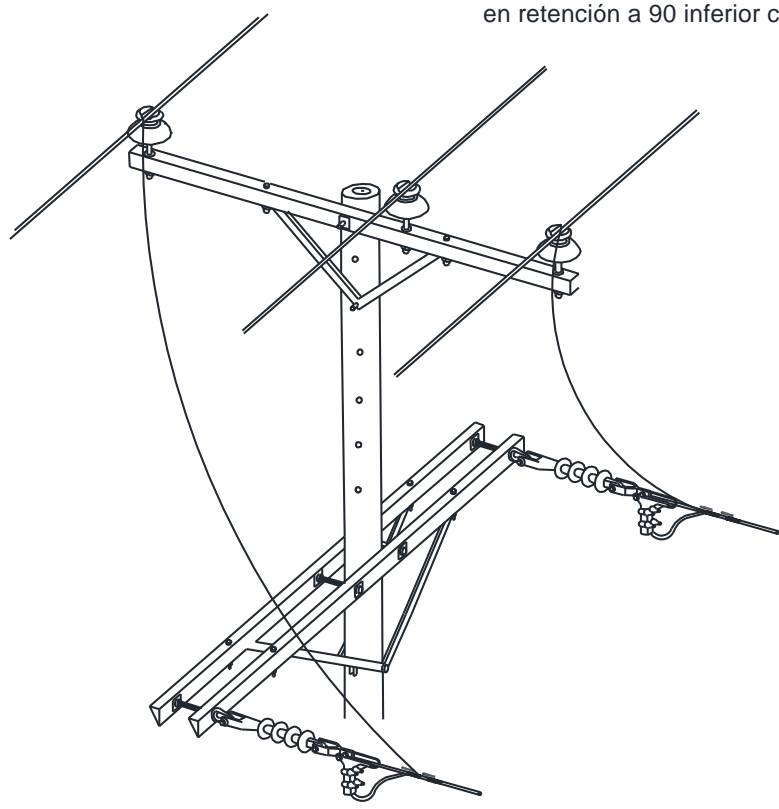
ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 130 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Paso doble PIN horizontal en semibandera circuito bifásico.



Paso sencillo tangencial superior con derivación en retención a 90 inferior circuito bifásico






ESTRUCTURAS DE PASO

P-2242  
P-2452

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 131 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## PASO DOBLE PIN HORIZONTAL EN SEMIBANDERA CIRCUITO BIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
4	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
4		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
2	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
2		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m***
4	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
2	111044	und	Esparrago de 5/8" x 12" con tuercas
2	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
2	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**

### Notas:

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

\*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V.

## PASO SENCILLO TANGENCIAL SUPERIOR CON DERIVACIÓN EN RETENCIÓN A 90°INFERIOR DOBLE CIRCUITO BIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
3	113192	und	Aislador de suspensión polimérico****
3	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
16		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
1	11551	und	Collarín redondo de 2 salidas
3	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
3		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m***
3	111044	und	Esparrago de 5/8" x 12" con tuercas
2	111242	und	Grapa de retención tipo pistola
3	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
3	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
3	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**
2	112495	und	Tuerca de ojo se 5/8"

### Notas:


\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

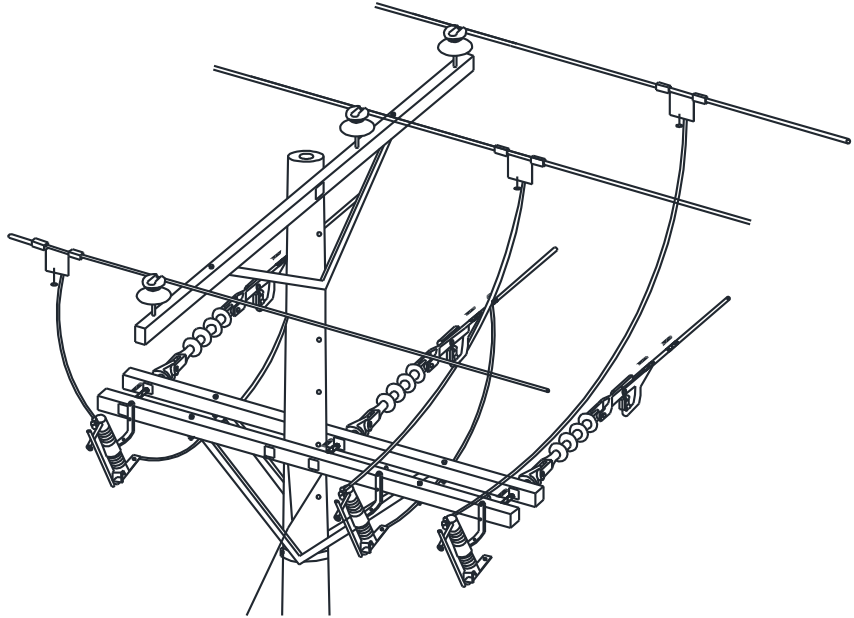
\*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V.

\*\*\*\*Puede cambiarse por 9 aisladores de disco.

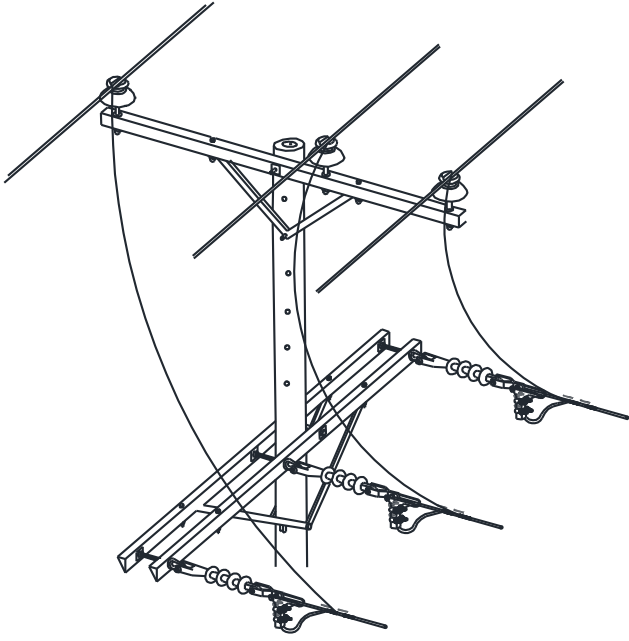
ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 132 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Paso sencillo tangencial superior con derivación en retención a 90 inferior con seccionamiento circuito trifásico



Paso sencillo tangencial superior con derivación en retención a 90 inferior circuito trifásico






ESTRUCTURAS DE PASO

P-2461  
P-2451

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 133 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

### PASO SENCILLO TANGENCIAL SUPERIOR CON DERIVACIÓN EN RETENCIÓN A 90° INFERIOR CON SECCIONAMIENTO CIRCUITO TRIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
3	113192	und	Aislador de suspensión polimérico****
3	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
16		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
1	11551	und	Collarín redondo de 2 salidas
3	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
3		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m***
3	111044	und	Esparrago de 5/8" x 12" con tuercas
3		und	Grapa para operar en caliente
3	111242	und	Grapa de retención tipo pistola
3	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
3	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
3	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**
3	112057	und	Seccionador monopolar 15kV 400A
3	112495	und	Tuerca de ojo se 5/8"


### PASO SENCILLO TANGENCIAL SUPERIOR CON DERIVACIÓN EN RETENCIÓN A 90° INFERIOR CIRCUITO TRIFÁSICO

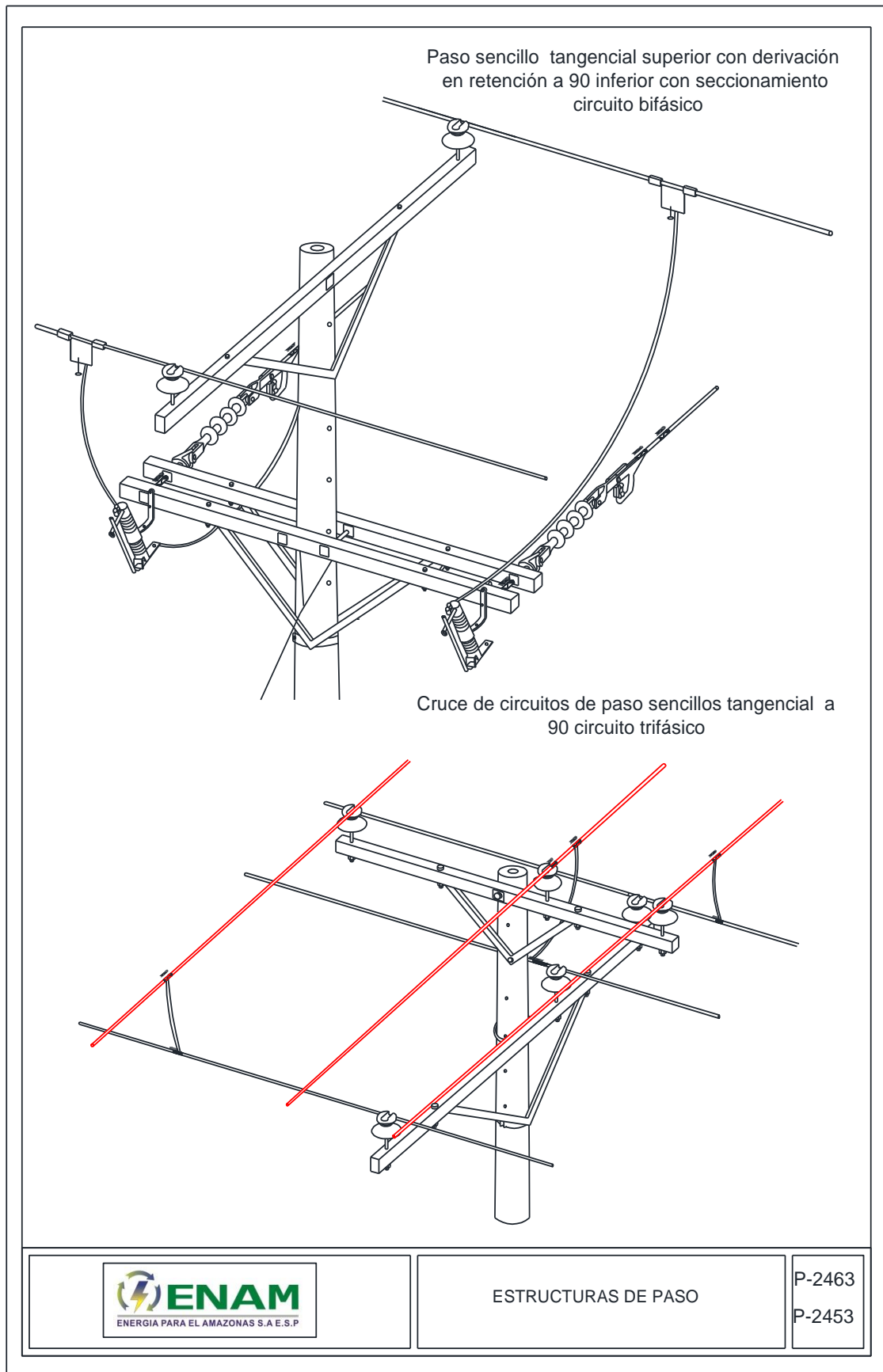
Cantidad	Código	Unidad	Descripción
3	113192	und	Aislador de suspensión polimérico****
3	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
16		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
1	11551	und	Collarín redondo de 2 salidas
3	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
3		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m***
3	111044	und	Esparrago de 5/8" x 12" con tuercas
3	111242	und	Grapa de retención tipo pistola
3	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
3	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
3	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**
3	112495	und	Tuerca de ojo se 5/8"

**Notas:**


\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m \*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m  
 \*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V. \*\*\*\*Puede cambiarse por 9 aisladores de disco.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 134 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 135 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

 <small>ENERGÍA PARA EL AMAZONAS S.A.E.S.P</small>	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## PASO SENCILLO TANGENCIAL SUPERIOR CON DERIVACIÓN EN RETENCIÓN A 90° INFERIOR CON SECCIONAMIENTO CIRCUITO BIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
2	113192	und	Aislador de suspensión polimérico****
2	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
12		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
1	11551	und	Collarín redondo de 2 salidas
3	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
3		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m***
3	111044	und	Esparrago de 5/8" x 12" con tuercas
2		und	Grapa para operar en caliente
2	111242	und	Grapa de retención tipo pistola
2	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
3	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
3	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**
2	112057	und	Seccionador monopolar 15kV 400A
2	112495	und	Tuerca de ojo se 5/8"

## CRUCE DE CIRCUITOS DE PASO TANGENCIAL A 90° CIRCUITO TRIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
6	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
2		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
2	11550	und	Collarín redondo de 1 salida
2	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
2		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m***
6	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
4	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
2	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**

### Notas:


\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

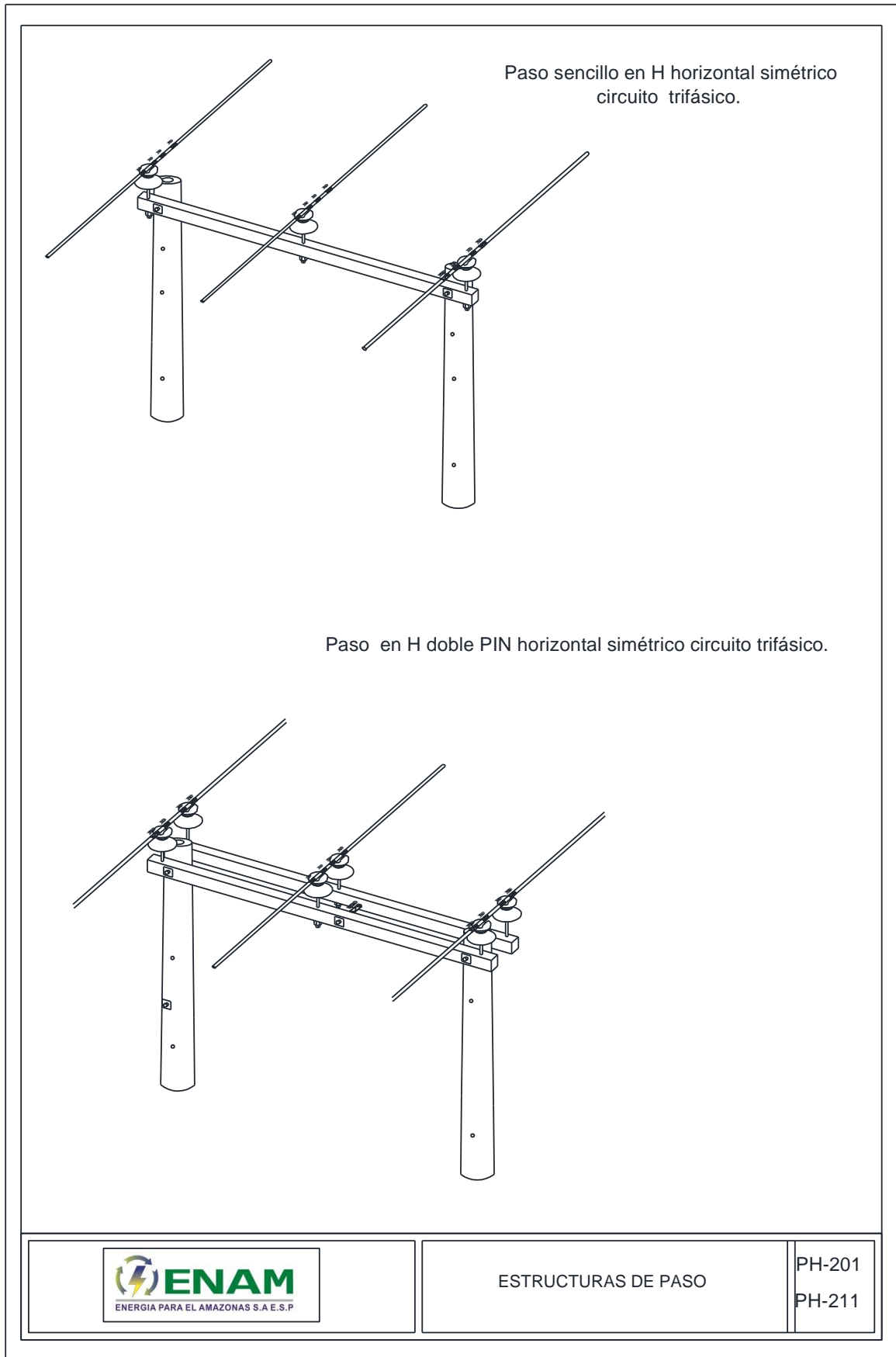
\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

\*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V.


\*\*\*\*Puede cambiarse por aisladores de disco.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 136 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 137 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

### PASO SENCILLO EN H HORIZONTAL SIMETRICO CIRCUITO TRIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
3	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
4		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
1	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
3	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
2	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
2	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**

**Notas:**

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

### PASO SENCILLO EN H DOBLE PIN HORIZONTAL SIMETRICO CIRCUITO TRIFÁSICO


Cantidad	Código	Unidad	Descripción
6	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
4		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
1	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
1	111044	und	Esparrago de 5/8" x 12" con tuercas
6	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
2	111656	und	Perno galvanizado de 5/8" x 12"
2	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**

**Notas:**

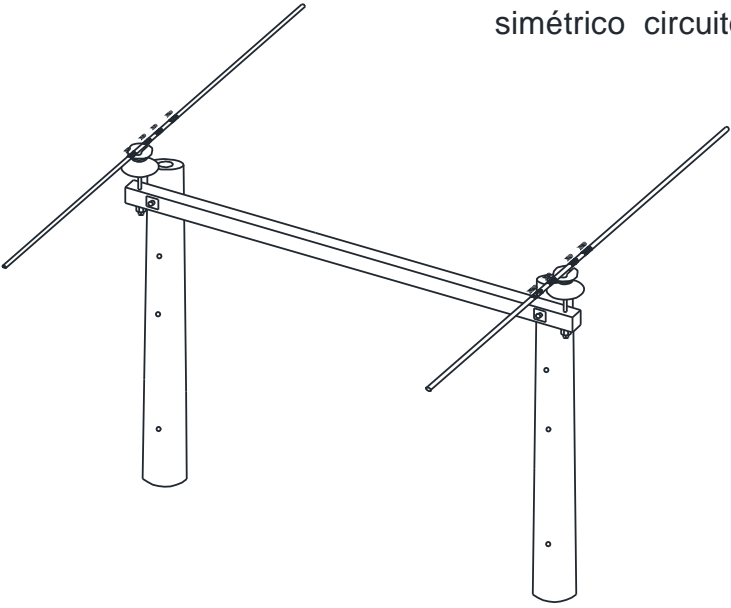
\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

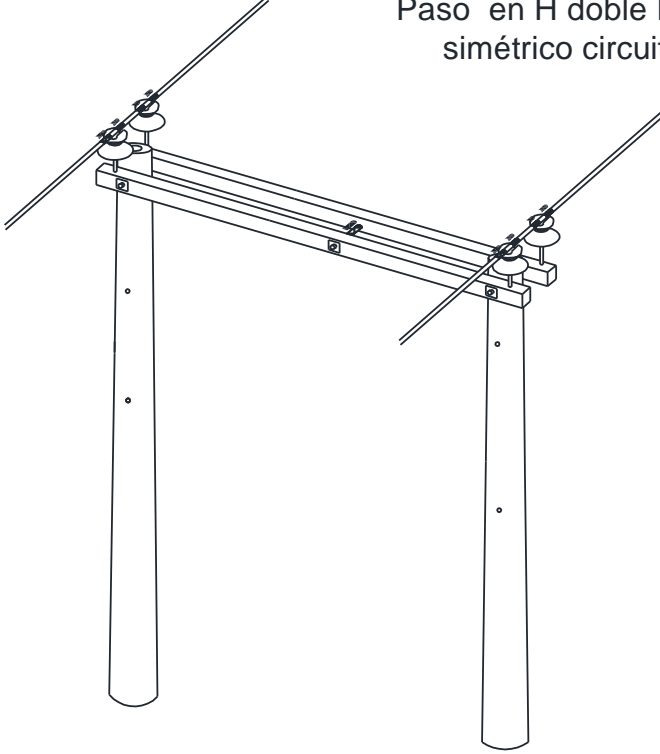
ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 138 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Paso sencillo en H horizontal  
simétrico circuito bifásico.



Paso en H doble PIN horizontal  
simétrico circuito bifásico.






