

**ANÁLISIS, CÁLCULO Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN EN
MEDIA Y BAJA TENSIÓN PARA LA ELECTRIFICACIÓN RURAL DE LOS
USUARIOS DE LA VEREDA LAS HORTENSIAS DEL CORREGIMIENTO EL
LLANITO MUNICIPIO BARRANCABERMEJA.**

JUAN FRANCISCO CENTENO TORRES

FABER ARMANDO ISAZA SÁNCHEZ



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2012**

**ANÁLISIS, CÁLCULO Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN EN
MEDIA Y BAJA TENSIÓN PARA LA ELECTRIFICACIÓN RURAL DE LOS
USUARIOS DE LA VEREDA LAS HORTENSIAS DEL CORREGIMIENTO EL
LLANITO MUNICIPIO BARRANCABERMEJA.**

JUAN FRANCISCO CENTENO TORRES

FABER ARMANDO ISAZA SÁNCHEZ

**Trabajo de grado para optar el título de
Ingeniero Electricista**

Director:

ING. CIRO JURADO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA**

2012

DEDICATORIA

Dios por permitirme cumplir esta gran meta.

A Olga Sánchez y Armando Isaza por su esfuerzo y apoyo incondicional durante mi vida universitaria.

A Sigrid Sánchez por su comprensión durante esta etapa de mi vida.

A todos mis amigos que han aportado para alcanzar este logro.

Todo es posible si le crees a Dios.

Faber Armando Isaza Sánchez

DEDICATORIA

A Dios.

A mis padres Libardo Centeno y Dennys Torres por su apoyo incondicional durante mi vida universitaria.

A mi hermana Yiddys Martínez que me impulso a realizar este gran logro.

A mis amigos que me aportaron sabiduría e hicieron de la universidad una experiencia maravillosa.

Y a todos aquellos que creyeron en mí y que me apoyaron.

Juan Francisco Centeno Torres

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

A Ciro Jurado Jerez, Ingeniero Electricista UIS y Director del proyecto, por su tiempo, paciencia y colaboración a lo largo del desarrollo de este proyecto.

A la Secretaria de Infraestructura de Barrancabermeja y la Alcaldía municipal de Barrancabermeja quienes permitieron que este proyecto fuera posible.

A Jorge Norberto Ferreira Ballesteros y Rodolfo Romero, por su valiosa cooperación para este proyecto.

A todas las personas que se hicieron partícipes con sus opiniones en el transcurso de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	22
2. GENERALIDADES	23
2.1. OBJETIVOS.....	23
2.1.1. Objetivo general	23
2.1.2. Objetivos específicos	23
3. MONOGRAFÍA DE LA ZONA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	25
3.1. INFORMACIÓN GENERAL	26
3.2. RESEÑA HISTÓRICA.....	26
3.3. GEOGRAFÍA.....	27
3.4. LÍMITES.....	27
3.5. ECONOMÍA	27
3.6. VÍAS DE COMUNICACIÓN	28
3.7. VEREDAS DE INFLUENCIA EN EL PRESENTE PROYECTO.....	28
4. RESUMEN GENERAL DEL PROYECTO	29
5. MEMORIAS DE CÁLCULO	30
5.1. PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE DISEÑO	30
5.1.1. Factor de demanda	30
5.1.2. Factor de potencia.....	30
5.1.3. Factor de diversidad.....	30
5.1.4. Nivel de tensión de servicio.....	30
5.1.5. Regulación de tensión.....	30
5.1.6. Pérdidas máximas de energía y potencia	31
5.1.7. Impedancias máximas de puesta a tierra.....	31
5.1.8. Clase de apantallamiento.....	32
5.1.9. Tipo de conductor (calibre mínimo)	32
5.1.10. Distancias mínimas	32
5.2. PARÁMETROS MECÁNICOS DE DISEÑO	35
5.2.1. Apoyos	35