ESTRUCTURAS DE PASO

PH-202  
PH-212

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 139 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

### PASO SENCILLO EN H HORIZONTAL SIMETRICO CIRCUITO BIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
2	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
4		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
1	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
2	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
2	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
2	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**

**Notas:**

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

### PASO SENCILLO EN H DOBLE PIN HORIZONTAL SIMETRICO CIRCUITO BIFÁSICO


Cantidad	Código	Unidad	Descripción
4	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
4		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
1	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
1	111044	und	Esparrago de 5/8" x 12" con tuercas
4	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
2	111656	und	Perno galvanizado de 5/8" x 12"
2	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**

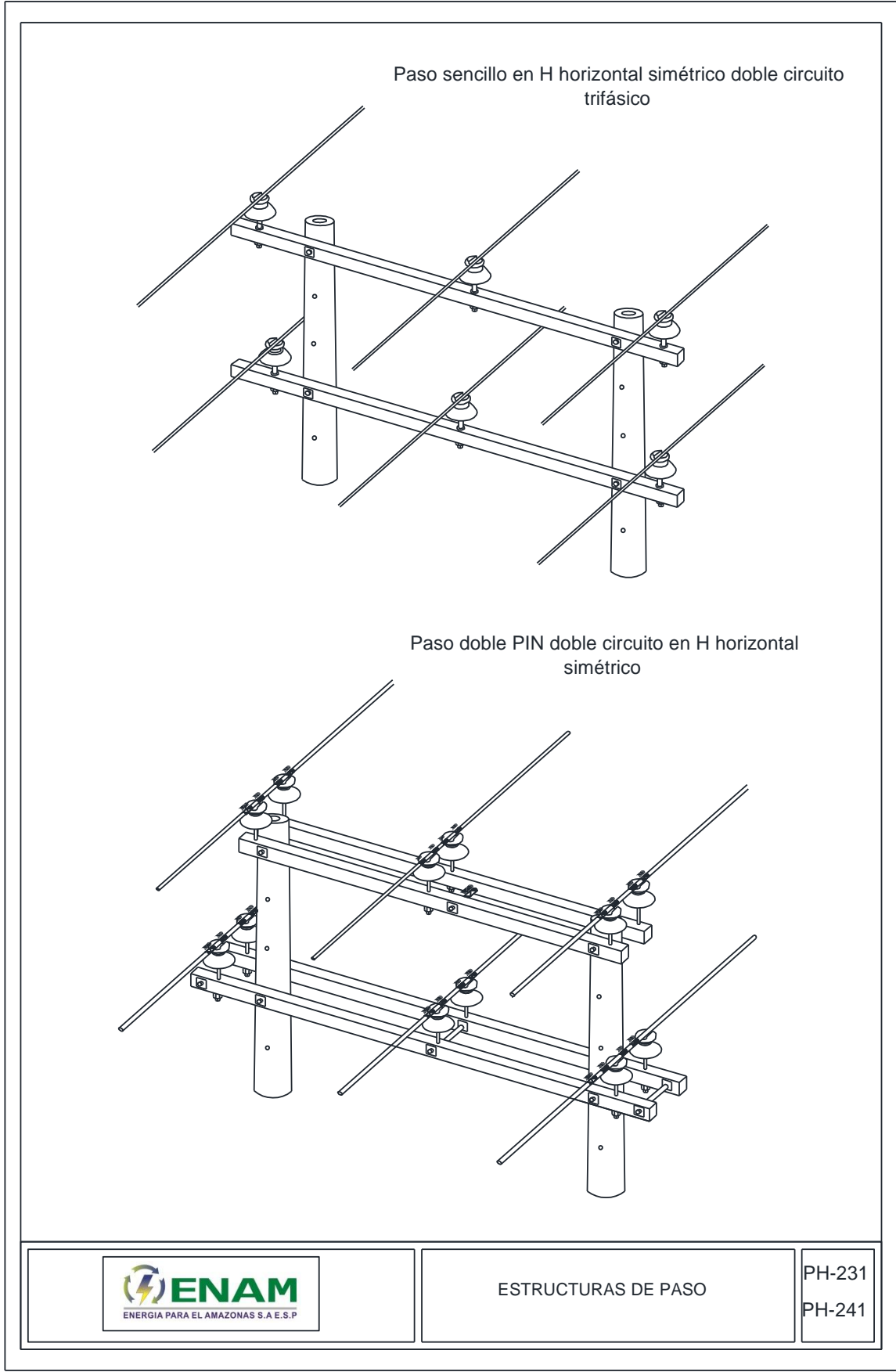
**Notas:**

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m


\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 140 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 141 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

### PASO SENCILLO EN H HORIZONTAL SIMETRICO CIRCUITO BIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
6	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
4		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
2	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
6	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
4	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
2	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**

**Notas:**

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

### PASO SENCILLO EN H DOBLE PIN HORIZONTAL SIMETRICO CIRCUITO BIFÁSICO


Cantidad	Código	Unidad	Descripción
12	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
8		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
4	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
4	111044	und	Esparrago de 5/8" x 12" con tuercas
12	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
2	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
2	111656	und	Perno galvanizado de 5/8" x 12"
2	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**

**Notas:**

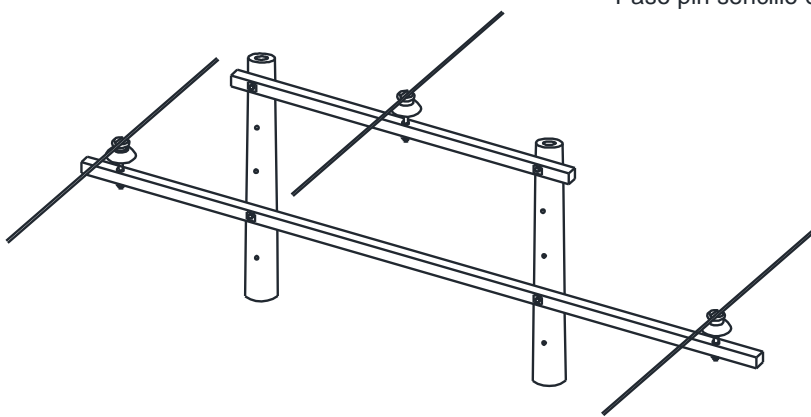
\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

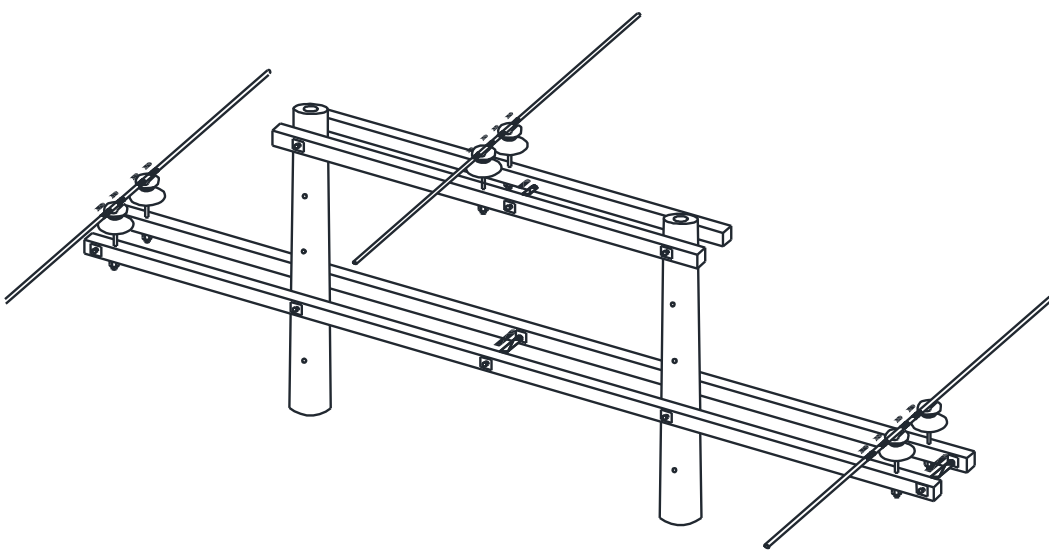
ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 142 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Paso pin sencillo en H doble plano



Paso doble PIN en H doble plano






ESTRUCTURAS DE PASO

PH-203  
PH-213

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 143 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

### PASO PIN SENCILLO EN H DOBLE PLANO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
3	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
8		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
1	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
1		und	Cruceta metálica de 4 m
3	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
2	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
2	111656	und	Perno galvanizado de 5/8" x 12"
2	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**

**Notas:**

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

### PASO DOBLE PIN EN H DOBLE PLANO


Cantidad	Código	Unidad	Descripción
6	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
8		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
2	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
2		und	Cruceta metálica de 4 m
6	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
4	111044	und	Esparrago de 5/8" x 12" con tuercas
2	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
2	111656	und	Perno galvanizado de 5/8" x 12"
2	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**

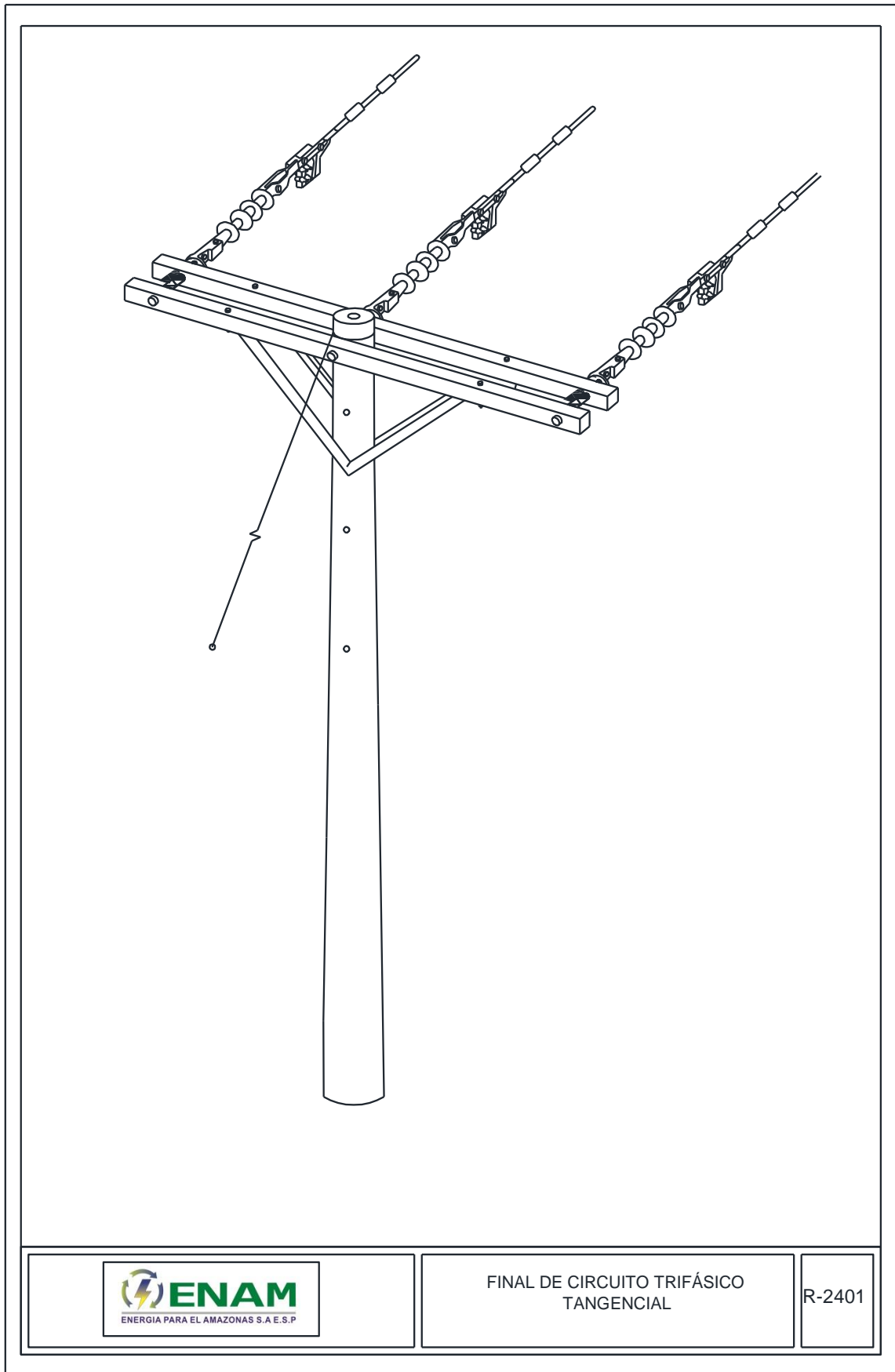
**Notas:**

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m


\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 144 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 145 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## FINAL DE CIRCUITO TANGENCIAL TRIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
3	113192	und	Aislador de suspensión polimérico****
4		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
2	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
2		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m***
3	111044	und	Esparrago de 5/8" x 12" con tuercas
3	111242	und	Grapa de retención tipo pistola
1	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
4	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**
1			Templete para MT*****
3	112495	und	Tuerca de ojo se 5/8"

**Notas:**

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m


\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

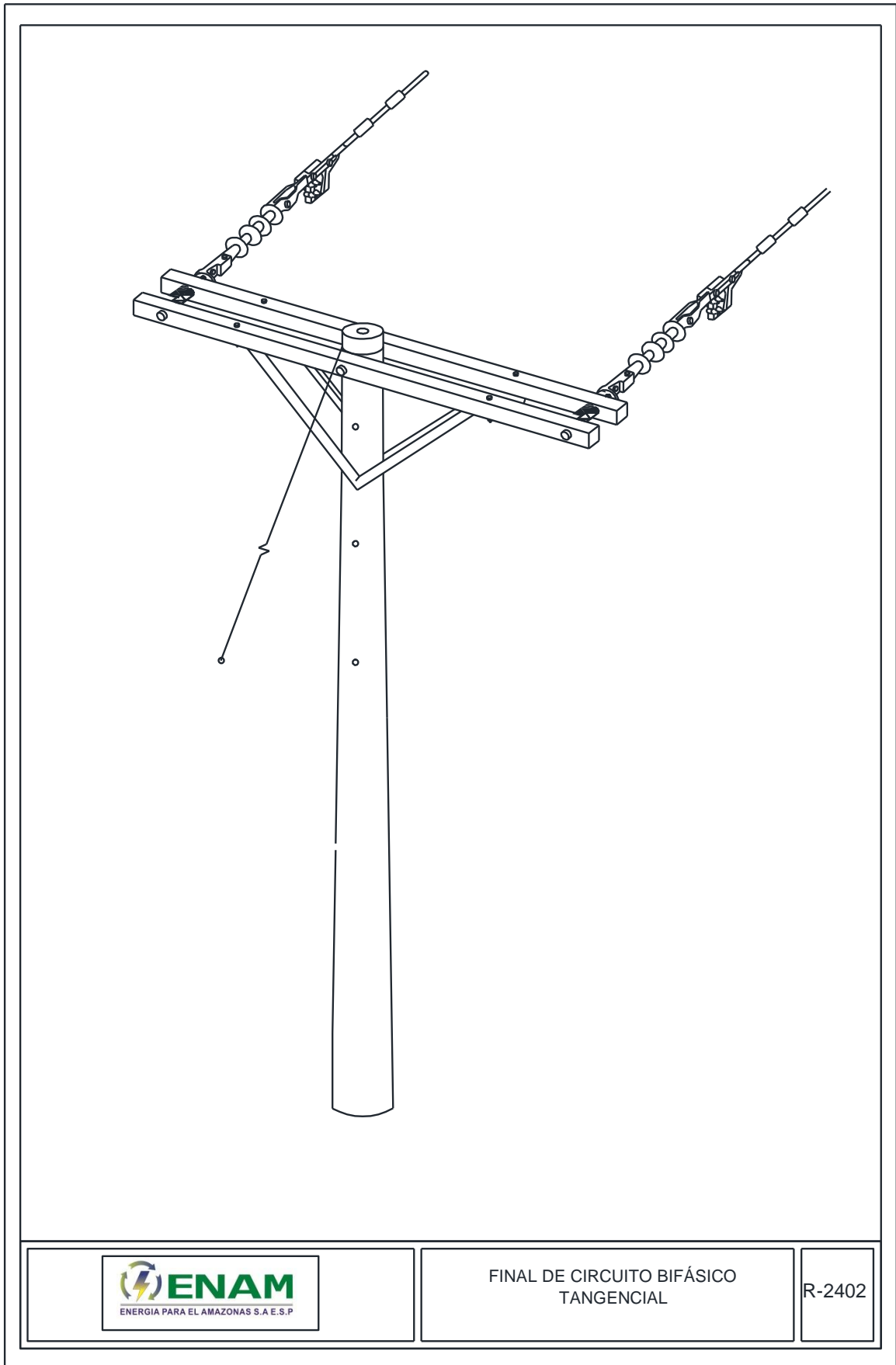
\*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V.

\*\*\*\*Puede cambiarse por 9 aisladores de disco.


\*\*\*\*\* Según se requiera, retenida aérea o retenida a tierra.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 146 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 147 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## FINAL DE CIRCUITO TANGENCIAL BIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
2	113192	und	Aislador de suspensión polimérico****
4		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
2	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
2		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m***
3	111044	und	Esparrago de 5/8" x 12" con tuercas
2	111242	und	Grapa de retención tipo pistola
1	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
4	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**
1			Templete para MT*****
2	112495	und	Tuerca de ojo se 5/8"

**Notas:**

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m


\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

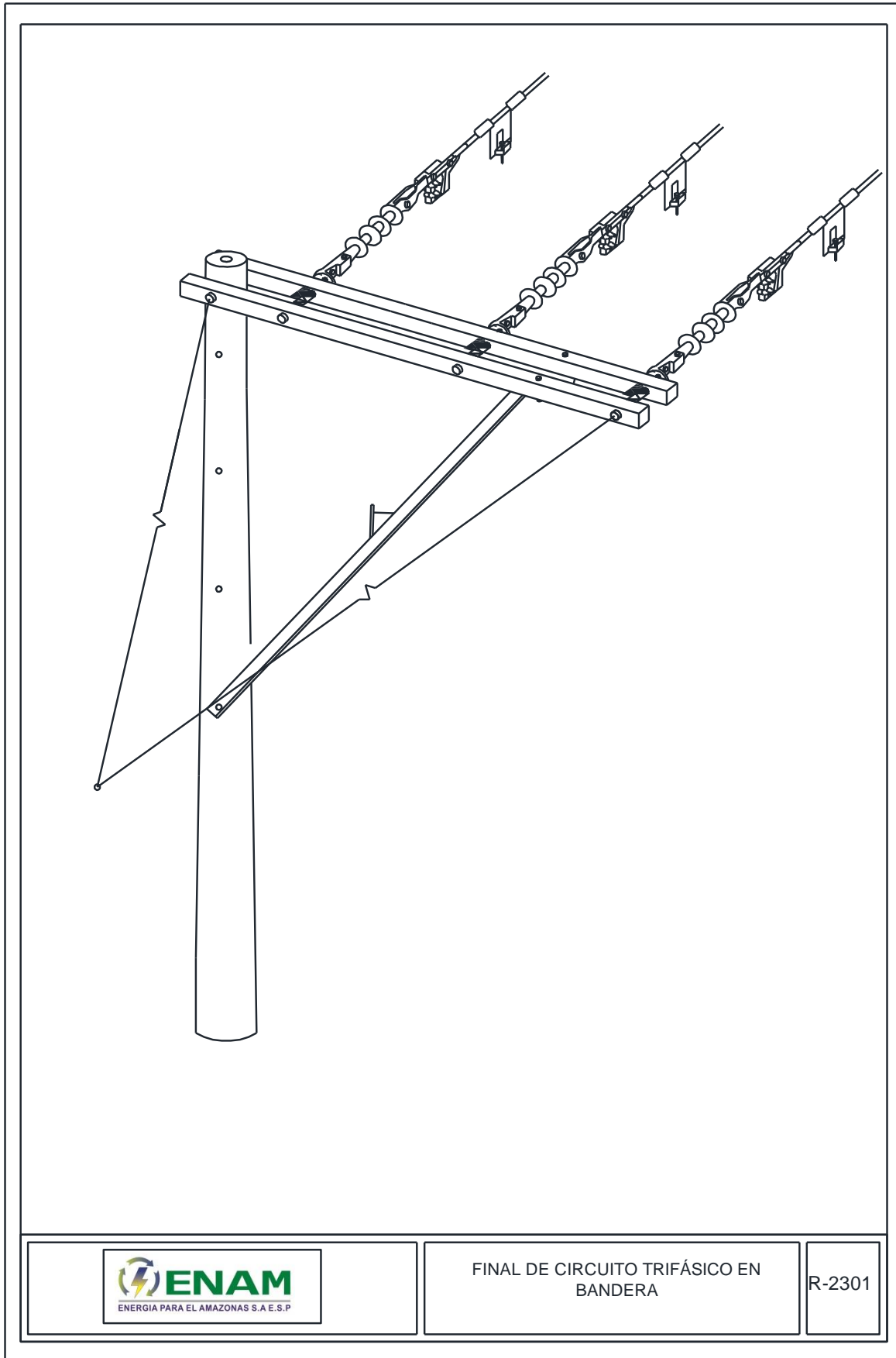
\*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V.

\*\*\*\*Puede cambiarse por 6 aisladores de disco.


\*\*\*\*\* Según se requiera, retenida aérea o retenida a tierra.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 148 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

 <b>ENAM</b> <small>ENERGÍA PARA EL AMAZONAS S.A.E.S.P</small>	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 149 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## FINAL DE CIRCUITO TRIFÁSICO EN BANDERA

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
3	113192	und	Aislador de suspensión polimérico****
4		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
2	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
2		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 1,2 m
3	111044	und	Esparrago de 5/8" x 12" con tuercas
3	111242	und	Grapa de retención tipo pistola
3	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
2	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**
1			Templete para MT*****
3	112495	und	Tuerca de ojo se 5/8"


**Notas:**

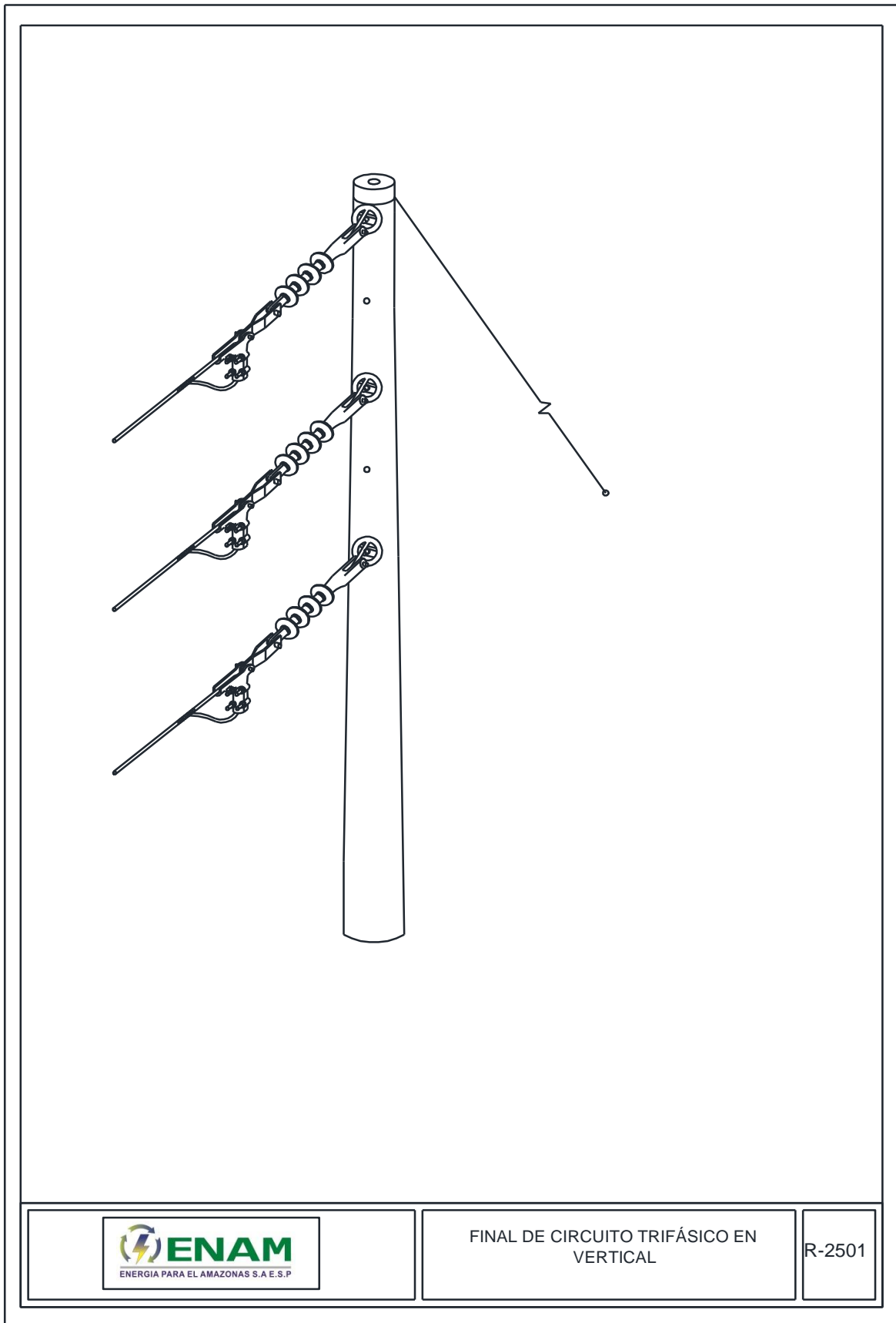
\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