5.2.2.	Hipótesis de carga.....	36
5.2.3.	Factores de seguridad.....	36
5.2.4.	Definición de hipótesis	37
5.3.	ESFUERZOS EN LOS APOYOS.....	38
5.3.1.	Verticales.....	38
5.3.2.	Por viento	38
5.3.3.	Por ángulo de desviación	39
5.3.4.	Longitudinales	39
5.3.5.	Por levantamiento	40
5.4.	MOMENTOS EN LOS APOYOS.....	40
5.4.1.	Momentos de presión del viento.....	40
5.4.2.	Por tensión en los conductores	41
5.4.3.	Momento resistente.....	42
5.4.4.	Grafico de utilización del poste.....	42
5.5.	TEMPLETES.....	42
5.5.1.	Anclaje	43
5.6.	MOMENTOS EN PORTA AISLADORES (ESPIGOS)	44
5.7.	POSTERÍA.....	45
5.7.1.	Cimentación de postería	45
6.	CÁLCULOS PARA RED DE MEDIA TENSIÓN	47
6.1.	CÁLCULOS ELÉCTRICOS.....	47
6.1.1.	Nivel de tensión.....	47
6.1.2.	Diagrama topológico	47
6.1.3.	Cálculo de la regulación y pérdidas de potencia	48
6.1.4.	Selección del conductor	50
6.1.5.	Parámetros y características de la línea	51
6.1.6.	Efecto Corona	51
6.2.	CÁLCULOS MECÁNICOS.....	53
6.2.1.	Características del conductor	53
6.2.2.	Cálculo de las tensiones en los vértices de la catenaria	53
6.2.3.	Cálculo tipo.....	57
6.2.4.	Ecuación de cambio de estado	61

6.2.5.	Flechas máximas verticales	64
6.2.6.	Ecuación de la catenaria de la línea en caliente	67
6.2.7.	Ecuación de la catenaria de la línea en frío	68
6.2.8.	Curvas de tendido	69
6.3.	CÁLCULO DE ESFUERZOS SOBRE CONDUCTORES Y APOYOS	70
6.3.1.	Esfuerzo transversal producido por el viento sobre el poste	70
6.3.2.	Esfuerzos resultantes de ángulo	72
6.4.	CÁLCULO DE MOMENTOS	73
6.4.1.	Momentos debidos al viento	73
6.4.2.	Momentos por cambio de dirección de línea	75
6.4.3.	Momento resistente	75
6.4.4.	Curva de utilización del poste	76
6.5.	CÁLCULO DE TEMPLETES	81
6.5.1.	Templetes para contrarrestar los esfuerzos longitudinales	81
6.5.2.	Templetes para contrarrestar los esfuerzos transversales	84
6.5.3.	Anclajes	88
6.6.	ANÁLISIS MECÁNICO DEL ESPIGO	89
6.6.1.	Curva de utilización del espigo	91
7.	CÁLCULOS PARA RED DE BAJA TENSIÓN	93
7.1.	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	93
7.1.1.	Carga instalada en la casa modelo	93
7.1.2.	Acometidas de viviendas	94
7.1.3.	Cálculo de las corrientes primarias	94
7.1.4.	Cálculo de las protecciones primarias	94
7.1.5.	Cálculo de los pararrayos	95
7.1.6.	Cálculo del barraje	95
7.1.7.	Selección de subestaciones	96
7.1.8.	Cálculo de regulación	96
7.1.9.	Diagramas topológicos y cuadros de regulación	96
7.2.	CÁLCULOS MECÁNICOS	101
7.2.1.	Características del conductor	101
7.2.2.	Tensiones en los vértices de la catenaria para el conductor de B.T	102

7.2.3.	Cálculos tipo.....	105
7.2.4.	Ecuación de cambio de estado	109
7.2.5.	Flechas máximas verticales	112
7.2.6.	Ecuación de la catenaria	115
7.2.7.	Curvas de tendido	116
7.3.	CÁLCULO DE ESFUERZOS SOBRE CONDUCTORES Y APOYOS	117
7.3.1.	Esfuerzo transversal producido por el viento sobre el poste	117
7.3.2.	Esfuerzos resultantes de ángulo	118
7.4.	CÁLCULO DE MOMENTOS	118
7.4.1.	Momentos debidos al viento.....	118
7.4.2.	Momentos por cambio de dirección de línea.....	119
7.4.3.	Momento resistente.....	119
7.4.4.	Curva de utilización del poste.....	120
7.5.	CÁLCULO DE TEMPLETES.....	122
7.5.1.	Templetes para contrarrestar los esfuerzos longitudinales	122
7.5.2.	Templetes para contrarrestar los esfuerzos transversales.....	124
7.6.	INSTALACIONES INTERNAS	126
7.6.1.	Acometidas.....	126
7.6.2.	Medidores de energía	127
7.6.3.	Circuitos ramales.....	128
8.	PUESTA A TIERRA	129
8.1.	REQUISITOS GENERALES DE LA PUESTA A TIERRA.....	129
8.2.	MATERIALES PARA LOS SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA.....	130
8.2.1.	Electrodos de puesta a tierra.....	130
8.3.	ATERORIZAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS.....	131
8.3.1.	Bajante de puesta a tierra	131
8.3.2.	Cruceta metálica	132
8.3.3.	Pernos y anillos espaciadores.....	132
8.3.4.	Vientos o retenidas.....	132
8.3.5.	Postes de concreto.....	133
8.4.	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA MEDIA TENSIÓN.....	133
8.5.	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA BAJA TENSIÓN	133

9.	CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES	134
9.1.	PARARRAYOS (DPS)	134
9.1.1.	Conectores terminales y herrajes.....	134
9.2.	CORTACIRCUITOS.....	135
9.2.1.	Fusible.....	135
9.3.	TRANSFORMADOR AUTOPROTEGIDO	136
9.3.1.	Potencia y tensión.....	136
9.3.2.	Nivel de aislamiento	136
9.4.	AISLADORES	137
9.4.1.	Especificaciones generales.....	137
9.4.2.	Aisladores para media tensión	138
9.4.3.	Aisladores para baja tensión	138
9.4.4.	Aisladores para templetes (tensor).....	139
9.5.	CRUCETAS	139
9.5.1.	Crucetas metálicas.....	139
9.6.	PERCHAS	140
9.6.1.	Percha galvanizada.....	141
9.7.	ESPIGOS.....	142
9.8.	HERRAJES.....	142
9.8.1.	Arandelas	143
9.8.2.	Tuerca de ojo	143
9.8.3.	Grapas	144
9.8.4.	Tornillos y pernos.....	145
9.8.5.	Varilla de anclaje	145
9.8.6.	Tuercas hexagonales	146
9.8.7.	Guardacabos.....	146
9.8.8.	Estribo	146
9.8.9.	Varillas de puesta a tierra.....	147
10.	PRESUPUESTO	148
11.	CONCLUSIONES	174
	BIBLIOGRAFÍA.....	175
	ANEXOS	176

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Influencia terrestre hacia Barrancabermeja.	28
Tabla 2. Porcentajes de regulación de tensión	31
Tabla 3. Porcentajes de pérdidas máximas de energía y potencia	31
Tabla 4. Impedancias máximas de puesta a tierra.....	32
Tabla 5. Calibre mínimo del conductor	32
Tabla 6. Distancias mínimas de aislamiento	33
Tabla 7. Distancias mínimas de seguridad para diferentes lugares y situaciones .	33
Tabla 8. Distancias mínimas a edificaciones y estructuras similares	34
Tabla 9. Factores de seguridad	36
Tabla 10. Carga de rotura de los templetes	43
Tabla 11. Característica de postería de concreto	45
Tabla 12. Excavación para postes	46
Tabla 13. Pérdidas de potencia y Regulación M.T.....	50
Tabla 14. Características del conductor M.T.....	53
Tabla 15. Varilla de anclaje.....	88
Tabla 16. Dimensiones de espigos para 13,2 kV	90
Tabla 17. Demanda máxima de los usuarios	94
Tabla 18. Fusibles.....	95
Tabla 19. Selección de subestaciones.....	96
Tabla 20. Cuadro de regulación TN1	97
Tabla 21. Cuadro de regulación TN2	98
Tabla 22. Cuadro de regulación TN3	99

Tabla 23. Cuadro de regulación TN4	99
Tabla 24. Cuadro de regulación TN5	100
Tabla 25. Características del conductor B.T.	101
Tabla 26. Requisitos para electrodos de puesta a tierra	130
Tabla 27. Requerimientos para pararrayos (DPS) de óxido metálico	134
Tabla 28. Corrientes de Fusión TIPO K (rápido).....	135
Tabla 29. Nivel de asilamiento transformador autoprotegido.	136
Tabla 30. Aisladores para media tensión	138
Tabla 31. Aisladores para baja tensión.....	138
Tabla 32. Aisladores tipo tensor.....	139
Tabla 33. Requisitos químicos de la cruceta metálica.	139
Tabla 34. Requisitos químicos de la percha galvanizada.	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización general del municipio	25
Figura 2. Localización del corregimiento en el municipio.....	25
Figura 3. Distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones	34
Figura 4. Fuerza sobre un aislador y su espigo	44
Figura 5. Cimentación de postes	46
Figura 6. Diagrama topológico M.T. Zona 1	47
Figura 7. Diagrama topológico M.T. Zona 2.....	48
Figura 8. Disposición de conductores media tensión	50
Figura 9. Altura del conductor M.T. Apoyo 12 m.....	56
Figura 10. Curva en Caliente (máxima temperatura)	68
Figura 11. Curva en frio (mínima temperatura)	69
Figura 12. Curvas de tendido del conductor.	70
Figura 13. Altura del conductor M.T. Apoyo 14 m.....	74
Figura 14. Curvas de utilización de los apoyos de paso de 12 m	78
Figura 15. Curvas de utilización de los apoyos de retención de 12 m	79
Figura 16. Curvas de utilización apoyo de 14 m	80
Figura 17. Árbol de cargas para estructuras sencillas.	81
Figura 18. Curvas de utilización con templete apoyo 12 m.....	86
Figura 19. Curva de utilización con dos templetes apoyo 14 m	87
Figura 20. Detalle de la zapata	88
Figura 21. Detalle de la concretada	89
Figura 22. Curva utilización del espigo	92