\*\*\*\*Puede cambiarse por 9 aisladores de disco


\*\*\*\*\* Según se requiera, retenida aérea o retenida a tierra.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 150 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 151 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

### FINAL DE CIRCUITO TRIFÁSICO EN VERTICAL

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
3	113192	und	Aislador de suspensión polimérico****
6		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
3	111242	und	Grapa de retención tipo pistola
3	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
1	111656	und	Perno galvanizado de 5/8" x 12"
2	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**
1			Templete para MT*****
3	112495	und	Tuerca de ojo se 5/8"

**Notas:**


\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

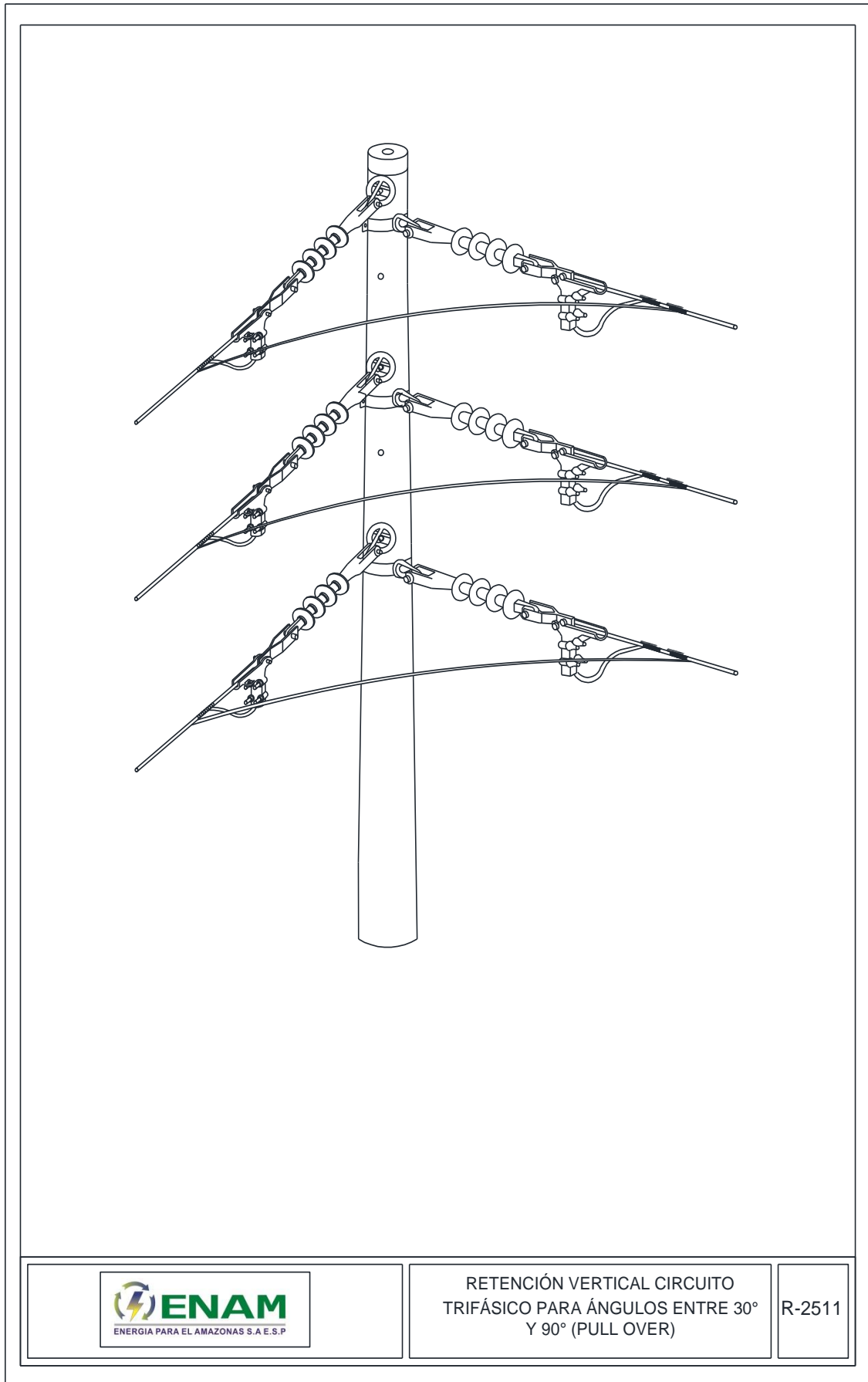
\*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V.

\*\*\*\*Puede cambiarse por 9 aisladores de disco


\*\*\*\*\* Según se requiera, retenida aérea o retenida a tierra.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 152 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 153 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## RETENCIÓN VERTICAL CIRCUITO TRIFÁSICO PARA ANGULOS ENTRE 30° Y 90° (PULL OVER)

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
6	113192	und	Aislador de suspensión polimérico****
6		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
3	11550	und	Collarín redondo de 1 salida
6	111242	und	Grapa de retención tipo pistola
2	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
1	111656	und	Perno galvanizado de 5/8" x 12"
3	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**
1			Templete para MT*****
6	112495	und	Tuerca de ojo se 5/8"

**Notas:**


\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

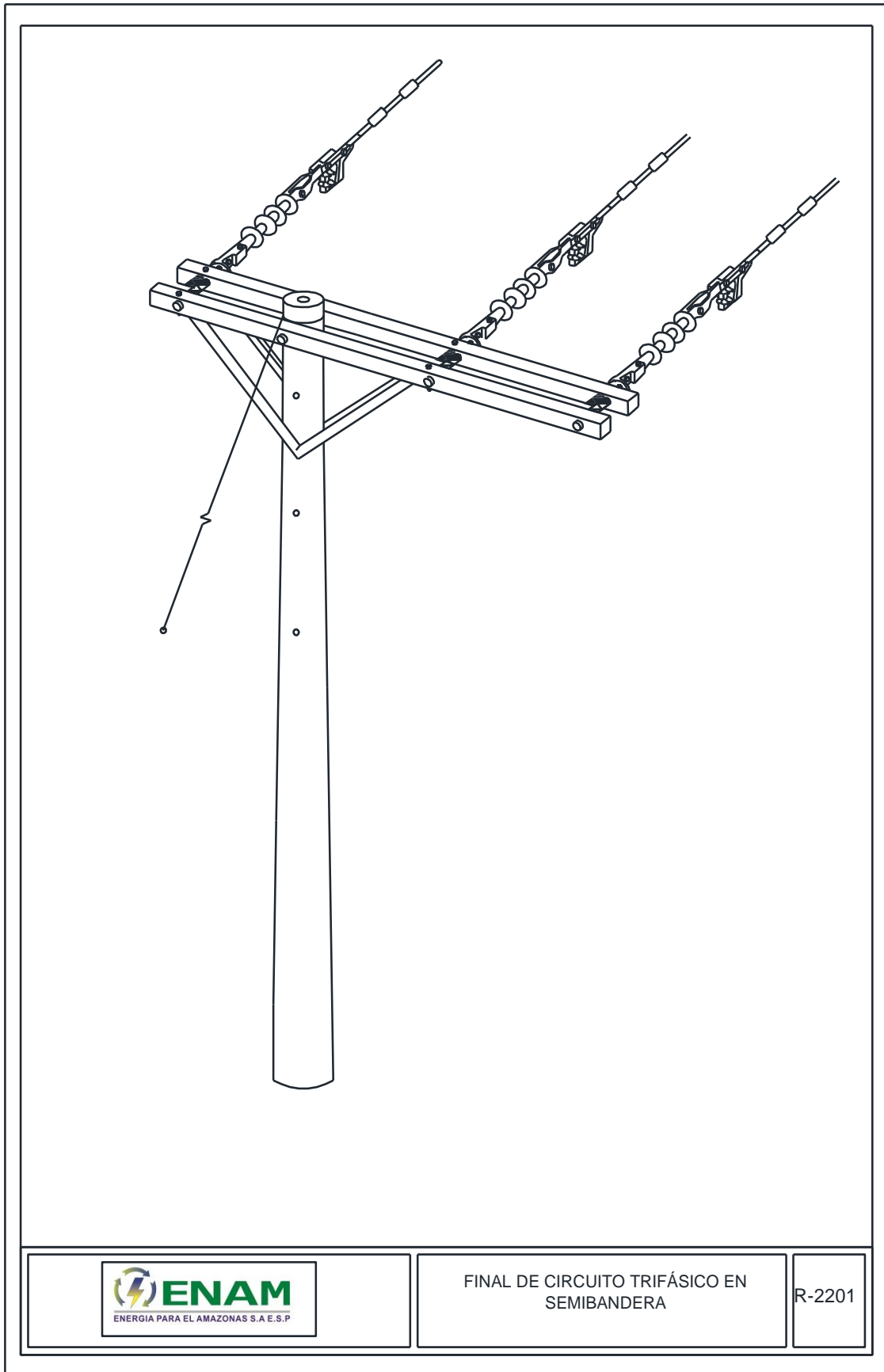
\*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V.

\*\*\*\*Puede cambiarse por aisladores de disco


\*\*\*\*\* Según se requiera, retenida aérea o retenida a tierra.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 154 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 155 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

### FINAL DE CIRCUITO TRIFÁSICO EN BANDERA

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
3	113192	und	Aislador de suspensión polimérico****
4		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
2	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
2		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m
3	111044	und	Esparrago de 5/8" x 12" con tuercas
3	111242	und	Grapa de retención tipo pistola
3	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
2	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**
1			Templete para MT*****
3	112495	und	Tuerca de ojo se 5/8"

**Notas:**


\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

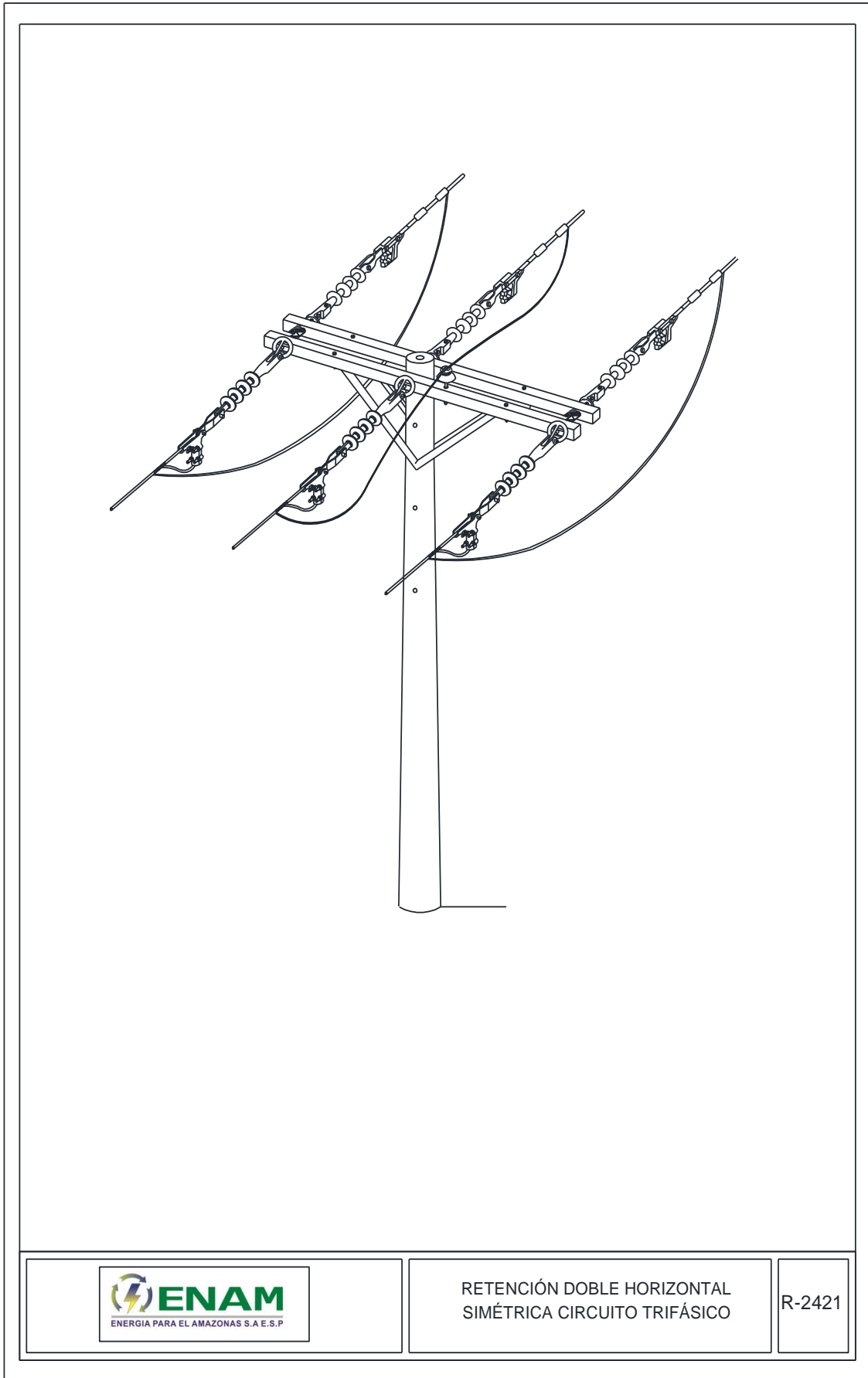
\*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V.

\*\*\*\*Puede cambiarse por aisladores de disco


\*\*\*\*\* Según se requiera, retenida aérea o retenida a tierra.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 156 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 157 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## RETENCIÓN DOBLE HORIZONTAL SIMÉTRICA CIRCUITO TRIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
6	113192	und	Aislador de suspensión polimérico****
1	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
4		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
2	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
2		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m
3	111044	und	Esparrago de 5/8" x 12" con tuercas
1	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
6	111242	und	Grapa de retención tipo pistola
1	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
2	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**
6	112495	und	Tuerca de ojo se 5/8"


**Notas:**

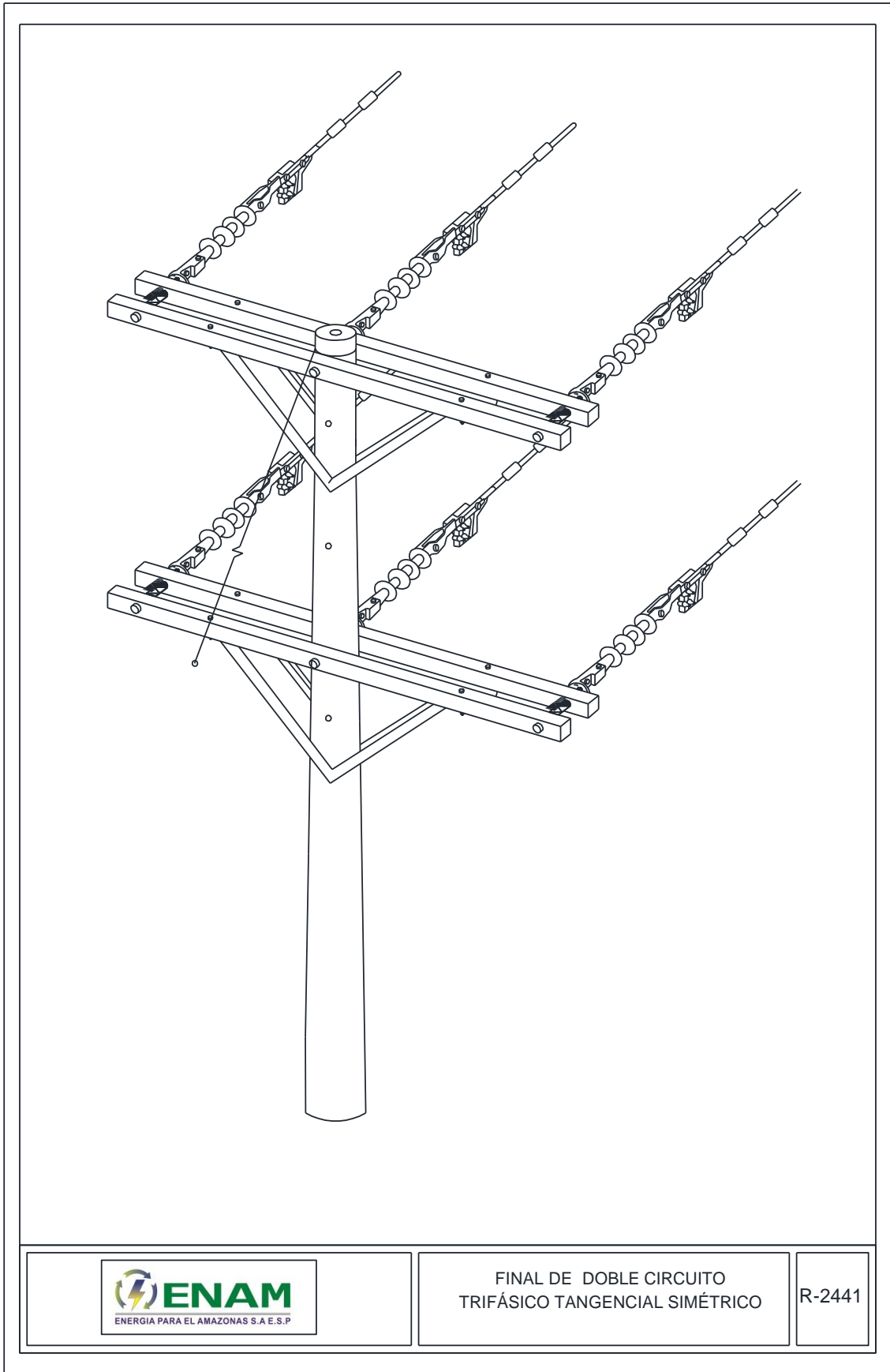
\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

\*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V.


\*\*\*\*Puede cambiarse por aisladores de disco

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 158 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 159 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## FINAL DE DOBLE CIRCUITO TRIFÁSICO TANGENCIAL SIMÉTRICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
6	113192	und	Aislador de suspensión polimérico****
4		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
2	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
2		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m
3	111044	und	Esparrago de 5/8" x 12" con tuercas
1	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
6	111242	und	Grapa de retención tipo pistola
1	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
1	111656	und	Perno galvanizado de 5/8" x 12"
4	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**
1			Templete para MT*****
6	112495	und	Tuerca de ojo se 5/8"

**Notas:**


\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

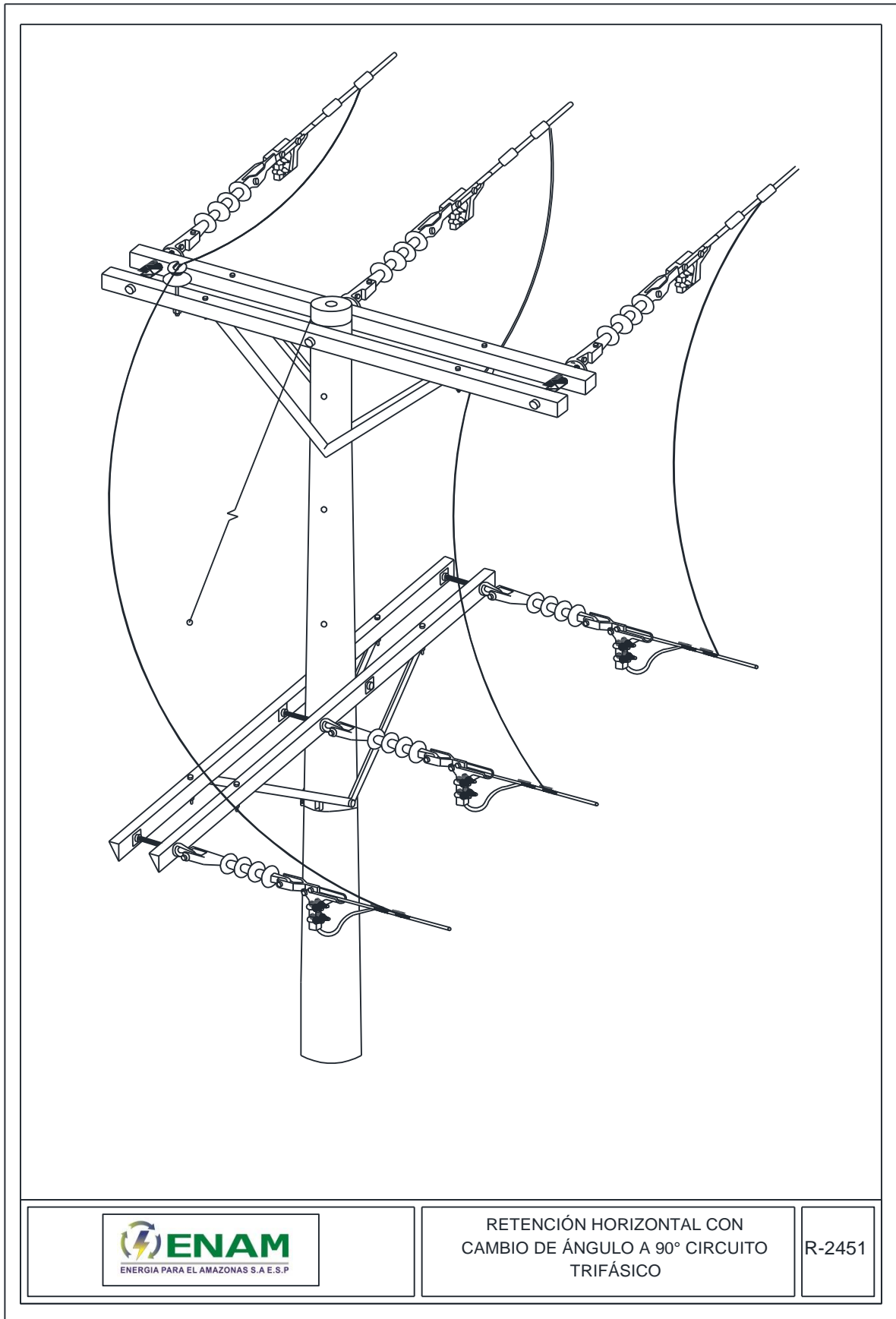
\*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V.