Figura 23. Diagrama topológico TN1	97
Figura 24. Diagrama topológico TN2	98
Figura 25. Diagrama topológico TN3	98
Figura 26. Diagrama topológico TN4	99
Figura 27. Diagrama topológico TN5	100
Figura 28. Altura del conductor B.T.	104
Figura 29. Catenaria para B.T.....	116
Figura 30. Curvas de tendido B.T	116
Figura 31. Curvas de utilización de los apoyos de B.T.	121
Figura 32. Árbol de cargas para estructuras sencillas.	122
Figura 33. Curvas de utilización con templete	125
Figura 34. Aterrizamiento de pernos y anillos espaciadores.....	132
Figura 35. Aterrizamiento de vientos y retenidas	133

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A - POSTERÍA	177
Anexo B. INSTALACIÓN DOMICILIARIA	183
Anexo C. MONTAJE TRANSFORMADOR AUTOPROTEGIDO	185
Anexo D. INSTALACIÓN VIENTO CONVENCIONAL	187
Anexo E. PUESTA A TIERRA.....	191
Anexo F. INTEGRADOR EN BAJA TENSIÓN PARA TRANSFORMADOR MONOFÁSICO.	200
Anexo G. HERRAJERÍA	203
Anexo H. AISLADORES	230
Anexo I. FUSIBLE TIPO K	234

RESUMEN

TITULO: ANÁLISIS, CÁLCULO Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN PARA LA ELECTRIFICACIÓN RURAL DE LOS USUARIOS DE LA VEREDA LAS HORTENSIAS DEL CORREGIMIENTO EL LLANITO MUNICIPIO BARRANCABERMEJA*.

AUTORES: JUAN FRANCISCO CENTENO TORRES, FABER ARMANDO ISAZA SÁNCHEZ**

PALABRAS CLAVES: Electrificación rural, diseño de media y baja tensión, cálculos eléctricos y mecánicos.

El presente análisis pretende aportar a los habitantes de la vereda Las Hortensias del corregimiento El Llanito municipio de Barrancabermeja un diseño que cumpla con los requisitos técnicos y así mismo que ofrezca calidad de servicio a la población residente en este lugar.

A lo largo del presente estudio se analiza, y realizan los diferentes cálculos eléctricos, mecánicos y el diseño de los planos necesarios para la construcción de una red de distribución rural en media y baja tensión a nivel residencial enfatizando en lo que a electrificación rural se refiere, ciñéndose a lo manifestado en las normas vigentes Normas de la EPM, reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE), NTC 2050 y la Norma de instalaciones eléctricas rurales de la electrificadora de Santander (ESSA EPM S.A). También se elabora un presupuesto indicando cantidades de elementos, calibres de conductores y otros detalles necesarios para la construcción de la red de distribución que argumente la viabilidad económica del proyecto.

Con esta clase de proyectos la Universidad Industrial de Santander, aporta al crecimiento y al desarrollo de la comunidad, entregando estudios, detalles, y acompañamiento en la formulación y cumplimiento de proyectos que permiten el mejoramiento de vida de los habitantes del departamento de Santander.

* Proyecto de grado

** Facultad de ciencias físico – mecánicas, escuela de ingeniería eléctrica, electrónica y de telecomunicaciones. Director: Ing. Ciro Jurado Jerez.

ABSTRACT

TITLE: ANALYSIS, CALCULATION AND DESIGN OF A DISTRIBUTION NETWORK IN A MEDIUM AND LOW VOLTAGE FOR THE RURAL ELECTRIFICATION FOR THE PEOPLE WHO LIVES IN “LAS HORTENSIAS” VILLAGE OF “EL LLANITO” TOWNSHIP OF BARRANCABERMEJA*.

AUTHORS: JUAN FRANCISCO CENTENO TORRES, FABER ARMANDO ISAZA SÁNCHEZ**

KEY WORDS: Rural electrification, medium and low voltage design, mechanical and electrical calculation.

The present analysis aims contribute to the habitants of the village “Las Hortensias” township “El Llanito” of Barrancabermeja a design which response to the technical requirements in the same way to offer quality of service to the people who lives in that place.

Through this study is analyze and make different electrical and mechanical calculation and the design of the necessary planes to building a rural electrification in low and medium voltage in a residential level emphasizing in the statements by the current regulations for the electricity sector, as are, EPM, RETIE, NTC 2050 and the Standard for the construction of distribution systems and rural electrification of the ESSA EPM S.A. Also is doing an estimation prices to show quantity of elements, kind of conductors and other necessary details to the construction of the distribution system which response to the economic viability of the project.

With this type of the projects the Industrial University of Santander, contributes to the development and progress of the community, by providing studies, details and accompaniment in the formulation and achieving of projects which helps in the improvement of the quality of life of people of the department of Santander.

* Undergraduate thesis

** Physic – mechanic science faculty, electric, electronic and telecommunications engineering school. Director: Eng. Ciro Jurado Jerez.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado aclara y define los requerimientos técnicos necesarios para la electrificación rural de la vereda Las Hortensias del corregimiento El Ilanito, del municipio Barrancabermeja. En el cuerpo del proyecto, se exponen los cálculos eléctricos y mecánicos que se utilizaron al momento de realizar el diseño de la red de distribución de media y baja tensión y el montaje de los transformadores.

Dichos cálculos junto con el presupuesto, también contenido en este trabajo de grado, son la base para poder radicar este proyecto en la electrificadora de Santander EPM S.A. y de esa manera aplicar ante la gobernación de Santander en los presupuestos de la electrificación rural que esta entidad desarrolla en el departamento.

Debido al bajo consumo eléctrico realizado en las zonas rurales, para la electrificadora de la región no representa un beneficio económico directo, las empresas electrificadoras se preocupan por extender el servicio público a éstas zonas, sin embargo, la gobernación de Santander apoya este tipo de proyectos que contribuyen al desarrollo social de las regiones rurales y mejora la calidad de vida de la población residente en dichas zonas, así que ésta entidad contribuye con las instalaciones de dichas redes a través de convenios interadministrativos con la Electrificadora de Santander EPM S.A. en los cuales la gobernación hace el aporte económico para la construcción de proyectos de este tipo y la electrificadora se encarga de su construcción y mantenimiento.

La Universidad Industrial de Santander a su vez, también apoya este tipo de proyectos que sirven para promover el desarrollo regional y cumpliendo con su responsabilidad social, pone a disposición sus estudiantes y docentes para la elaboración de estos diseños que respaldan el desarrollo y emprendimiento de la comunidad, ofreciendo equidad e igualdad de derechos a todas las personas.

2. GENERALIDADES

2.1. OBJETIVOS

2.1.1. Objetivo general

Analizar y realizar cálculos eléctricos y mecánicos junto con diversos planos necesarios para la construcción de una red de distribución rural en media y baja tensión a nivel residencial; mediante un diseño que satisfaga los requisitos técnicos y a su vez brinde seguridad, eficiencia económica y calidad de servicio a la población residente en la vereda Las Hortensias el corregimiento El Llanito municipio Barrancabermeja. Que permita el mejoramiento de la calidad de vida de dichas personas.

2.1.2. Objetivos específicos

- ✓ Realizar estudios y entregar detalles, recomendaciones y observaciones, junto con plano de construcción, plano y diagramas de detalle, planos de localización del proyecto, diagramas unifilares en los planos eléctricos y demás planos autosustentables que sirven de guía para la electrificación rural de la vereda las Hortensias en el corregimiento El Llanito basándonos en las normas vigentes: RETIE, NTC 2050 y la Norma de instalaciones eléctricas rurales de la ESSA.
- ✓ Diseñar un sistema de distribución que garantice confiabilidad de la energía eléctrica en la vereda Las Hortensias en el corregimiento El Llanito, cumpliendo con la regulación de tensión, dimensionamiento de conductores y equipos.
- ✓ Elaborar un presupuesto indicando cantidades de elementos, calibres de conductores, dimensiones de postería, especificaciones de luminarias, costo del transformador de distribución y demás detalles necesarios para la construcción de la red de distribución que argumente la viabilidad económica del proyecto.