\*\*\*\*Puede cambiarse por aisladores de disco


\*\*\*\*\* Según se requiera, retenida aérea o retenida a tierra.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 160 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 161 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## RETENCIÓN HORIZONTAL CON CAMBIO DE ÁNGULO A 90° CIRCUITO TRIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
6	113192	und	Aislador de suspensión polimérico****
1	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
4		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
1	11551	und	Collarín redondo de 2 salidas
4	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
4		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m***
7	111044	und	Esparrago de 5/8" x 12" con tuercas
6	111242	und	Grapa de retención tipo pistola
1	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
2	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
4	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**
1			Templete para MT*****
6	112495	und	Tuerca de ojo se 5/8"

**Notas:**

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m


\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

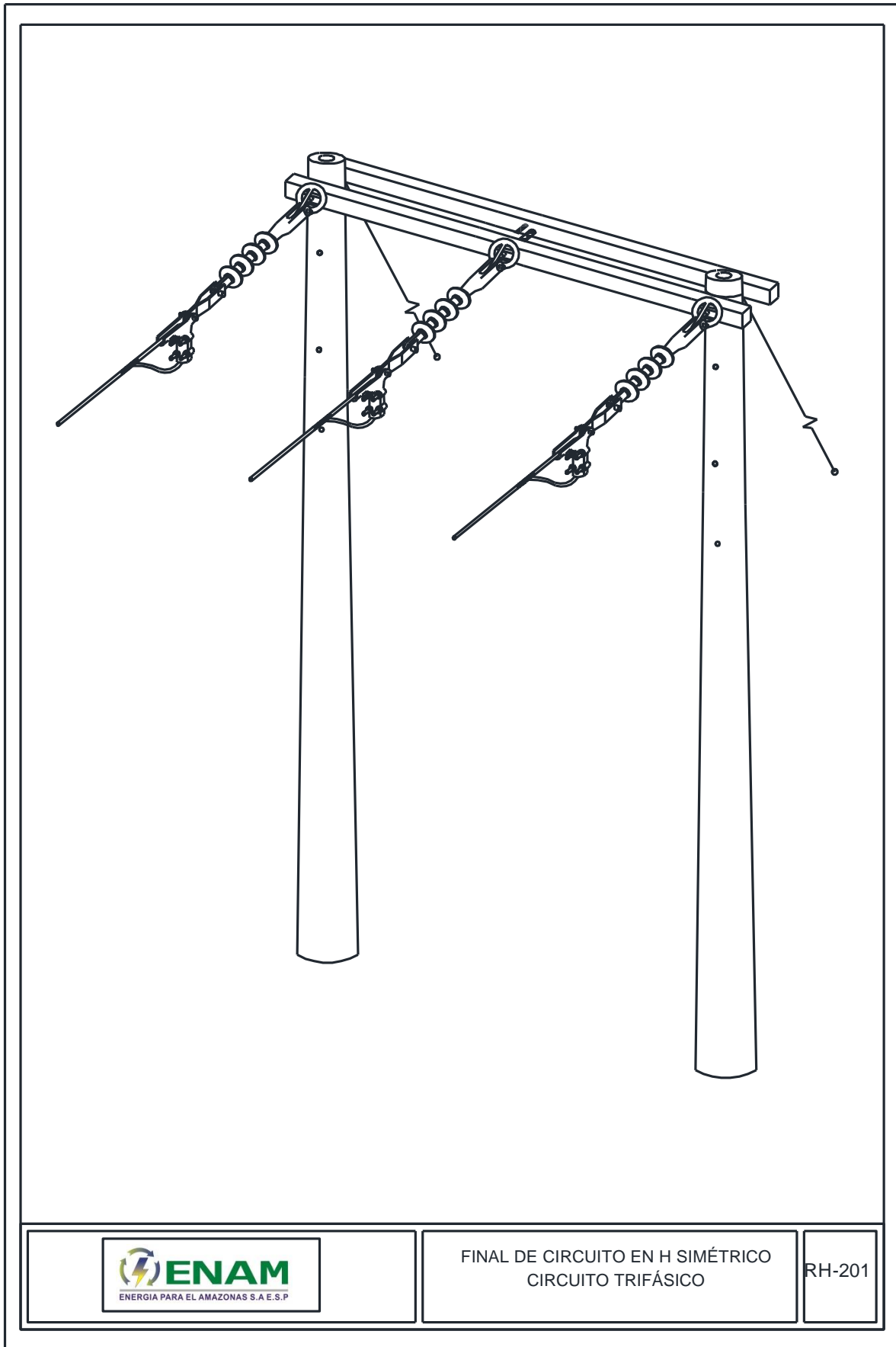
\*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V.

\*\*\*\*Puede cambiarse por aisladores de disco.


\*\*\*\*\* Según se requiera, retenida aérea o retenida a tierra.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 162 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 163 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## FINAL DE CIRCUITO EN H SIMÉTRICO CIRCUITO TRIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
3	113192	und	Aislador de suspensión polimérico****
4		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
2	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
7	111044	und	Esparrago de 5/8" x 12" con tuercas
3	111242	und	Grapa de retención tipo pistola
2	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
4	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
2	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**
2			Templete para MT*****
3	112495	und	Tuerca de ojo se 5/8"

**Notas:**

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m


\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

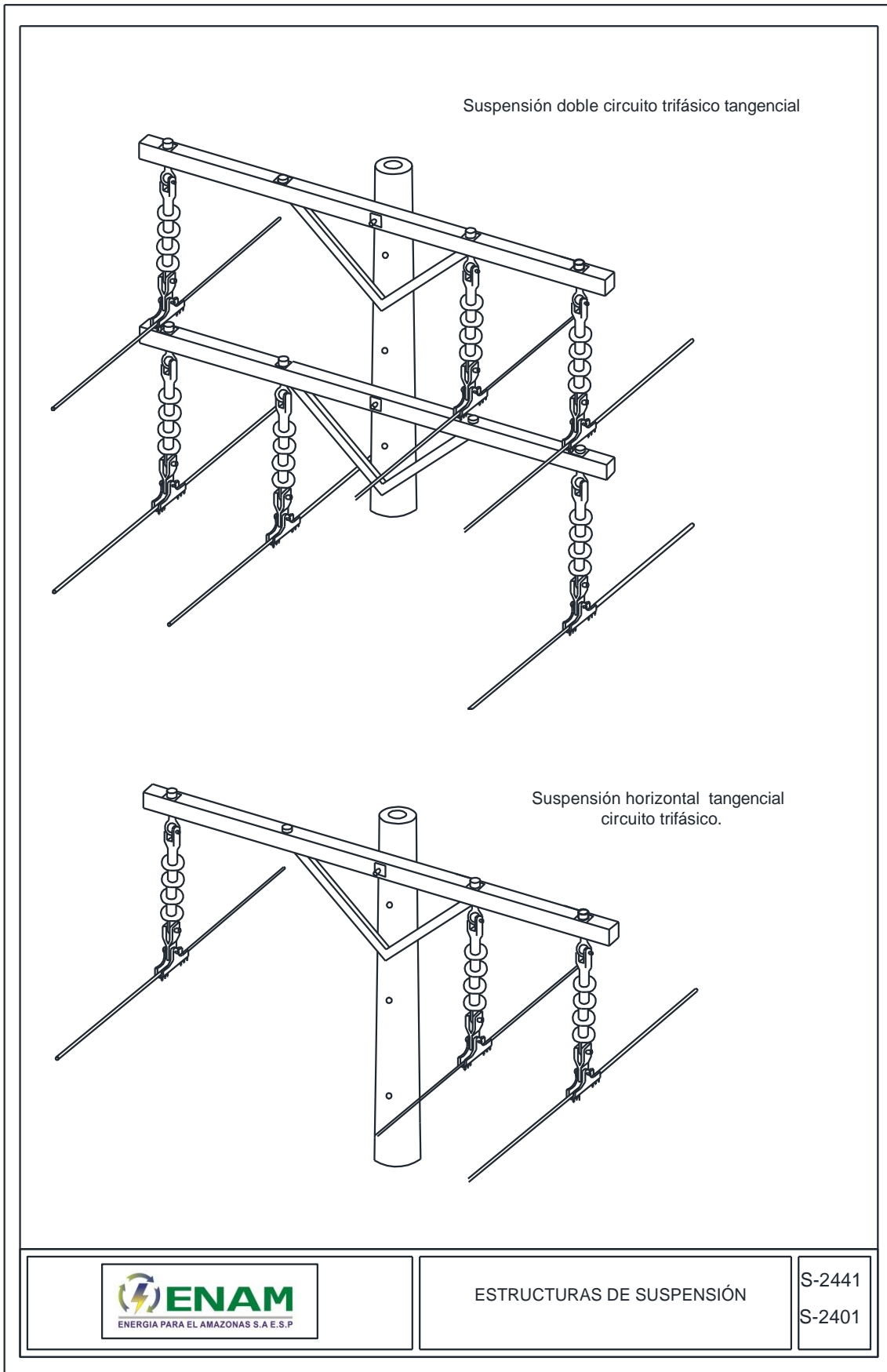
\*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V.

\*\*\*\*Puede cambiarse por 9 aisladores de disco.


\*\*\*\*\* Según se requiera, retenida aérea o retenida a tierra.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 164 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 165 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## SUSPENSIÓN DOBLE CIRCUITO TRIFÁSICO TANGENCIAL

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
6	113192	und	Aislador de suspensión polimérico****
4		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
2	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
2		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m***
6	111242	und	Grapa de suspensión para cable 4 a 2/0
6		und	Perno de ojo alargado de 5/8" x 4"
3	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
3	111656	und	Perno galvanizado de 5/8" x 12"
1	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**
3	112495	und	Tuerca de ojo se 5/8"

### Notas:

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

\*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V.

\*\*\*\*Puede cambiarse por aisladores de disco.

## SUSPENSIÓN HORIZONTAL TANGENCIAL CIRCUITO TRIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
3	113192	und	Aislador de suspensión polimérico****
5		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
1	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
1		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m***
3	111242	und	Grapa de suspensión para cable 4 a 2/0
3		und	Perno de ojo alargado de 5/8" x 4"
1	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
1	111656	und	Perno galvanizado de 5/8" x 12"
1	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**
3	112495	und	Tuerca de ojo se 5/8"

### Notas:


\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

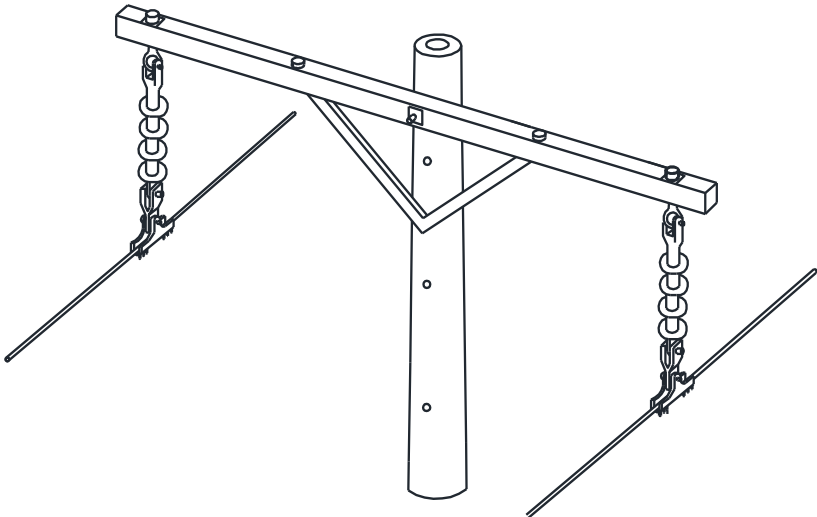
\*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V.

\*\*\*\*Puede cambiarse por aisladores de disco.

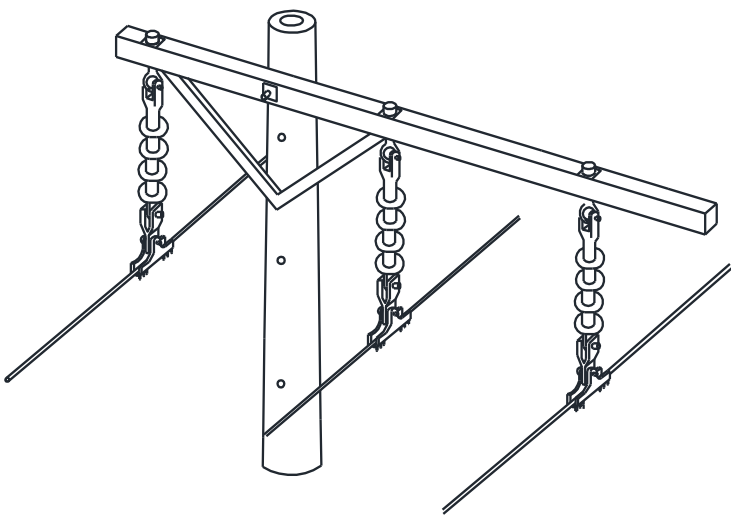
ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 166 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

Suspensión horizontal tangencial  
circuito bifásico.




Suspensión horizontal en semibandera  
circuito trifásico.



	ESTRUCTURAS DE SUSPENSIÓN	S-2402 S-2201
---	---------------------------	------------------

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 167 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## SUSPENSIÓN HORIZONTAL TANGENCIAL CIRCUITO BIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
2	113192	und	Aislador de suspensión polimérico****
5		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
1	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
1		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m***
2	111242	und	Grapa de suspensión para cable 4 a 2/0
2		und	Perno de ojo alargado de 5/8" x 4"
2	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
1	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**
2	112495	und	Tuerca de ojo se 5/8"

### Notas:

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

\*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V.

\*\*\*\*Puede cambiarse por aisladores de disco.

## SUSPENSIÓN HORIZONTAL EN SEMIBANDERA CIRCUITO TRIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
3	113192	und	Aislador de suspensión polimérico****
6		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
1	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
1		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m***
3	111242	und	Grapa de suspensión para cable 4 a 2/0
3		und	Perno de ojo alargado de 5/8" x 4"
2	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
1	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**
3	112495	und	Tuerca de ojo se 5/8"

### Notas:


\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

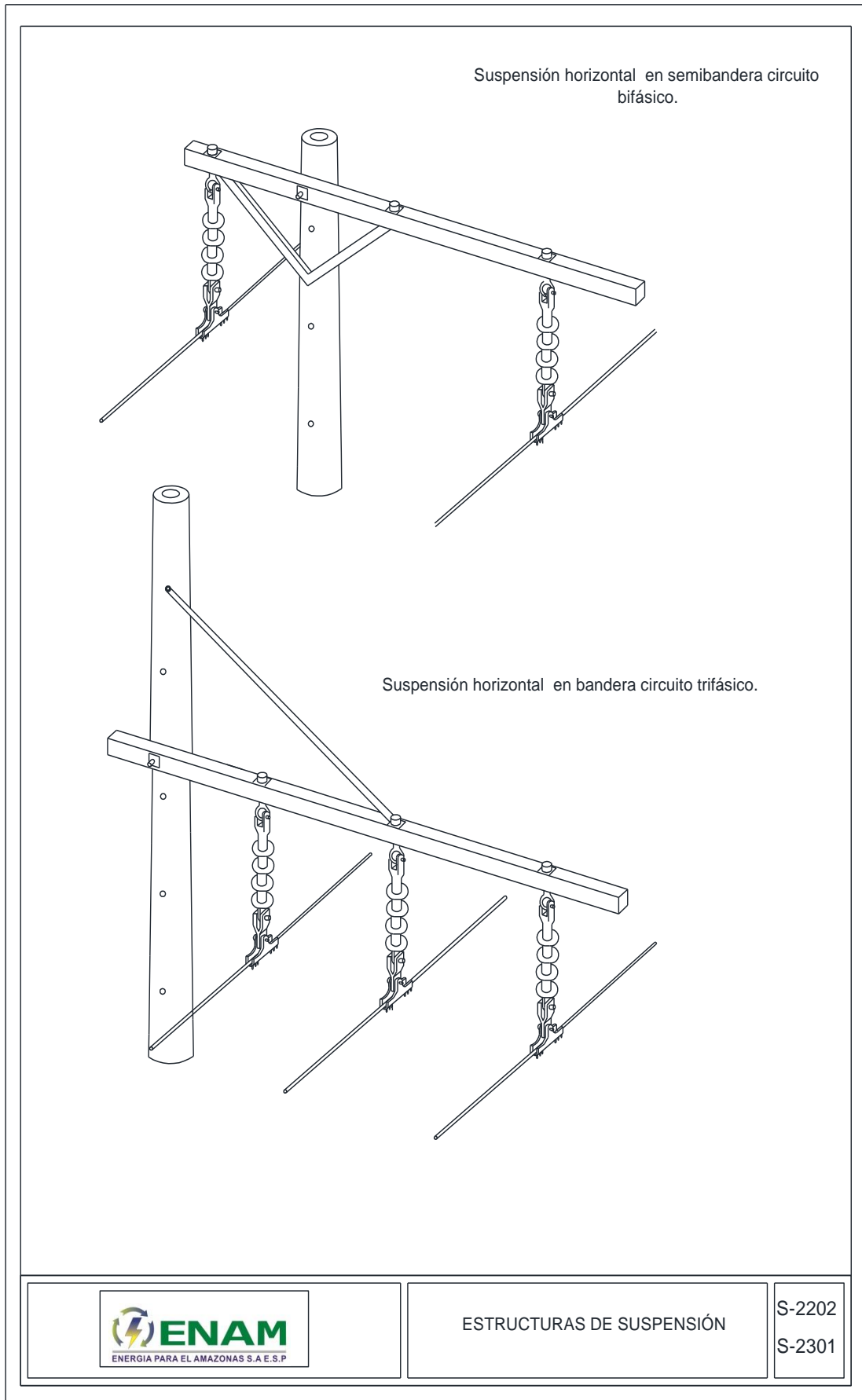
\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

\*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V.


\*\*\*\*Puede cambiarse por aisladores de disco.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 168 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 169 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## SUSPENSIÓN HORIZONTAL SEMIBANDERA CIRCUITO BIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
2	113192	und	Aislador de suspensión polimérico****
5		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
1	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
1		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m***
2	111242	und	Grapa de suspensión para cable 4 a 2/0
2		und	Perno de ojo alargado de 5/8" x 4"
2	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
1	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**
2	112495	und	Tuerca de ojo se 5/8"

### Notas:

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

\*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V.

\*\*\*\*Puede cambiarse por aisladores de disco.

## SUSPENSIÓN HORIZONTAL EN BANDERA CIRCUITO TRIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
3	113192	und	Aislador de suspensión polimérico****
6		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
1	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
1		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 1,78 m
3	111242	und	Grapa de suspensión para cable 4 a 2/0
3		und	Perno de ojo alargado de 5/8" x 4"
1	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
1	111656	und	Perno galvanizado de 5/8" x 12"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**
3	112495	und	Tuerca de ojo se 5/8"


### Notas:

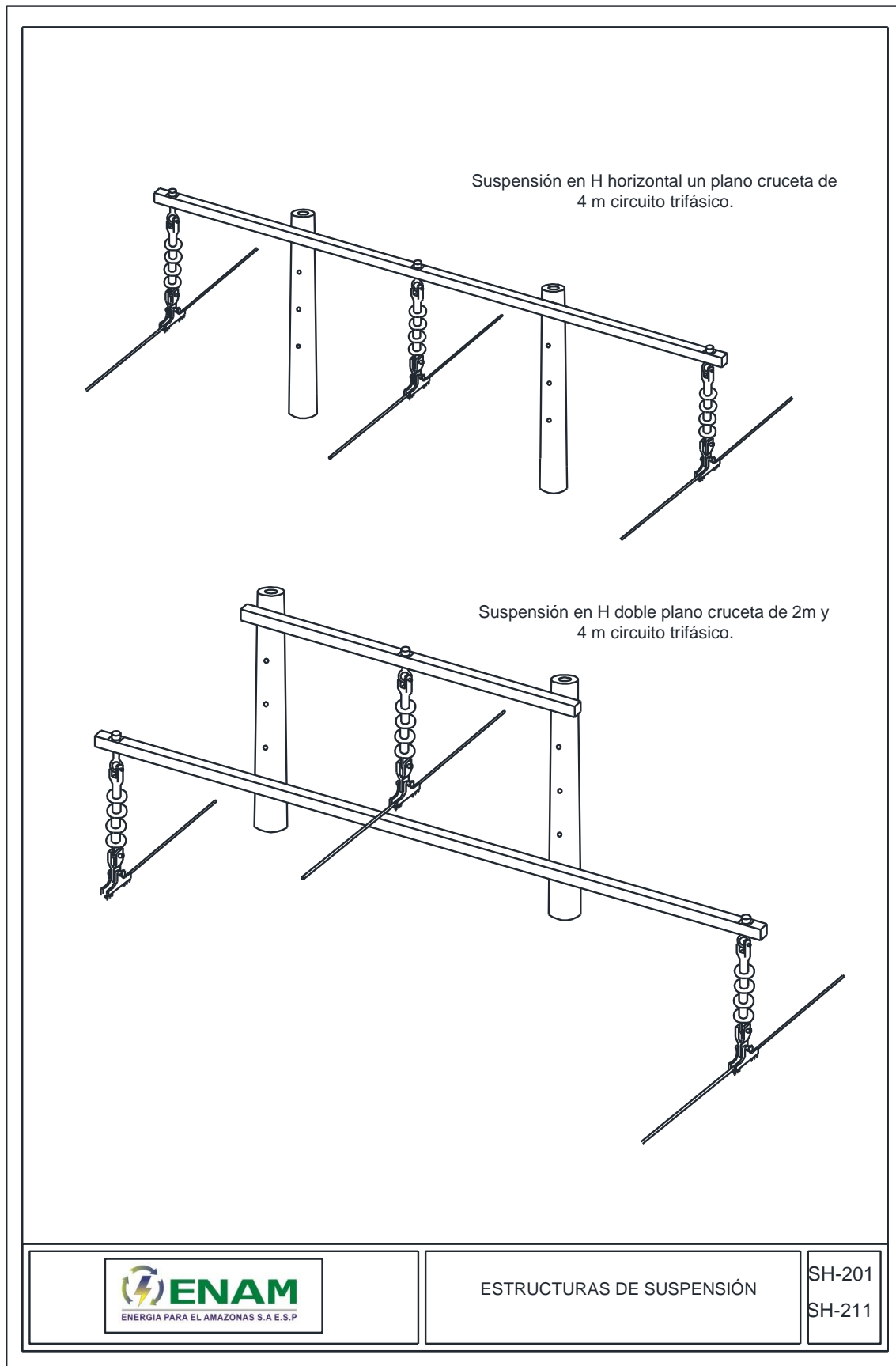
\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m


\*\*\*\*Puede cambiarse por aisladores de disco.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 170 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 171 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

### SUSPENSIÓN EN H UN PLANO CRUCETA DE 4 m CIRCUITO TRIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
3	113192	und	Aislador de suspensión polimérico****
6		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
1		und	Cruceta metálica de 4 m
3	111242	und	Grapa de suspensión para cable 4 a 2/0
3		und	Perno de ojo alargado de 5/8" x 4"
2	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
2	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**
3	112495	und	Tuerca de ojo se 5/8"

**Notas:**

\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

\*\*\*\*Puede cambiarse por aisladores de disco.