2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente la vereda las Hortensias del corregimiento El Llanito municipio de Barrancabermeja, no cuenta con el suministro de energía eléctrica generando problemas como lo son la inseguridad debido a la falta de alumbrado público, la reducida dieta alimenticia ya que no cuentan con la refrigeración de alimentos, no cuentan con iluminación dentro de las viviendas para realizar sus quehaceres en

momentos donde la luz del sol no es suficiente, generando baja calidad y poca expectativa de vida, es por eso que la energía eléctrica se convierte en un servicio esencial para todo colombiano.

2.3. JUSTIFICACIÓN

La provisión de servicio de energía eléctrica a las poblaciones rurales se ha tornado muy difícil ya que los niveles de ingreso son casi siempre más bajos que en la zona urbana, es por esto que el gobierno ha optado por apoyar la extensión de servicios públicos domiciliarios en las zonas rurales¹ para respaldar el desarrollo y emprendimiento de la comunidad, dando equidad e igualdad de derechos a todas las personas de la región.

2.4. ALCANCE

El objeto principal de este proyecto es analizar y realizar cálculos eléctricos y mecánicos junto con diversos planos necesarios para la construcción de una red de distribución rural en media y baja tensión a nivel residencial en la vereda Las Hortensias, basándonos en las normas colombianas vigentes tales como la norma de la ESSA y la norma NTC 2050, posteriormente verificando su cumplimiento y conformidad con dichas normas, con el ánimo de brindar seguridad, confianza, eficiencia y economía a toda la población residente en dicha vereda.

¹ El **FANZI** (Fondo de Electrificación de Zonas No Interconectadas) y el **FAER** (Fondo de Electrificación Rural) son establecidos para ayudar a la extensión de la electrificación rural en Colombia.

3. MONOGRAFÍA DE LA ZONA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

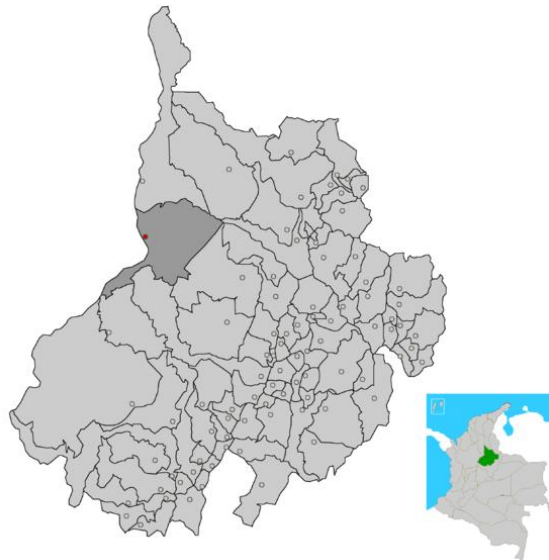


Figura 1. Localización general del municipio

Fuente: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AMunsSantander-barrancabermeja.png>



Figura 2. Localización del corregimiento en el municipio

Fuente: Google maps <http://g.co/maps/qqcsb>

3.1. INFORMACIÓN GENERAL

Temperatura: 31°C promedio

Altura: 75,94 m

Humedad relativa 72 a 77%

Ext Territorial: 1 154 km²

Habitantes: 300 000 aproximadamente

3.2. RESEÑA HISTÓRICA

La historia del valle medio del río Magdalena se remonta a la época Precolombina, allí el puerto de la Tora o Toca, hoy Barrancabermeja, era uno de los más importantes lugares de intercambio de productos y sitio de llegada del camino que comunicaba el río con el altiplano a través de los cerros del Opón.

La memoria histórica del Puerto Petrolero registra a una generación de hombres valientes que tienen sus antepasados en Los Yariguies, el grupo étnico que poblaba la zona comprendida entre la desembocadura del río Lebrija hasta la desembocadura del río Carare en el río Magdalena.

Los Yariguies se dedicaban a la cacería, la recolección de frutos, la pesca, el cultivo de maíz, entre otros, eran además buenos nadadores y navegantes. Su eficaz adaptación al medio selvático les permitió mantenerse independientes y bélicos bajo el mando de un solo jefe, el cacique Pipatón, en su lucha de resistencia contra la invasión española.

En 1536 llega la expedición española al mando de Gonzalo Jiménez de Quezada descubriendo un caserío que llamó “Barrancas Bermejas” por el color rojizo de sus tierras.

En 1601 se realizó la fundación de Barrancabermeja y se construye la primera iglesia pajiza con el nombre de San Luis Beltrán.

En 1884 Geo Von Lenguer que toma muestra del producto de la quina y la lleva a los laboratorios en Alemania, y en 1902, llega a Barrancabermeja el señor José Joaquín Bohórquez Domínguez, quien recoge muestras del petróleo con el fin de interesar a los capitalistas colombianos y formar una sociedad.

En 1922, el día 26 de abril, Barrancabermeja es erigida Municipio por medio de la Ordenanza No. 25 del mismo año.

La historia registra que la industria petrolera abrió el pequeño poblado de Barrancabermeja a una nueva avalancha de influencias foráneas y externas y la vinculación con la economía nacional con el capital internacional.

Barrancabermeja ha sido desde su creación como Municipio el motor petroquímico de Colombia y el centro económico y político alrededor del cual ha girado las actividades de las regiones vecinas.

3.3. GEOGRAFÍA

Barrancabermeja está situada en el fértil valle del Magdalena, en la margen derecha del río que da nombre al valle. Barrancabermeja está rodeada de un sin fin de ciénagas y quebradas que le han dado a la ciudad el apodo de "ciudad entre aguas", a pesar que no es una isla no hay ningún tipo de elevación en la ciudad, pero el área rural está atravesada en la sección oriental del área total municipal por la serranía de los yoriquíes. La principal y más conocida elevación de la serranía es la meseta de San Rafael.

3.4. LÍMITES

Barrancabermeja limita al Norte con el Río Sogamoso y el Municipio de Puerto Wilches, al Sur con los Municipios de Puerto Parra, Simácota y San Vicente de Chucurí, al Oriente con el Municipio de San Vicente de Chucurí y Girón, y al Occidente con el río Magdalena. Está comunicada por la carretera más importante del país, la Troncal de la Paz.

3.5. ECONOMÍA

En Barrancabermeja está localizada la refinería de petróleo más grande de Colombia, perteneciente a la empresa estatal Ecopetrol. Gran parte de la economía de la ciudad gira en torno a la industria petroquímica que se asienta en este municipio. La refinería de Barrancabermeja es la principal refinería del país, con una producción total de 350.000 barriles de combustible día. Entre otras labores económicas de la región, se destacan las industrias petroquímicas, la operación portuaria y los servicios logísticos para el transporte, la ganadería, la pesca, la agricultura y el comercio.

3.6. VÍAS DE COMUNICACIÓN

Por tierra, aire o agua se puede llegar y salir de Barrancabermeja.

- ✓ **Aéreas:** En Barrancabermeja se encuentra el Aeropuerto Internacional Yariguies, al que día a día arriban propios y visitantes en vuelos directos desde: Bogotá, Medellín, Cúcuta.
- ✓ **Fluviales:** A lo largo y ancho del río Magdalena se encuentran diferentes ciudades desde donde llegan pasajeros a Barrancabermeja y retornar de nuevo a su lugar de origen por vía acuática. En chalupa día a día y de manera permanente, con intervalos de una hora, hay recorridos por el río Magdalena a las diferentes poblaciones ribereñas, como lo son Puerto Wilches, Cantagallo, San pablo, Magangué.
- ✓ **Terrestre:** a continuación se muestra una tabla con la distancia desde Barrancabermeja a las principales ciudades del país.

Desde Barrancabermeja A	[km]
Bucaramanga	120
Medellín	373
Bogotá	403
Tunja	405
Manizales	408
Santa Marta	498
Barranquilla	587
Cali	710

Tabla 1. Influencia terrestre hacia Barrancabermeja.

Fuente: http://www.colombiacontact.com/destinies/santander/es_barrancabermeja.html

3.7. VEREDAS DE INFLUENCIA EN EL PRESENTE PROYECTO.

Los diseños de baja y media tensión para la electrificación rural de la vereda las Hortensias corregimiento el Llanito municipio de Barrancabermeja.

4. RESUMEN GENERAL DEL PROYECTO

En el presente proyecto se diseñaron las redes tanto de media tensión como de baja tensión, también las instalaciones internas y montajes de transformadores para la electrificación rural de la vereda las Hortensias del corregimiento El Llanito del municipio de Barrancabermeja.

✓ **Número de usuarios**

La vereda cuenta con 15 usuarios

✓ **Tipo de acometida**

De los 15 usuarios, 11 el tipo de acometida es monofásico trifilar y 4 el tipo de acometida es monofásico bifilar.

✓ **Demanda máxima por usuario**

La demanda máxima se tomara un valor de 2,14 kVA.