### SUSPENSIÓN EN H DOBLE PLANO CRUCETA DE 2 m Y 4 m CIRCUITO TRIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
3	113192	und	Aislador de suspensión polimérico****
8		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
1	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
1		und	Cruceta metálica de 4 m
3	111242	und	Grapa de suspensión para cable 4 a 2/0
3		und	Perno de ojo alargado de 5/8" x 4"
2	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
2	111656	und	Perno galvanizado de 5/8" x 12"
2	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**
3	112495	und	Tuerca de ojo se 5/8"


**Notas:**

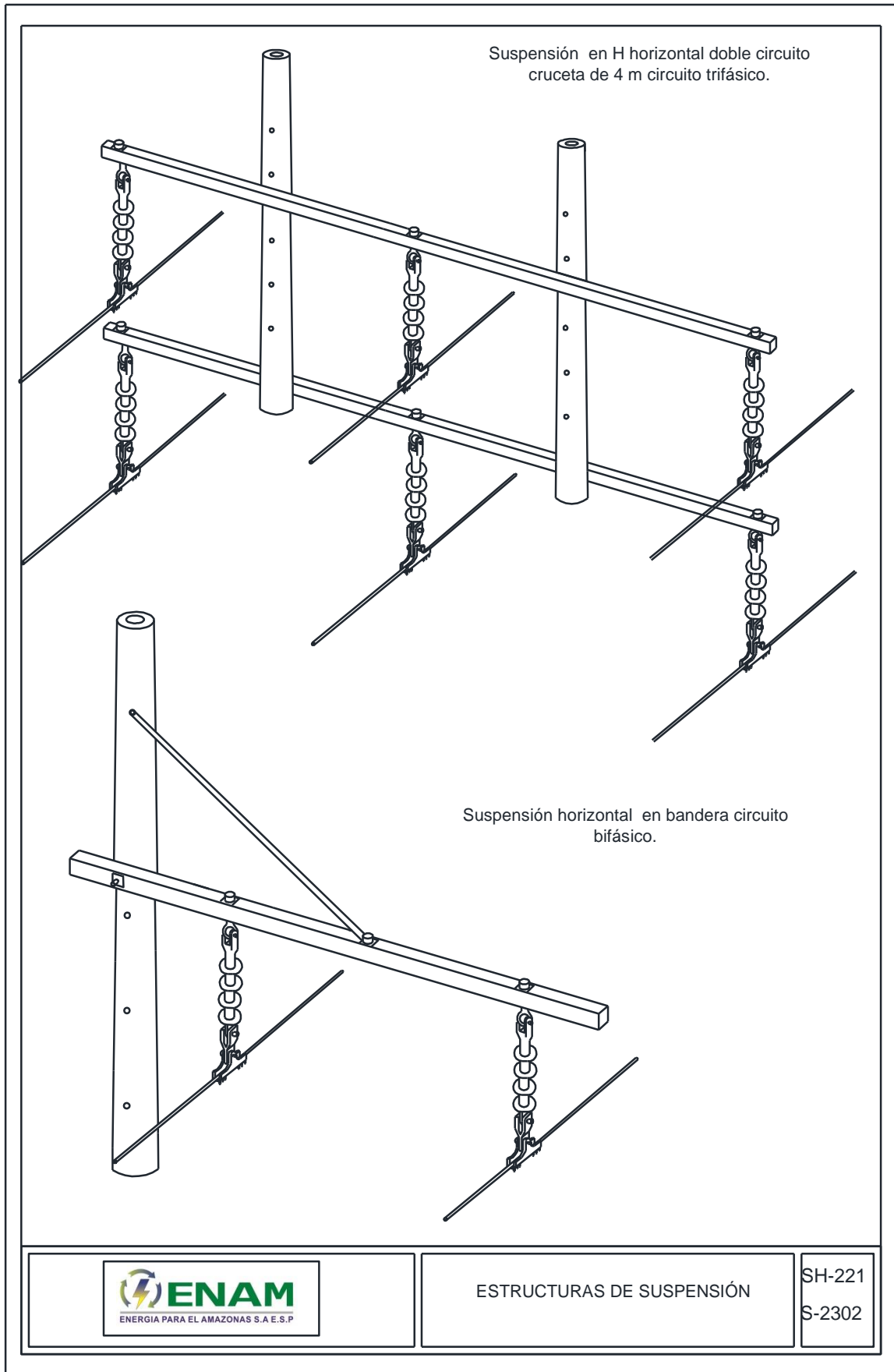
\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m


\*\*\*\*Puede cambiarse por aisladores de disco.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 172 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 173 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## SUSPENSIÓN EN H HORIZONTAL DOBLE CIRCUITO CRUCETA DE 4 m CIRCUITO TRIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
6	113192	und	Aislador de suspensión polimérico****
8		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
2		und	Cruceta metálica de 4 m
6	111242	und	Grapa de suspensión para cable 4 a 2/0
6		und	Perno de ojo alargado de 5/8" x 4"
2	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
2	111656	und	Perno galvanizado de 5/8" x 12"
2	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**
6	112495	und	Tuerca de ojo se 5/8"

**Notas:**

\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

\*\*\*\*Puede cambiarse por aisladores de disco.

## SUSPENSIÓN HORIZONTAL EN BANDERA CIRCUITO BIFÁSICO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
2	113192	und	Aislador de suspensión polimérico****
3		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
1	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
1		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 1,78 m
2	111242	und	Grapa de suspensión para cable 4 a 2/0
2		und	Perno de ojo alargado de 5/8" x 4"
1	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
1	111656	und	Perno galvanizado de 5/8" x 12"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**
2	112495	und	Tuerca de ojo se 5/8"


**Notas:**

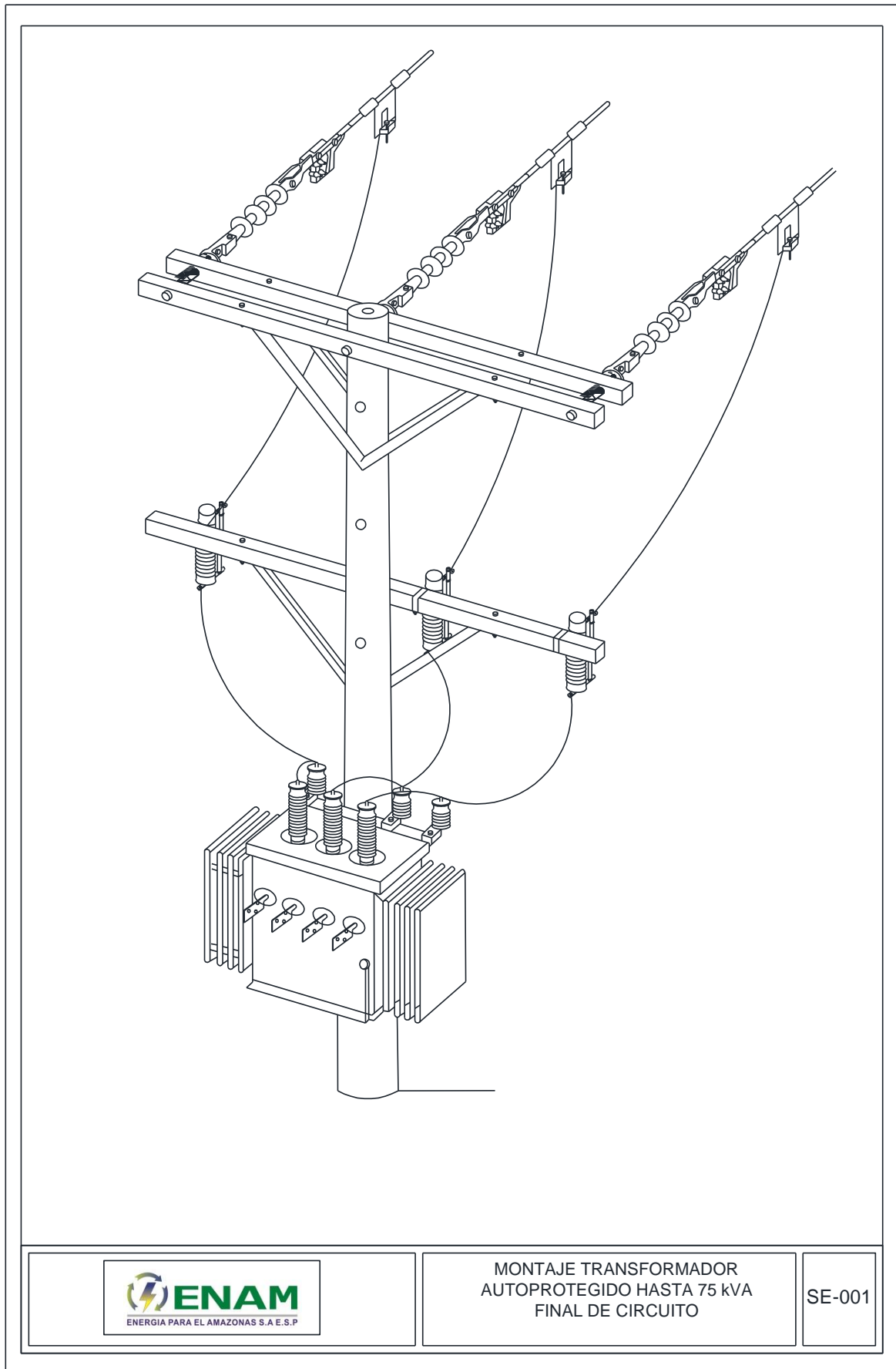
\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m


\*\*\*\*Puede cambiarse por aisladores de disco.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 174 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 175 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## MONTAJE DE TRANSFORMADOR AUTOPROTEGIDO HASTA 75 kVA FINAL DE CIRCUITO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
3	113192	und	Aislador de suspensión polimérico****
1	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
2		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
2	11550	und	Collarín redondo de 1 salida
3	11702	und	Cortacircuito de 15 kV con cañuela de 100A
3	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
3		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m***
3	111620	und	DPS 12 kV
3		und	Grapa para operar en caliente
3	111242	und	Grapa de retención tipo pistola
1	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
2		und	Esparrago de 5/8" x 8" con tuercas
3	111035	und	Esparrago de 5/8" x 10" con tuercas
3	111044	und	Esparrago de 5/8" x 12" con tuercas
3		und	Fusible tipo K o tipo H
3	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
3	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**
1	11752	und	Sistema de puesta a tierra en media tensión
1	772421	und	Transformador trifásico de 75 kVA*****
3	112495	und	Tuerca de ojo se 5/8"

### Notas:


\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

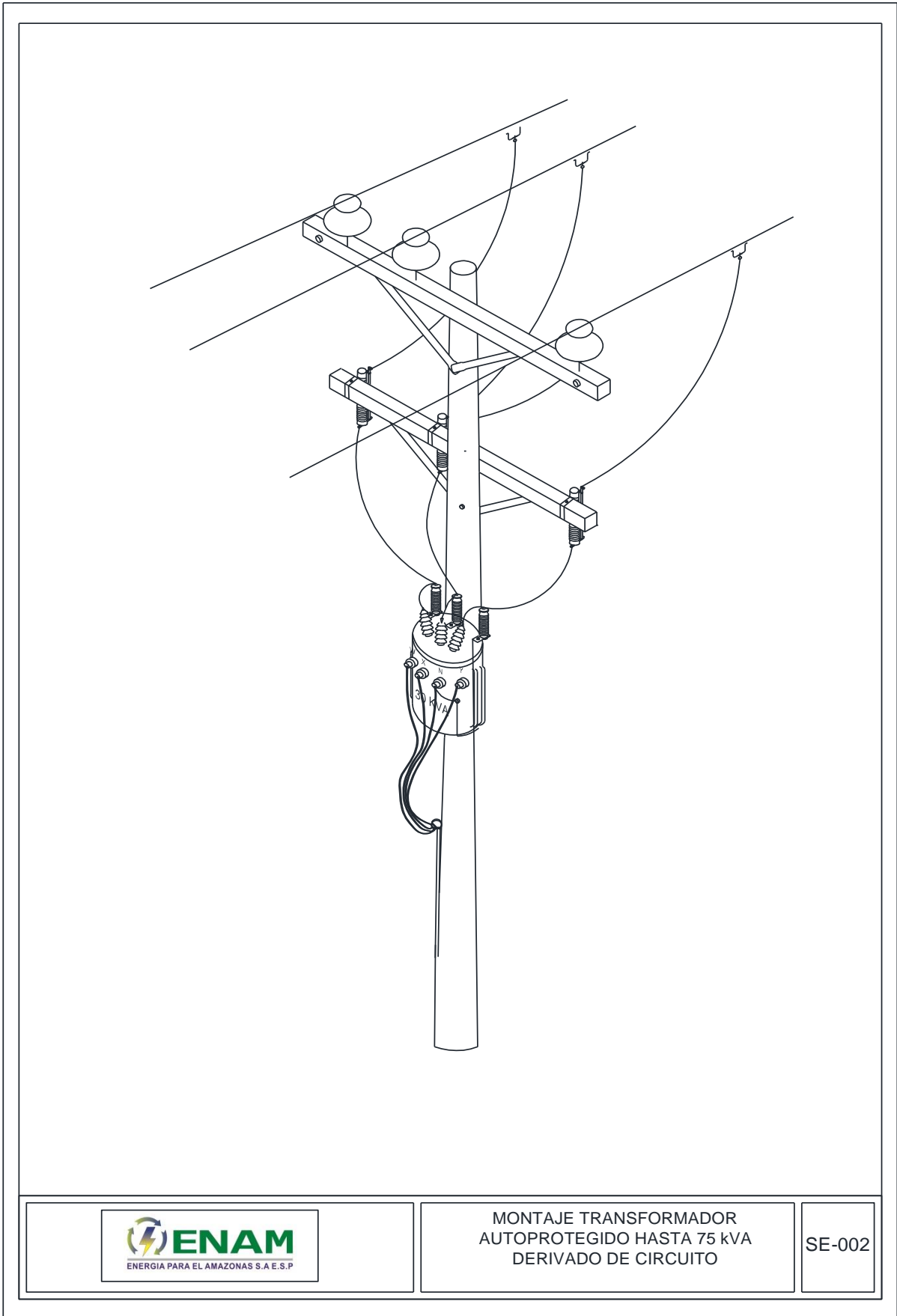
\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

\*\*\*\*Puede cambiarse por aisladores de disco.


\*\*\*\*\*Depende la potencia que se requiera instalar 5, 15, 30, 45 kVA

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 176 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 177 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## MONTAJE TRANSFORMADOR AUTOPROTEGIDO HASTA 75 kVA DERIVADO DE CIRCUITO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
3	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
6		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
2	11550	und	Collarín redondo de 1 salida
3	11702	und	Cortacircuito de 15 kV con cañuela de 100A
2	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
2		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m***
3	111620	und	DPS 12 kV
3		und	Grapa para operar en caliente
3	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
3		und	Fusible tipo K o tipo H
4	113217	und	Peno galvanizado de 5/8" x 10"
4	11402	und	Peno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**
1	11752	und	Sistema de puesta a tierra en media tensión
1	772421	und	Transformador trifásico de 75 kVA*****

### Notas:


\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

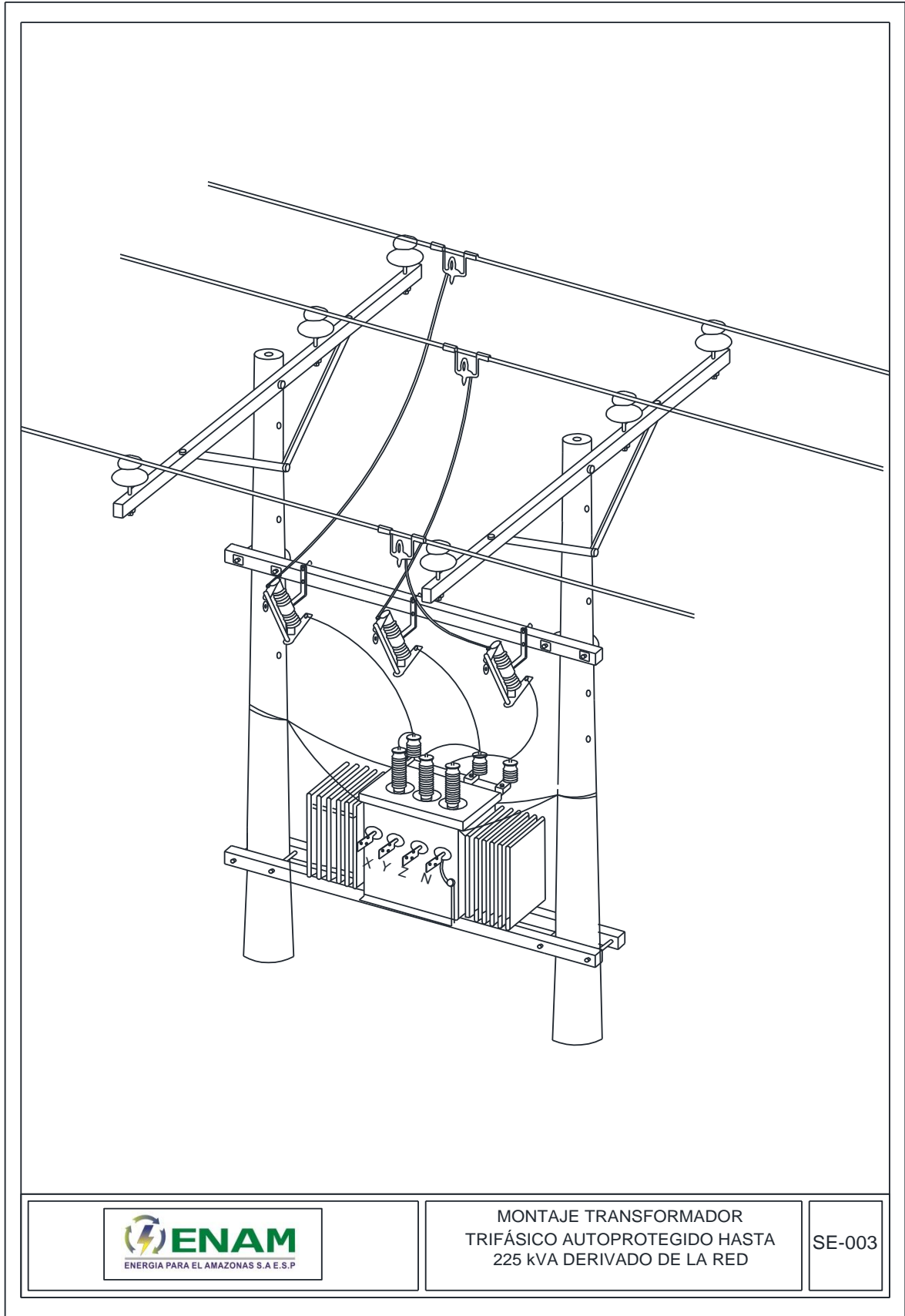
\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

\*\*\*Puede cambiarse por aisladores de disco.

\*\*\*\*\*Depende la potencia que se requiera instalar 5, 15, 30, 45 kVA

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 178 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



MONTAJE TRANSFORMADOR TRIFÁSICO AUTOPROTEGIDO HASTA 225 kVA DERIVADO DE LA RED

SE-003

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 179 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## MONTAJE TRANSFORMADOR AUTOPROTEGIDO HASTA 225 KVA DERIVADO DE CIRCUITO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
6	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
2		und	Abrazadera en U de 1/2" x 20 cm
6		Und	Arandelas cuadradas de 5/8" x 2"
3	11702	und	Cortacircuito de 15 kV con cañuela de 100A
3	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
2		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m***
3	111620	und	DPS 12 kV
3		und	Grapa para operar en caliente
6	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x 8"
4			Esparrago de 5/8" x 22"
3		und	Fusible tipo K o tipo H
2	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
2	111656	und	Perno galvanizado de 5/8" x 12"
4	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
2	113500	und	Poste troncoónico de 12m-510kgf**
1	11752	und	Sistema de puesta a tierra en media tensión
1	772421	und	Transformador trifásico hasta 225 kVA*****

### Notas:

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m


\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

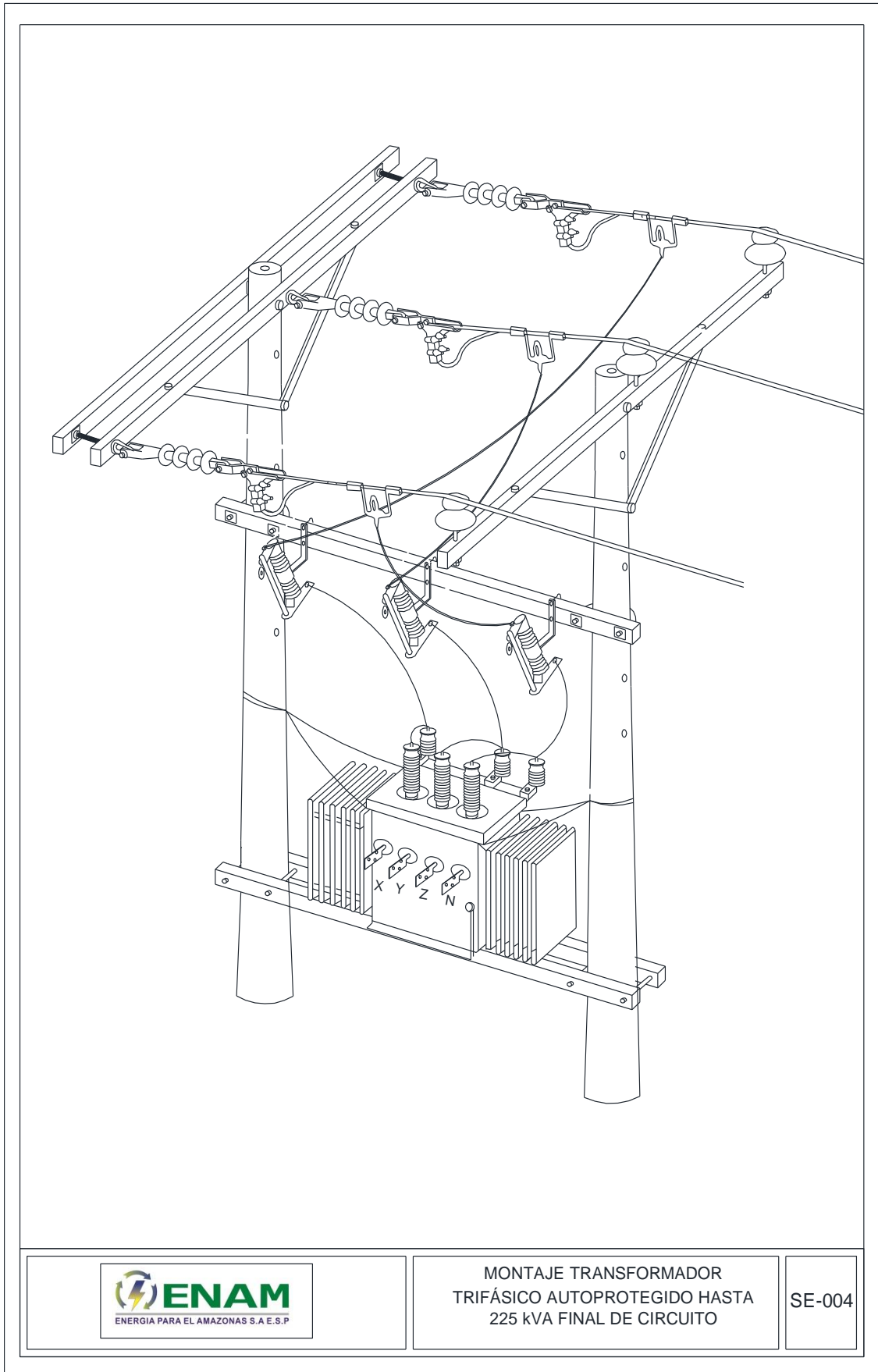
\*\*\*\* Puede cambiarse por aisladores de disco.

\*\*\* Puede cambiarse por diagonal en V.

\*\*\*\*\* Depende la potencia que se requiera instalar 112,5, 150, 225 kVA

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 180 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



MONTAJE TRANSFORMADOR TRIFÁSICO AUTOPROTEGIDO HASTA 225 KVA FINAL DE CIRCUITO

SE-004

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 181 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## MONTAJE TRANSFORMADOR AUTOPROTEGIDO HASTA 225 kVA DERIVADO DE CIRCUITO

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
3	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
3	113192	und	Aislador de suspensión polimérico****
2		und	Abrazadera en U de 1/2" x 20 cm
9		Und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
3	11702	und	Cortacircuito de 15 kV con cañuela de 100A
3	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
2		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m***
3	111620	und	DPS 12 kV
3		und	Grapa para operar en caliente
3	111242	und	Grapa de retención tipo pistola
3	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
3	111044	und	Esparrago de 5/8" x 12" con tuercas
4			Esparrago de 5/8" x 22"
3		und	Fusible tipo K o tipo H
2	113217	und	Perno galvanizado de 5/8" x 10"
1	111656	und	Perno galvanizado de 5/8" x 12"
6	11402	und	Perno galvanizado de 5/8" x 2"
2	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**
1	11752	und	Sistema de puesta a tierra en media tensión
1	772421	und	Transformador trifásico hasta 225 kVA*****
3	112495	und	Tuerca de ojo se 5/8"

### Notas:

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m


\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m

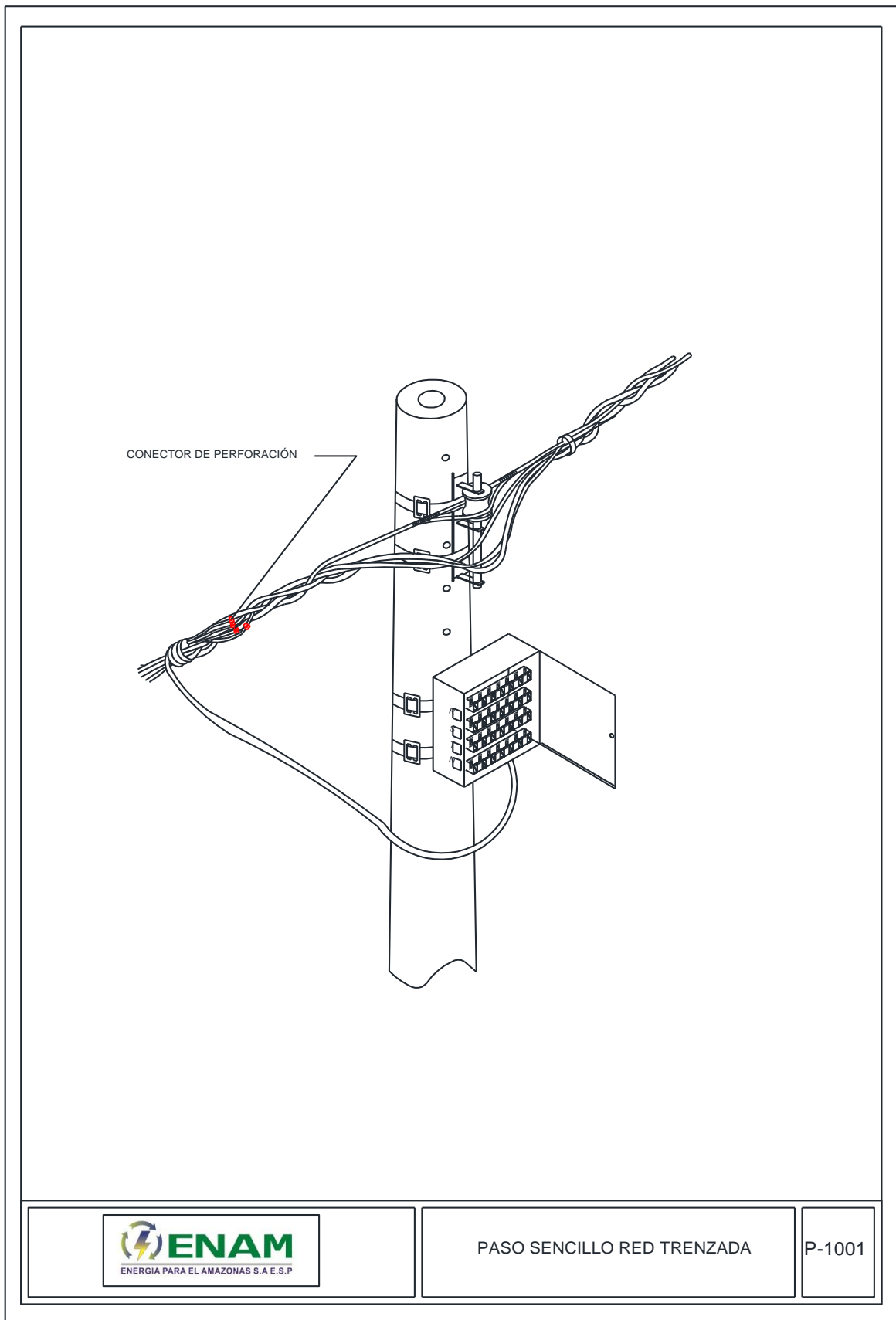
\*\*\*Puede cambiarse por diagonal en V.

\*\*\*\*Puede cambiarse por aisladores de disco.

\*\*\*\*\*Depende la potencia que se requiera instalar 112,5, 150, 225 kVA

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 182 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



PASO SENCILLO RED TRENZADA

P-1001

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 183 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

### PASO SENCILLO RED TRENZADA

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
1	1124	und	Aislador tipo carrete de porcelana ANSI 53-3
2	889		Amarre plástico de 55 cm
4	11521	m	Cinta bandit 5/8"
	11580	und	Conector sencillo de perforación chaqueta aislada 1/0*
1	11453	und	Caja derivación en policarbonato de 12 salidas*
	11439	m	Cable de aluminio cuadruplex de 3X2+4 AWG 600V**
4	111273	und	Hebilla para cinta bandit de 5/8"
1	111638	und	Percha de 2 puestos tipo pesado
1	113499	und	Poste tronco cónico en concreto de 8m x 510 kgf***


**Notas:**

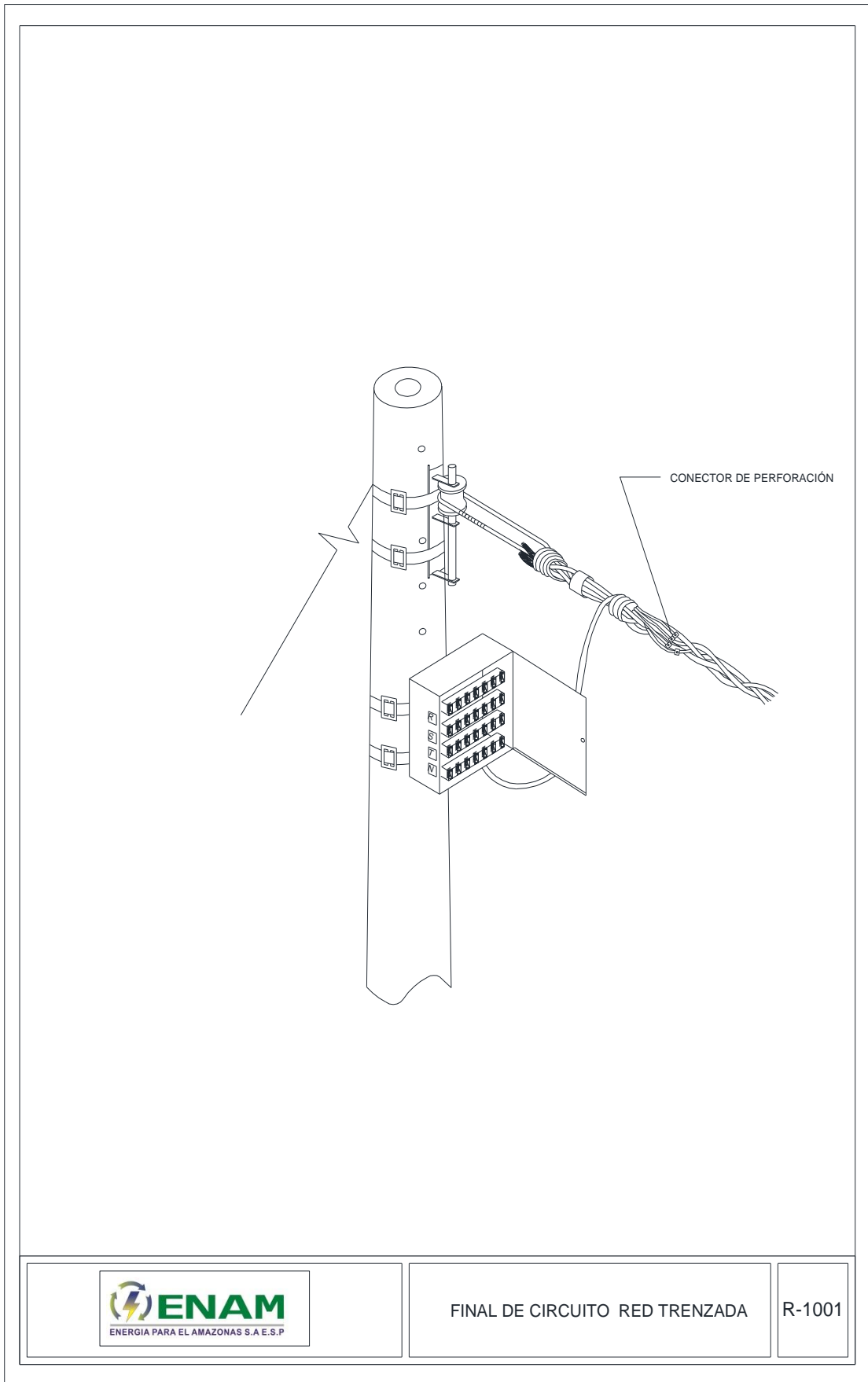
\* Varía a conector sencillo de perforación de chaqueta aislada 4/0 según conductor a perforar.

\*\* Depende del tipo de red trenzada, bifásica o trifásica.


\*\*\* Puede cambiarse por poste de poliéster reforzado con fibra de vidrio, o por poste de concreto de 12 m.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 184 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 185 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

### FINAL DE CIRCUITO RED TRENZADA

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
1	1124	und	Aislador tipo carrete de porcelana ANSI 53-3
2	889		Amarre plástico de 55 cm
4	11521	m	Cinta bandit 5/8"
	11580	und	Conector sencillo de perforación chaqueta aislada 1/0*
1	11453	und	Caja derivación en policarbonato de 12 salidas*
	11439	m	Cable de aluminio cuadruplex de 3X2+4 AWG 600V**
4	111273	und	Hebilla para cinta bandit de 5/8"
1	111638	und	Percha de 2 puestos tipo pesado
1	113499	und	Poste tronco cónico en concreto de 8m x 510 kg***
1		und	Sistema de puesta a tierra de baja tensión
1		und	Templete baja tensión


**Notas:**

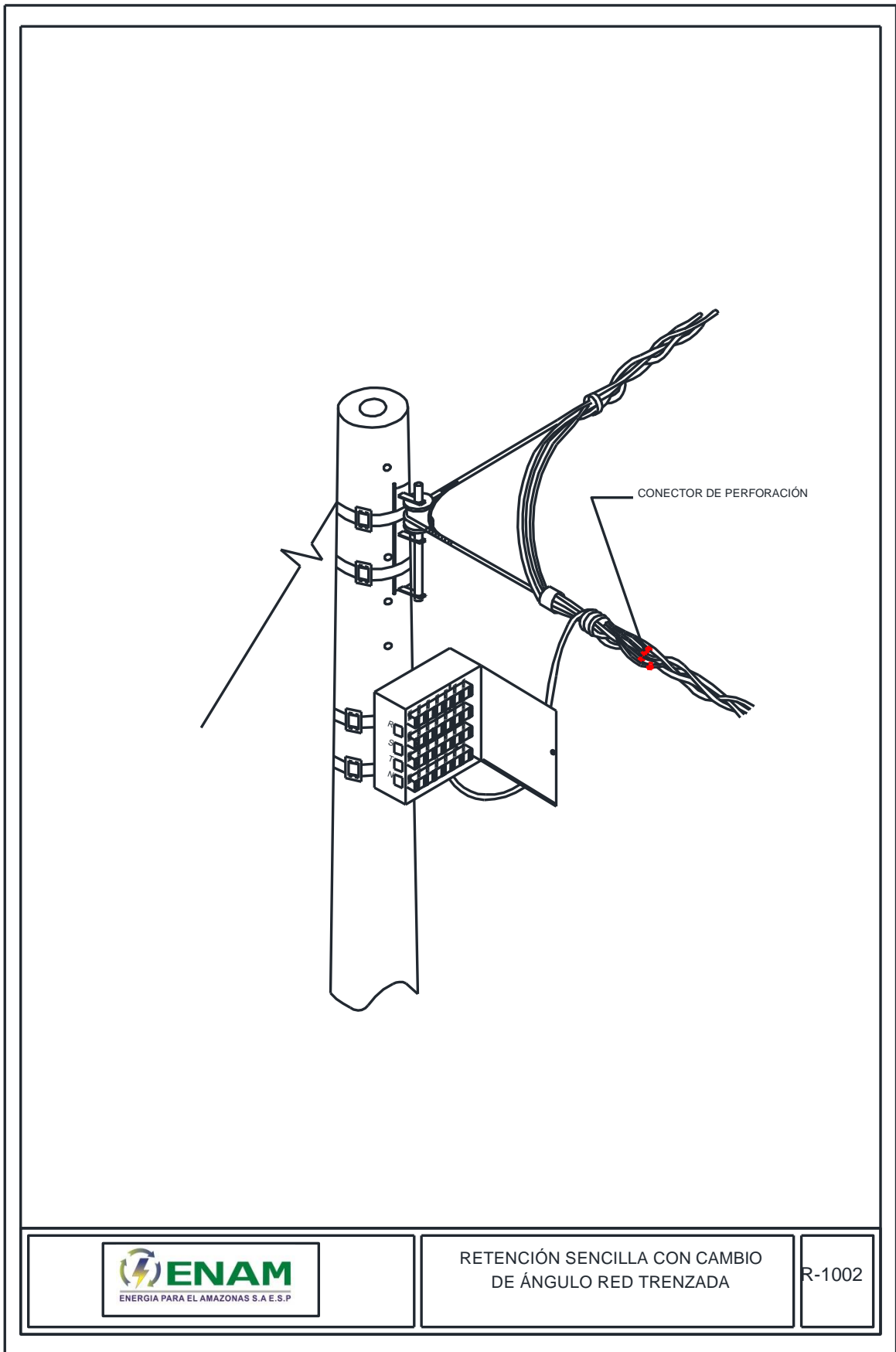
\* Varía a conector sencillo de perforación de chaqueta aislada 4/0 según conductor a perforar.

\*\* Depende del tipo de red trenzada, bifásica o trifásica.


\*\*\* Puede cambiarse por poste de poliéster reforzado con fibra de vidrio, o por poste de concreto de 12 m.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 186 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 187 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## RETENCIÓN SENCILLA CON CAMBIO DE ÁNGULO RED TRENZADA

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
1	1124	und	Aislador tipo carrete de porcelana ANSI 53-3
2	889		Amarre plástico de 55 cm
4	11521	m	Cinta bandit 5/8"
	11580	und	Conector sencillo de perforación chaqueta aislada 1/0*
1	11453	und	Caja derivación en policarbonato de 12 salidas*
	11439	m	Cable de aluminio cuadruplex de 3X2+4 AWG 600V**
4	111273	und	Hebilla para cinta bandit de 5/8"
1	111638	und	Percha de 2 puestos tipo pesado
1	113499	und	Poste tronco cónico en concreto de 8m x 510 kgf***
1		und	Templete baja tensión


### Notas:

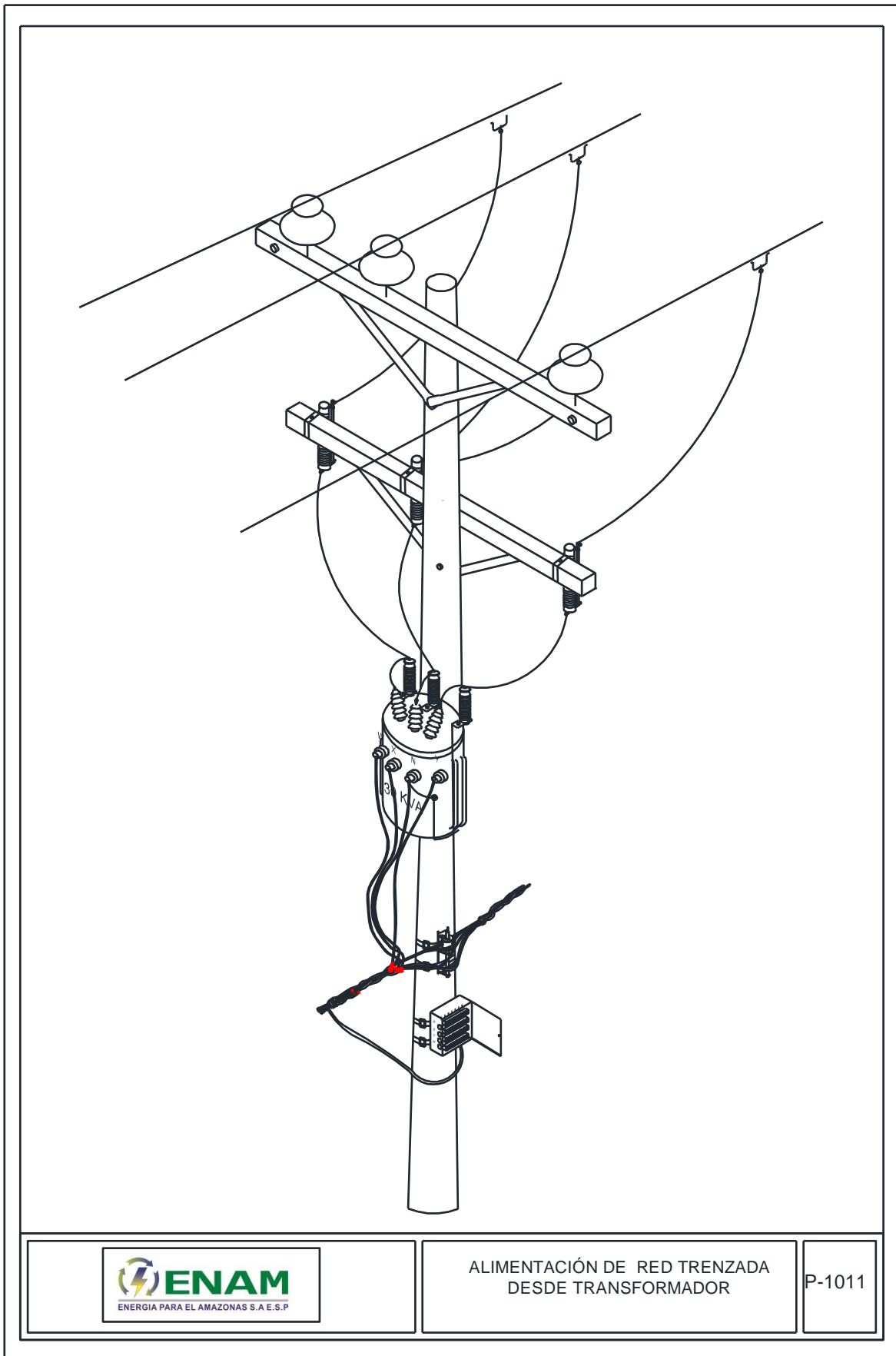
\* Varía a conector sencillo de perforación de chaqueta aislada 4/0 según conductor a perforar.

\*\* Depende del tipo de red trenzada, bifásica o trifásica.


\*\*\* Puede cambiarse por poste de poliéster reforzado con fibra de vidrio, o por poste de concreto de 12 m.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 188 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 189 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

### ALIMENTACIÓN RED TRENZADA DESDE TRANSFORMADOR

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
3	1124	und	Aislador Tipo pin de porcelana ANSI 53-3
6		und	Arandelas cuadradas de 5/8" x2"
2	11550	und	Collarín redondo de 1 salida
3	11702	und	Cortacircuito de 15 kV con cañuela de 100A
2	112700	und	Cruceta metálica de 2 m*
2		und	Diagonal sencilla de 5/8 x 0,68 m***
3	111620	und	DPS 12 kV
3		und	Grapa para operar en caliente
3	111054	und	Espigos para cruceta metálica 5/8" x8"
3		und	Fusible tipo K o tipo H
4	113217	und	Peno galvanizado de 5/8" x 10"
4	11402	und	Peno galvanizado de 5/8" x 2"
1	113500	und	Poste troncónico de 12m-510kgf**
1	11752	und	Sistema de puesta a tierra en media tensión
1	772421	und	Transformador trifásico de 75 kVA*****
1	1124	und	Aislador tipo carrete de porcelana ANSI 53-3
2	889		Amarre plástico de 55 cm
4	11521	m	Cinta bandit 5/8"
8	11580	und	Conector sencillo de perforación chaqueta aislada 1/0*
1	11453	und	Caja derivación en policarbonato de 12 salidas*****
	11439	m	Cable de aluminio cuadruplex de 3X2+4 AWG 600V*****
4	111273	und	Hebilla para cinta bandit de 5/8"
1	111638	und	Percha de 2 puestos tipo pesado
1		und	Templete baja tensión

#### Notas:

\* Puede cambiarse por cruceta metálica de 2,4 m

\*\* Puede cambiarse por poste de 14, 16 m


\*\*\*Puede cambiarse por aisladores de disco.

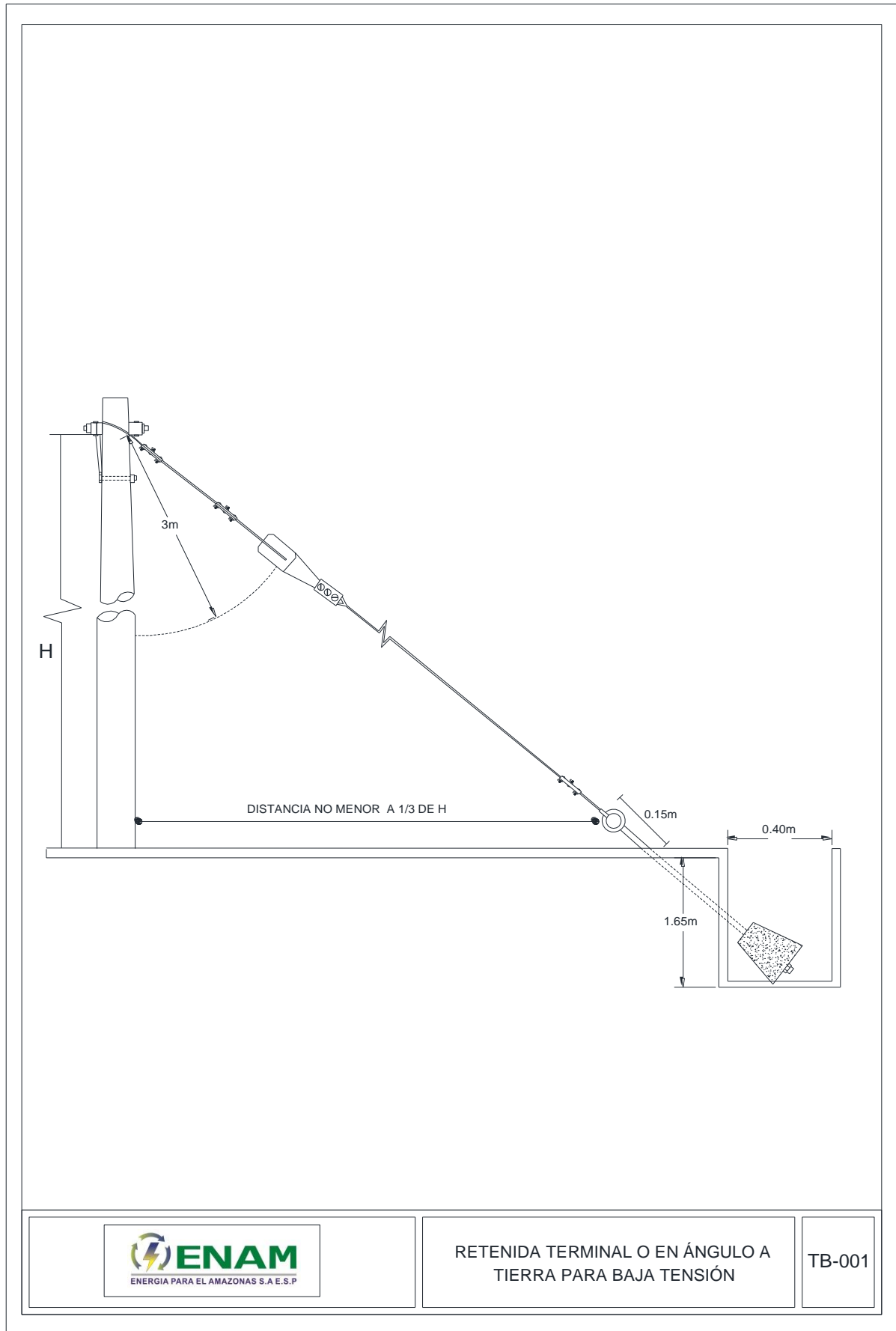
\*\*\*\*Depende la potencia que se requiera instalar 5, 15, 30, 45 kVA

\*\*\*\*\*Varía a conector sencillo de perforación de chaqueta aislada 4/0 según conductor a perforar.


\*\*\*\*\* Dependende del tipo de red trenzada, bifásica o trifásica.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 190 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015




ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 191 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

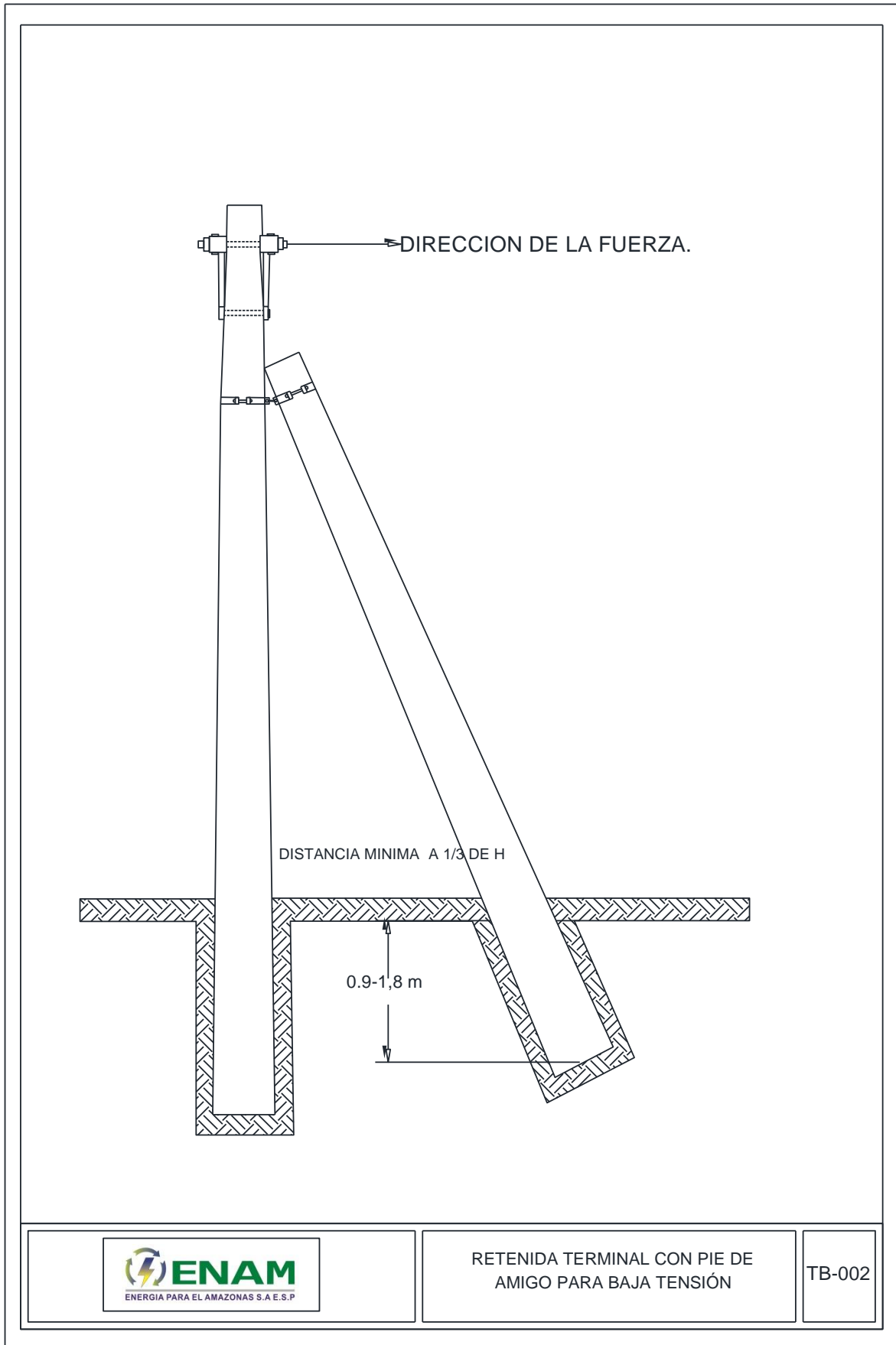
	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## RETENIDA TERMINAL O EN ÁNGULO A TIERRA PARA BAJA TENSIÓN


Cantidad	Código	Unidad	Descripción
1	1127	und	Aislador tensor
1	11191	und	Arandela cuadrada 5/8 x 4"
10	11448	m	Cable extra resistente de 1/4"
1	111256	und	Guardacabo 3/4"
4	111239	und	Grapa prensa hilos 3 pernos
1	112615	und	Varilla de anclaje 5/8"X1.80 m
1	112636	und	Vigueta en concreto .20X.20X.60 m

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 192 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015




ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 193 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

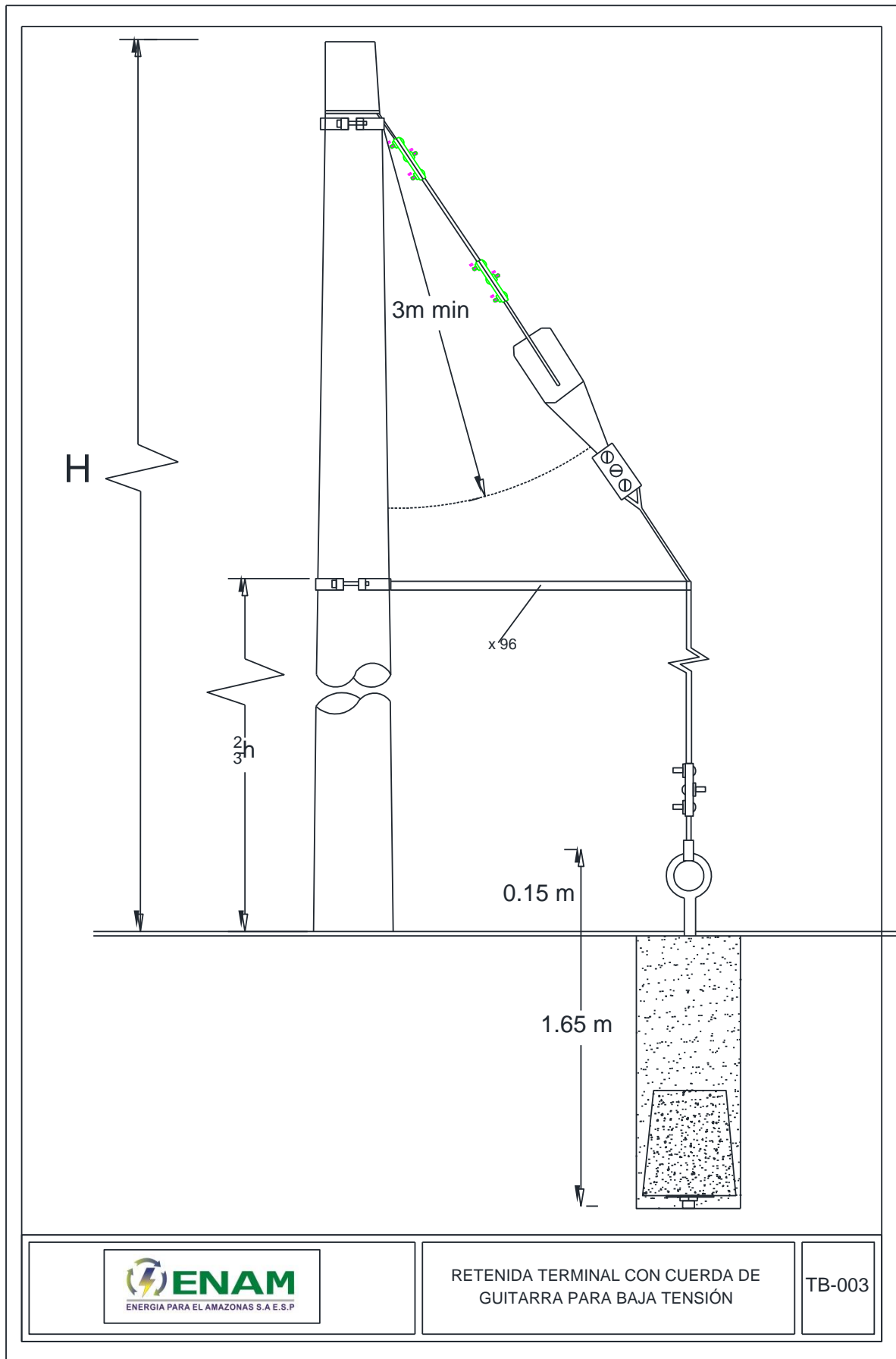
	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

### RETENIDA TERMINAL CON PIE DE AMIGO PARA BAJA TENSIÓN

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
2	15550	und	Collarín redondo de 1 salida
1		und	Platina galvanizada de 1/4" de dos ojales
1	113499	und	Poste troncónico de 8m-510kgf

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 194 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	


	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015



RETENIDA TERMINAL CON CUERDA DE GUITARRA PARA BAJA TENSIÓN

TB-003


ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 195 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

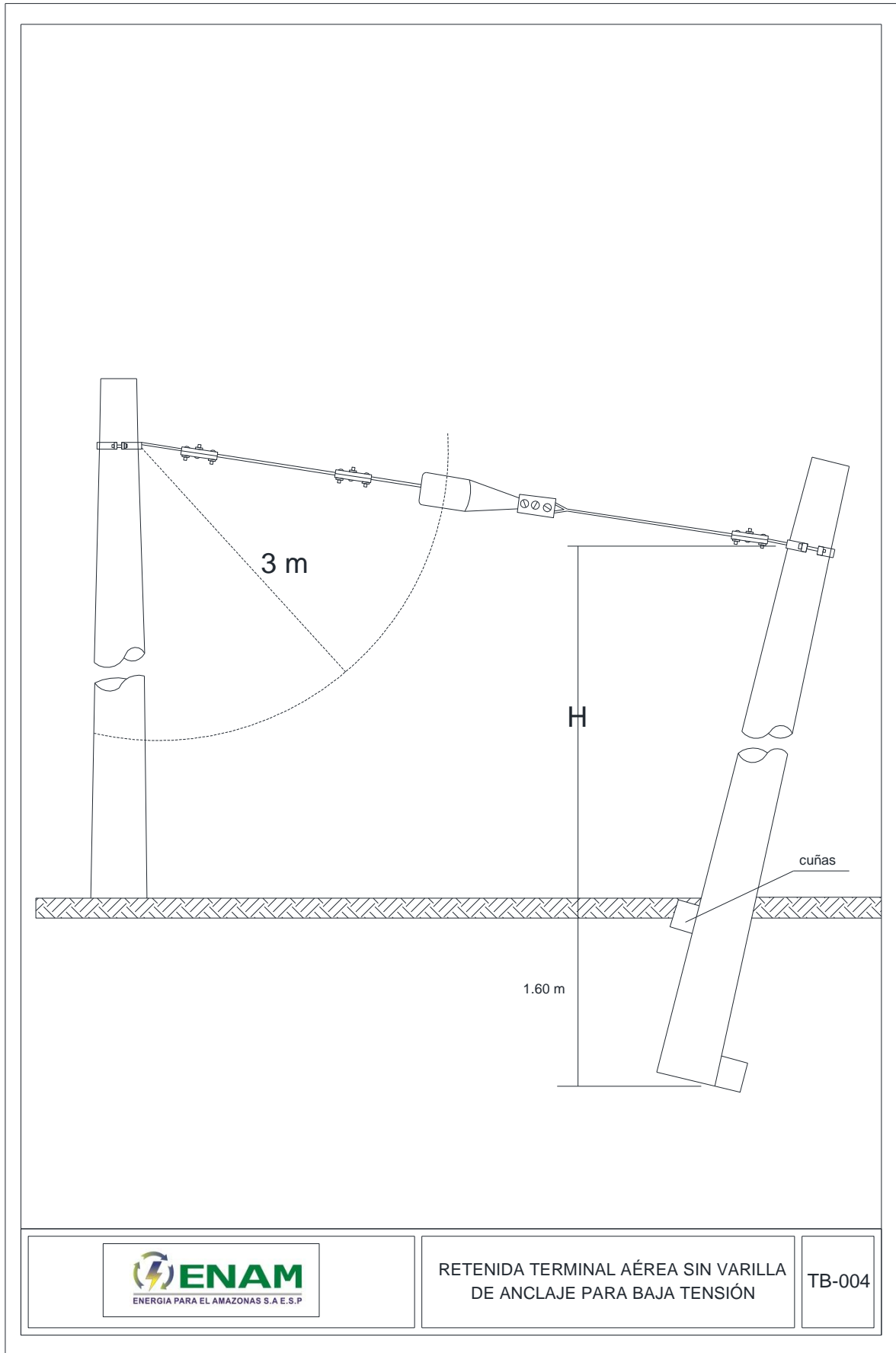
	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## RETENIDA TERMINAL CON CUERDA DE GUITARRA PARA BAJA TENSIÓN


Cantidad	Código	Unidad	Descripción
1	1127	und	Aislador tensor
1	11191	und	Arandela cuadrada 5/8 x 4"
1		und	Brazo - Tubo galvanizado de 2"x1,5m aprox. Soldado a collarín
10	11448	m	Cable extra resistente de 1/4"
1	15550	und	Collarín redondo de 1 salida
1	111256	und	Guardacabo 3/4"
4	111239	und	Grapa prensa hilos 3 pernos
1	112615	und	Varilla de anclaje 5/8"X1.80 m
1	112636	und	Vigueta en concreto .20X.20X.60 M

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 196 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015




ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 197 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## RETENIDA TERMINAL AÉREA SIN VARILLA DE ANCLAJE PARA BAJA TENSIÓN

Cantidad	Código	Unidad	Descripción
1	1127	und	Aislador tensor
	11448	m	Cable extra resistente de 1/4"
1	15550	und	Collarín redondo de 1 salida
4	111239	und	Grapa prensa hilos 3 pernos
1	113500	und	Poste troncónico de 8 m-510kgf






ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 198 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015


## ANEXO II

### PLANOS

- **Convenciones redes internas.**

CONVENCIONES REDES INTERNAS	
●	DUCTO QUE BAJA
○	DUCTO QUE SUBE
///	CONDUCTORES DE FASE
—/—	CONDUCTORES DE NEUTRO
—/—	CONDUCTORES PUESTA A TIERRA
S <sub>1</sub>	INTERRUPTOR UNIPOLAR
S <sub>2</sub>	INTERRUPTOR DOBLE
S <sub>c</sub>	INTERRUPTOR CONMUTABLE
	SECCIONADOR DE CORTE
	DISPOSITIVO DE PROTECCION CONTRA SOBRETENSION
	DPS TIPO BORISTOR
	FUSIBLE
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO
⊗	LAMPARA INCANDESCENTE EMPOTRADA EN TECHO
⊙	LAMPARA TIPO BALA
	LAMPARA INCANDESCENTE DE APLIQUE
	MASA
	TABLERO GENERAL
	TABLERO DE DISTRIBUCION
	TOMACORRIENTE MONOFASICO CON PUESTA A TIERRA
	TOMACORRIENTE MONOFASICO GFCI
	TRANSFORMADOR DE POTENCIA
	TOMACORRIENTE TRIFASICO
	TOMACORRIENTE BIFASICO














































ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 199 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015


• **Convenciones redes externas.**











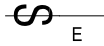
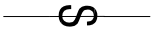






















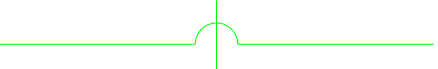

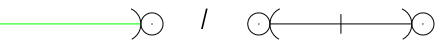
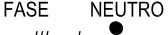

EXISTENTE

PROYECTADO

		POSTE DE CONCRETO 16 m. 510 KgF
		POSTE DE CONCRETO 16 m. 750 KgF
		POSTE DE CONCRETO 16 m. 1050 KgF
		POSTE DE CONCRETO 14 m. 510 KgF
		POSTE DE CONCRETO 14 m. 750 KgF
		POSTE DE CONCRETO 14 m. 1050 KgF
		TORRECILLA METÁLICA 12 m.
		POSTE DE CONCRETO 12 m. 510 KgF
		POSTE DE CONCRETO 12 m. 750 KgF
		POSTE DE CONCRETO 12 m. 1050 KgF
		POSTE DE MADERA 12 m.
		POSTE DE CONCRETO 10 m. 510 KgF
		POSTE DE CONCRETO 10 m. 750 KgF
		POSTE DE CONCRETO 10 m. 1050 KgF
		POSTE DE CONCRETO 8 m. 510 KgF
		POSTE DE CONCRETO 8 m. 750 KgF
		POSTE DE CONCRETO 8 m. 1050 KgF
		POSTE DE MADERA 8 m.
		TORRECILLA METÁLICA 8 m.
		ESTRUCTURA ó CONDUCTOR REUTILIZADA(O)
		SUBESTACION EN POSTE
		SUBESTACION CAPSULADA
		SUBESTACION EN PEDESTAL


ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 200 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

		SUBESTACION EN LOCAL
		TEMPLETE EN BAJA TENSION
		TEMPLETE EN MEDIA TENSION
		LINEA A TIERRA
		NUMERO DE USUARIO
		SECCIONADOR
		LUMINARIA VAPOR DE SODIO ___W.
		LUMINARIA DECORATIVA
		CAJA DE INSPECCION TIPO 1 - M.T. Y B.T.
		CAJA DE INSPECCION TIPO 2 - M.T. Y B.T.
		CAJA DE INSPECCION TIPO 3 - B.T. Y ACOMETIDAS
		CAJA DE INSPECCION ALUMBRADO PÚBLICO
		EQUIPO DE MEDIDA
		LINEA DE 13.2 KV EXISTENTE
		LINEA DE 13.2 KV PROYECTADA
		LINEA DE 13.2 KV SUBTERRANEA EXISTENTE
		LINEA DE 13.2 KV SUBTERRANEA PROYECTADA
		LINEA DE BAJA TENSION EXISTENTE
		LINEA DE BAJA TENSION PROYECTADA
		LINEA DE BAJA TENSION SUBTERRANEA EXISTENTE
		LINEA DE BAJA TENSION SUBTERRANEA PROYECTADA
		ACOMETIDA A USUARIO
		CRUCE AÉREO SIN CONTACTO
		CRUCE AÉREO CON CONTACTO
		FINAL DE CIRCUITO / TEMplete POSTE A POSTE
		Nº DE CONDUCTORES Y CALIBRE RED ABIERTA B. T.
		Nº DE CONDUCTORES Y CALIBRE RED TRENZADA B.

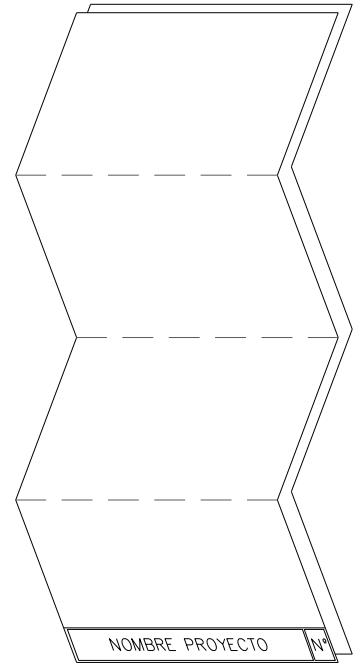
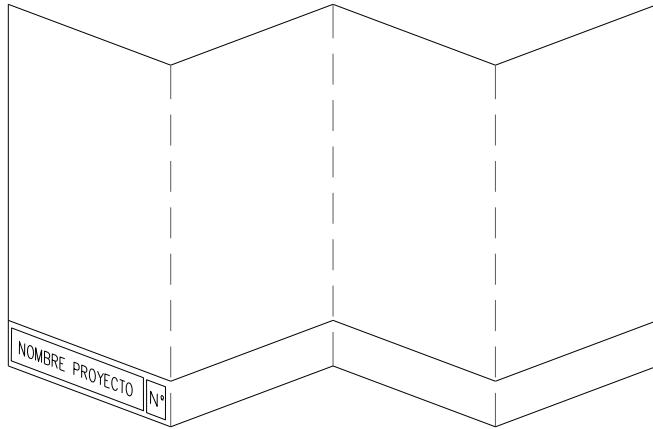
ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 201 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	




	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

- **Doblado.**

DOBLADO:



ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 203 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

## ANEXO III

### DEFINICIONES

**ACOMETIDA:** derivación que se hace de la red local para suministrar el servicio a un cliente. Se considera que está conformada por los conductores que van desde la red hasta el registro de corte ubicado aguas arriba del medidor. En edificios de propiedad horizontal o condominios, y en general, en las unidades inmobiliarias cerradas de que trata la Ley 428 de 1998, la acometida llega hasta el registro de corte general.

**AISLAMIENTO:** conjunto de materiales utilizados para proveer aislamiento eléctrico entre partes conductoras.

**AJUSTE:** valor que representa las condiciones de operación de algún tipo de elemento tal como relé, interruptor automático, etc.

**ALIMENTADOR:** todos los conductores de un circuito entre el equipo de acometida, la fuente de un sistema derivado independiente u otra fuente de suministro de energía eléctrica, y el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito ramal final.

**ALIMENTADOR EN MEDIA TENSIÓN:** circuito energizado a nivel de tensión II y que parte de una subestación de potencia conectada a un SDL.

**ALTO RIESGO:** riesgo cuya frecuencia esperada de ocurrencia y gravedad de sus efectos puedan comprometer fisiológicamente el cuerpo humano, produciendo efectos como quemaduras, impactos, paro cardíaco, fibrilación; u otros efectos físicos que afectan el entorno de la instalación eléctrica, como contaminación, incendio o explosión.

**APANTALLAMIENTO:** conjunto de elementos tales como cables de guarda, mástiles o puntas cuyo fin es cubrir al sistema eléctrico contra descargas atmosféricas.

**APOYO:** véanse definiciones de poste y estructura.

**APROBADO:** aceptado por la autoridad competente.


**BAJA TENSIÓN:** nivel de tensión mayor o igual a 25 V y menor o igual a 1 kV.

**BANDEJA PORTACABLES:** unidad o conjunto de unidades, con sus accesorios, que forman una estructura rígida utilizada para soportar cables y canalizaciones.

**BARRAJE DE PUESTA A TIERRA:** conductor de tierra colectiva, usualmente una barra de cobre o un cable de diámetro equivalente.

**BIFENILO POLICLORADO (PCB):** clorobifenilos que tienen la fórmula molecular C<sub>12</sub>H<sub>10-n</sub>Cl<sub>n</sub> donde n es mayor que uno (1).

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 204 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

**BÓVEDA:** estructura sólida resistente al fuego, ubicada sobre o bajo el nivel del suelo con acceso limitado a personal calificado para instalar, mantener, operar o inspeccionar equipos o cables.

**CABLE:** conjunto de alambres sin aislamiento entre sí y entorchado por medio de capas concéntricas.

**CABLE APANTALLADO:** cable con una envoltura conductora alrededor del aislamiento que le sirve como blindaje electromagnético.

**CABLE DE GUARDA:** conductor utilizado para proteger equipos contra descargas atmosféricas.

**CALIBRACIÓN:** proceso que tiene por finalidad determinar los errores de un instrumento de medida y, de ser necesario, otras características metrológicas.

**CANALIZACIÓN:** canal cerrado de materiales metálicos o no metálicos, expresamente diseñado para contener alambres, cables o barras.

**CAPACIDAD DE CORRIENTE:** corriente máxima que puede soportar un conductor en forma continua y bajo unas condiciones específicas sin perder sus propiedades eléctricas, mecánicas y dieléctricas.

**CAPACIDAD DE INTERRUPCIÓN NOMINAL:** la mayor corriente a tensión nominal que un dispositivo eléctrico tiene previsto interrumpir bajo condiciones normales de operación.

**CAPACIDAD INSTALADA:** capacidad del componente límite de una instalación eléctrica.

**CAPACIDAD NOMINAL:** potencia de diseño de un equipo.

**CARGA:** potencia de demanda nominal de un equipo.


**CERTIFICADO:** documento que indica si el equipo o material cumple unas normas debidamente establecidas o si ha sido probado y encontrado apto para su uso de una manera determinada.

**CIRCUITO:** red o tramo de red eléctrica monofásica o trifásica que sale de una subestación, de un transformador o de otra red

**CIRCUITO RAMAL DE MEDIA TENSIÓN:** conductores de un circuito en media tensión, entre el dispositivo final de protección contra sobrecorriente y la salida o salidas.

**CLASE DE PRECISIÓN:** es el máximo error, expresado en porcentaje, que puede introducir un instrumento de medida cuando el proceso de medida se realiza bajo unas condiciones específicas.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 205 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

**CLIENTE:** persona natural o jurídica que se beneficia del servicio público de energía eléctrica, bien como propietario del inmueble en donde éste se presta, o como receptor directo del servicio.

**COEFICIENTE DE DILATACIÓN:** incremento de la longitud de un cuerpo por cada grado de variación de temperatura.

**COMERCIALIZADOR:** persona cuya actividad principal es la comercialización de energía eléctrica.

**CONDUCTOR ELÉCTRICO:** elemento destinado en su condición de operación normal a la transmisión de electricidad.

**CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA DE LOS EQUIPOS:** conductor utilizado para conectar las partes metálicas que no transportan corriente de los equipos, canalizaciones y otros encerramientos, al conductor puesto a tierra, al conductor del electrodo de tierra de la instalación o a ambos, en los equipos de acometida o en el punto de origen de un sistema derivado independiente.

**CONDUCTOR DEL ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA:** conductor utilizado para conectar el electrodo de puesta a tierra al conductor de puesta a tierra de los equipos, al conductor puesto a tierra o a ambos, del circuito en los equipos de acometida o en punto de origen de un sistema derivado independiente.

**CONEXIÓN EQUIPOTENCIAL:** conexión eléctrica entre dos o más puntos, de manera que cualquier corriente que pase, no genere una diferencia de potencial sensible entre ambos puntos.

**CONTACTO DIRECTO:** contacto de personas o animales con conductores activos de una instalación eléctrica.

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


**CORRIENTE DE DESCARGA:** corriente que circula a través de un descargador.

**CUERNOS DE ARCO (EXPLOSORES):** electrodos separados por un espacio de aire el cual tiene unas características disruptivas determinadas y utilizado como protección contra sobretensiones.

**CURVA DE DISTANCIA MÍNIMA AL TERRENO:** curva de flecha máxima desplazada verticalmente hacia abajo con respecto a la curva del conductor en caliente, una distancia igual a la distancia mínima del conductor al terreno en la plantilla.

**CURVA DE MÍNIMA TEMPERATURA:** curva de flecha mínima determinada mediante la hipótesis de temperatura mínima, pertenece a la plantilla.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 206 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

**CURVA DE PIE DE APOYOS:** curva de flecha máxima en terreno llano desplazada verticalmente una distancia igual a la distancia existente entre el punto de amarre del conductor más bajo y la superficie del suelo, pertenece a la plantilla.

**CURVAS DE TENDIDO:** conjunto de curvas en donde se determina la tensión horizontal de tendido de un conductor en función de la temperatura ambiente y la longitud del vano regulador.

**CURVA DE TEMPERATURA MÁXIMA:** curva de flecha máxima determinada mediante la hipótesis de temperatura máxima, también conocida como curva de plantillado.

**DERIVACIÓN EN MEDIA TENSIÓN:** circuito energizado al nivel de tensión II ó III y que parte de un ramal o de otra derivación en media tensión.

**DESCARGADOR DE ÓXIDO METÁLICO (DPS):** descargador de sobretensiones constituido por pastillas de óxido metálico de resistencia eléctrica no lineal. Un ejemplo de esta tecnología son los descargadores de óxido de zinc (ZnO).

**DESCARGADOR DE CARBURO DE SILICIO (SIC):** descargador de sobretensiones constituido por pastillas de Carburo de Silicio resistencia eléctrica no lineal conectadas en serie con entrehierros.

**DESCARGADOR PARA SOBRETENSIONES (DPS):** elemento de protección utilizado para servir de camino a la descarga de parte de la energía asociada a una sobretensión, con el fin de evitar que la sobretensión plena llegue a los equipos del sistema eléctrico y produzca su deterioro.

**DISTANCIA DE SEGURIDAD:** mínima distancia entre una masa y otra para garantizar que no habrá descarga por acercamiento.

**DISTRIBUIDOR LOCAL (DL):** persona que opera y transporta energía eléctrica en un SDL, o que ha constituido una empresa cuyo objeto incluye el desarrollo de dichas actividades; y la operará directamente o por interpuesta persona (Operador).


**EFEECTO JOULE:** calor generado en un conductor debido a la circulación de corriente eléctrica a través del mismo.

**ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA:** elemento o conjunto metálico conductor que se pone en contacto con la tierra física o suelo, ubicado lo más cerca posible del área de conexión del conductor de puesta a tierra al sistema.

**EMPRESA:** hace referencia a la Empresa de Energía para el Amazonas ENAM S.A. E.S.P.

**EQUIPO DE MEDICIÓN:** todos los transformadores de medición, medidores y el cableado necesario para realizar la medición en un punto de conexión.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 207 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

**ESTRUCTURA:** conjunto de elementos que sirven de soporte para los conductores, aisladores y accesorios de redes eléctricas. Pueden ser en concreto, fibra de vidrio, madera o metálicas.

**FACTOR DE DEMANDA:** razón entre la demanda máxima de una instalación o parte de una instalación y la carga instalada en la instalación considerada.

**FACTOR DE POTENCIA:** razón entre potencia activa y potencia aparente de un sistema eléctrico o parte de él.

**FACTOR DE SEGURIDAD:** razón entre el esfuerzo máximo permisible y el esfuerzo de trabajo de un componente.

**FLAMEO:** descarga disruptiva a través del aire, o sobre la superficie de aislamiento sólido o líquido, entre partes a diferente potencial producida por la aplicación de una tensión que ocasiona suficiente ionización del medio para sostener el arco eléctrico.

**FLAMEO INVERSO:** flameo ocasionado por una descarga sobre una parte del sistema eléctrico desde una parte que se encuentra conectada a tierra.

**FLECHA:** distancia vertical máxima en un vano, entre el conductor y la línea recta que une los dos puntos de sujeción.

**FRONTERA COMERCIAL:** se define como frontera comercial entre el OR, o el Comercializador y el Usuario los puntos de conexión del equipo de medida, a partir del cual este último se responsabiliza por los consumos, y riesgos operativos inherentes a su red interna.

**FUSIBLE:** dispositivo cuya función es abrir, por la fusión de uno o varios de sus componentes, el circuito en el cual está insertado.

**GABINETE:** caja metálica diseñada para instalarse de forma empotrada, sobrepuesta o auto soportada, provista de un marco, dispuesta para alojar elementos o equipos.

**IMPULSO:** onda de corriente o tensión de muy corta duración y de una magnitud determinada.


**INFLAMABLE:** material que se puede encender y quemar rápidamente.

**INTERRUPTOR:** dispositivo destinado al cierre y apertura de un circuito bajo condiciones normales o de sobrecarga.

**INTERRUPTOR DE POTENCIA (DISYUNTOR):** dispositivo capaz de cerrar y abrir un circuito bajo condiciones nominales, de sobrecarga y de cortocircuito.

**MARGEN DE PROTECCIÓN:** diferencia entre la tensión que soporta del equipo a proteger ante unas condiciones dadas y la tensión real que aparece en el equipo

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 208 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

ante la operación del descargador, expresada en porcentaje con respecto a esta última.

**MEDIA TENSIÓN:** nivel de tensión mayor a 1 kV y menor a 57,5 kV.

**MEDIDOR:** aparato que mide la demanda máxima y los consumos de energía activa o reactiva o las dos. La medida de energía puede ser realizada en función del tiempo y puede o no incluir dispositivos de transmisión de datos.

**MÓDULO DE ELASTICIDAD:** cantidad de tensión mecánica que se puede aplicar a un material por unidad de área y por alargamiento unitario para que éste presente alguna deformación.

**MONTMORILLONITA:** es un mineral del grupo de los silicatos, subgrupo filosilicatos y dentro de ellos pertenece a las llamadas arcillas. Es un hidroxisilicato de magnesio y aluminio, con otros posibles elementos.

**MT:** designa circuitos, equipos o materiales al nivel de media tensión.

**MV:** médium voltaje. Designación utilizada para identificar cables aislados en media tensión.

**NIVEL BÁSICO DE AISLAMIENTO AL IMPULSO (BIL):** tensión pico de referencia que representa el nivel de resistencia del aislamiento con respecto al impulso tipo rayo normalizado (1,2/50  $\mu$ s).

**NIVEL DE AISLAMIENTO:** capacidad de aislamiento expresada en términos de la tensión no disruptiva.

**NIVEL DE TENSIÓN:** es el rango de tensión desde el cual se presta el servicio según la siguiente clasificación:

Extra alta tensión (EAT): corresponde a tensiones superiores a 230 kV.

Alta tensión (AT): tensiones mayores o iguales a 57,5 kV y menores o iguales a 230 kV.

Media tensión (MT): los de tensión nominal superior a 1000 V e inferior a 57,5 kV.


Baja tensión (BT): los de tensión nominal mayor o igual a 25 V y menor o igual a 1000 V.

Muy baja tensión (MBT): tensiones menores de 25 V.

**NORMA:** documento aprobado por una institución reconocida, que prevé, para un uso común y repetido, reglas, directrices o características para los productos o los procesos y métodos de producción conexos, servicios o procesos, cuya observancia no es obligatoria.

**OPERADOR DE RED (OR):** persona encargada de la planeación de la expansión y de las inversiones, operación y mantenimiento de todo o parte de un SDL.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 209 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

**PARARRAYO:** elemento metálico resistente a la corrosión, cuya función es interceptar los rayos que podrían impactar directamente sobre la instalación a proteger (se denomina terminal de captación).

**PERSONA CALIFICADA:** persona capacitada, familiarizada y apta en la construcción y funcionamiento de los equipos y los riesgos que conllevan.

**POSTE:** elemento de forma troncocónica, fabricado de madera o concreto cuya función es servir de apoyo a los conductores y herrajes en redes aéreas.

**PUERTA CORTAFUEGO:** puerta que cumple los criterios de estabilidad, estanqueidad, no emisión de gases inflamables y aislamiento térmico durante un período de tiempo determinado.

**PUESTA A TIERRA:** grupo de elementos conductores equipotenciales, en contacto eléctrico con el suelo o una masa metálica de referencia común, que distribuye las corrientes eléctricas de falla en el suelo o en la masa. Comprende electrodos, conexiones y cables enterrados.

**PUNTO DE CONEXIÓN:** punto eléctrico común en el cual el equipo de un usuario está conectado a un STR o SDL para propósito de transferir energía eléctrica entre las partes.

**PUNTO DE MEDICIÓN:** punto de conexión eléctrico del circuito primario del transformador de corriente que está asociado al punto de conexión o a los bornes del medidor, en el caso del nivel de tensión I.

**RADIACIÓN SOLAR:** energía radiada por el sol, produciendo calentamiento en el conductor y afectando la temperatura del mismo.

**RAMAL EN MEDIA TENSIÓN:** circuito energizado a nivel de tensión II que parte de un alimentador.


**RECONNECTADOR:** interruptor automático de protección contra sobrecorrientes y programado para reconexiones en una secuencia determinada.

**RED DE DISTRIBUCIÓN:** conjunto de las instalaciones cuyo propósito es el suministro de electricidad a usuarios situados en un área, a niveles de media y/o baja tensión. Conjunto compuesto por conductores, aisladores, estructuras y accesorios destinados a la distribución de energía eléctrica.

**REGULACIÓN DE TENSIÓN:** diferencia entre la magnitud de la tensión en un punto del sistema eléctrico en vacío y la magnitud de la tensión a plena carga en dicho punto, expresada en porcentaje con respecto a esta última.

**RELÉ:** dispositivo de estado sólido o electromecánico cuya función es inducir acciones en un sistema o circuito ante cierto tipo de condiciones en tal sistema.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 210 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

**SECCIONADOR:** dispositivo destinado a hacer un corte visible en un circuito eléctrico, está diseñado para que se manipule después de que el circuito se ha abierto por otros medios.

**SEÑALIZACIÓN:** conjunto de medios, dispuestos para reflejar las advertencias de seguridad en una instalación.

**SERVIDUMBRE:** franja de terreno que se deja sin obstáculos a lo largo de una línea o red de transporte o distribución de energía eléctrica, como margen de seguridad para la construcción, operación y mantenimiento de dicha línea, así como para tener una interrelación segura con el entorno.

**SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN LOCAL (SDL):** sistema de transmisión de energía eléctrica compuesto por redes de distribución municipales; conformado por el conjunto de líneas y subestaciones, con sus equipos asociados, que operan a tensiones menores de 220 kV que no pertenecen a un STR por estar dedicadas al servicio de un sistema de distribución municipal, distrital o local.

**SISTEMA DE PUESTA A TIERRA (SPT):** conjunto de elementos conductores de un sistema eléctrico específico, sin interrupciones ni fusibles, que conectan los equipos eléctricos con el terreno o una masa metálica. Comprende la puesta a tierra y la red equipotencial de cables que normalmente no conducen corriente.

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

**SUBESTACIÓN:** conjunto único de instalaciones, equipos eléctricos y obras complementarias, destinado a la transferencia de energía eléctrica, mediante la transformación de potencia.

**SUBESTACIÓN AÉREA:** subestación que se instala a la intemperie sobre una estructura.


**SUBESTACIÓN CAPSULADA:** subestación en la que los equipos, conexiones y barraje se encuentran localizados dentro de módulos o celdas.

**SUBESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN:** subestación que toma potencia de circuitos de media tensión y la entrega al nivel requerido por el usuario.

**SUBESTACIÓN DE PEDESTAL:** subestación que se instala a la intemperie y en la cual el transformador se instala sobre una fundación en concreto.

**TENSIÓN DE CONTACTO:** diferencia de potencial que durante una falla se presenta entre una estructura metálica puesta a tierra y un punto de la superficie del terreno a una distancia de un metro. Esta distancia horizontal es equivalente a la máxima que puede soportar una persona al extender un brazo.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 211 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

**TENSIÓN DE DESCARGA:** tensión que aparece entre los terminales de un descargador de sobretensiones cuando circula determinada corriente de descarga.

**TENSIÓN DE PASO:** diferencia de potencial que durante una falla se presenta entre dos puntos de la superficie del terreno, separados por una distancia de un metro (Aproximadamente un paso).

**TENSIÓN MÁXIMA DE OPERACIÓN CONTINUA (MCOV):** el máximo valor eficaz de la tensión a frecuencia industrial que puede ser aplicado a los terminales de un descargador de óxido de Zinc.

**TENSIÓN TRANSFERIDA:** caso especial de tensión de contacto, donde se induce una tensión en un sitio remoto de la subestación o a una puesta a tierra.

**TEMPERATURA AMBIENTE PROMEDIO:** valor promedio de la serie de registros de temperatura promedio anual.

**TEMPERATURA COINCIDENTE:** también conocida como temperatura mínima promedio. Valor promedio de la serie de registros de temperatura mínima absoluta.

**TEMPERATURA MÁXIMA ABSOLUTA:** es la temperatura máxima medida en un período de tiempo determinado.

**TEMPERATURA MÁXIMA:** es el valor que con una probabilidad del 2% (periodo de retorno de 50 años), puede ser excedido en un año. Se obtiene a partir de la serie de registros anuales de temperaturas máximas absolutas.

**TEMPERATURA MÁXIMA DEL CONDUCTOR:** valor promedio de la serie de registros de temperatura máxima absoluta sumado junto con las variaciones de los efectos Joule, Creep y radiación solar.

**TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO:** valor promedio de la serie de registros de temperatura máxima absoluta.


**TEMPERATURA MÍNIMA ABSOLUTA:** es la temperatura mínima medida en un período de tiempo determinado.

**TEMPERATURA MÍNIMA:** valor de temperatura para la cual, en un período de un año, existe una probabilidad del 2% (período de retorno de 50 años), de que no se presenten temperaturas inferiores. Se obtiene a partir de la serie de registros anuales de temperaturas mínimas absolutas.

**TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO:** valor promedio de la serie de registros de temperatura mínima absoluta. Se le conoce también como temperatura coincidente.

**TEMPERATURA PROMEDIO:** valor promedio de la serie de registros de temperatura media anual.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 212 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

**TEMPLETE:** elemento que se utiliza para contrarrestar los esfuerzos horizontales en estructuras no auto soportantes.

**TRANSFORMADOR DE MEDIDA:** transformador utilizado para adecuar señales de tensión o corriente a niveles admisibles o nominales para un medidor de energía.

**VALOR PICO:** valor máximo que alcanza una onda tipo impulso.

**VANO:** distancia horizontal entre dos apoyos adyacentes de una línea o red.

**VANO CRÍTICO:** vano teórico en donde los esfuerzos mecánicos de máxima velocidad de viento coinciden con los esfuerzos mecánicos de mínima temperatura.

**VANO MÁXIMO:** vano permitido según permita la altura de la estructura o la distancia entre conductores en la estructura.

**VANO PESO:** longitud existente entre los vértices, ya sean ficticios o reales, de las catenarias de los vanos contiguos a un apoyo o estructura.

**VANO REGULADOR:** vano teórico equivalente a un conjunto de vanos comprendidos entre dos estructuras de retención que simula las variaciones de esfuerzos por cambio de temperatura y velocidad de viento.

**VANO VIENTO:** media de las longitudes reales de los vanos contiguos a un apoyo o estructura.

**VELOCIDAD DE VIENTO DE DISEÑO:** velocidad resultante de aplicar a la velocidad máxima de viento todas las correcciones por altura sobre el suelo y categoría del suelo.

**VELOCIDAD DE VIENTO MÁXIMO PROMEDIO:** valor promedio de la serie de registros de velocidad máxima anual.


**VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO DE DISEÑO:** velocidad resultante de aplicar a la velocidad promedio de viento todas las correcciones por altura sobre el suelo y categoría del suelo.

**VELOCIDAD MÁXIMA DE VIENTO:** también conocida como velocidad de viento básico, es la velocidad de ráfaga de 3 segundos, que se estima será excedida en promedio una vez cada 50 años, medida a 10 m de altura del terreno y en campo abierto.

**VELOCIDAD PROMEDIO DE VIENTO:** valor promedio de la serie de registros de velocidad media anual.

**VIDA ÚTIL:** tiempo durante el cual un bien cumple la función para la que fue diseñado.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 213 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	

	CÓDIGO	PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	VERSIÓN	A1
	ENAM-GD-MN-002	NORMAS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	FECHA	ENE-2015

ZONA NO INTERCONECTADA (ZNI): Para todos los efectos relacionados con la prestación del servicio público de energía eléctrica se entiende por Zonas No Interconectadas a los municipios, corregimientos, localidades y caseríos no conectadas al Sistema Interconectado Nacional.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	Página 214 de 214
COORDINACIÓN OPERATIVA	GERENCIA DISTRIBUCIÓN	GERENCIA GENERAL	