✓ **Cantidad de transformadores**

La red de distribución se diseñó utilizando en total 5 transformadores, de los cuales 4 tienen capacidad de 5 kVA y 1 de 10 kVA.

✓ **Líneas y redes**

- a. Para las redes de media tensión se proyectaron redes bifásicas a un nivel de tensión de 13,2 kV, con conductor calibre No. 2 AWG ACSR.
- b. Para las redes de baja tensión se proyectaron redes en cable trenzado triplex 600 V. calibre 2xNo.4 AWG AL XLPE + 1xNo.4 AWG ACSR o cable trenzado triplex 600 V. calibre 2xNo.4 AWG AL XLPE + 1xNo.4 AWG ACSR según fuera necesario para cumplir con la regulación de tensión Establecida por la ESSA ESP.

5. MEMORIAS DE CÁLCULO

5.1. PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE DISEÑO

Para establecer los parámetros de diseño es necesario tener en cuenta los criterios que posee la normativa vigente que busca la adecuada utilización de los elementos que conforman el sistema para brindar un óptimo rendimiento. A continuación se presentan dichos factores.

5.1.1. Factor de demanda

Para este tipo de proyecto de servicio Residencial Estrato socio – económico bajo (1) aparato de mayor potencia del 100% y el excedente al 50%.

5.1.2. Factor de potencia

Para el diseño expuesto se tomo un factor de potencia de 0,95 en atraso ya que las cargas rurales son constituidas básicamente por cargas de iluminación.

5.1.3. Factor de diversidad

El factor de diversidad para el estrato uno se define por medio de la siguiente expresión que se encuentra en la tabla 2.16 de la norma ESSA.

$$f_{div_res} = \frac{1}{0,2 + 0,8 * e^{\left(\frac{1-N}{6}\right)}}$$

Donde:

N: Número de Usuarios.

5.1.4. Nivel de tensión de servicio

Según la tabla 2.2 de la norma ESSA, la tensión de servicio para media y baja tensión es 13,2 kV y 120/240 V respectivamente.

5.1.5. Regulación de tensión

Existen criterios de regulación de tensión establecidos para garantizar que el nivel de tensión en el usuario final sea el adecuado, los siguientes porcentajes de regulación de tensión son tomados de la tabla 2.3 de la norma ESSA.

Descripción	%
Redes de distribución B.T., zona urbana	5
Redes de distribución B.T., zona rural	7
Acometida y alimentador (hasta tablero de distribución) para cargas concentradas o multiusuarios desde bornes del transformador	3
Acometida y alimentador (hasta tablero de distribución) desde redes de la empresa	2
Circuito ramal	2
Alumbrado público	4

Tabla 2. Porcentajes de regulación de tensión

Para los circuitos en media tensión según el numeral 2.1.4.1 de la norma ESSA, la regulación se permite un 3% desde la subestación de distribución hasta la subestación más distante.

5.1.6. Pérdidas máximas de energía y potencia

Los costos de la línea y la regulación en la subestación desempeñan un papel importante para tener porcentajes de pérdidas aceptables, es por eso que la ESSA especifica en la tabla 2.4 dichos porcentajes que son descritos a continuación.

Componente	Energía (%)	Potencia (%)
Línea de distribución (34,5 kV)	1,5	2,7
Alimentadores primarios (hasta 13,2 kV)	0,5	0,8
Transformadores	2,2	*
Redes de baja tensión	2,7	5,5

Tabla 3. Porcentajes de pérdidas máximas de energía y potencia

* Las pérdidas totales para transformadores se tomaran de acuerdo a las normas NTC 818, NTC 819 y NTC 1954.

5.1.7. Impedancias máximas de puesta a tierra

A continuación se muestra las impedancias a tierra por niveles de tensión tomadas de la tabla 2.5 de la norma ESSA

Descripción	Nivel [kV]	Z máxima [Ohm]
Subestación de distribución	34,5	10
Subestación de distribución	13,2	10
Protección contra rayos	13,2 - 34,5	10
Redes de baja tensión	B.T	20
Acometidas	B.T	25*

Tabla 4. Impedancias máximas de puesta a tierra

*La medida de puesta a tierra de las acometidas no debe ser menor que la de las redes de baja tensión.

5.1.8. Clase de apantallamiento

De acuerdo con el mapa de los niveles cerámicos que se encuentran en la figura A.1 de la Norma ESSA la región se encuentra con un nivel mayor o igual a 70. Las salidas de la línea por descargas directas o flameo inverso no deben superar 15 salidas por cada 100 km de línea por año.

5.1.9. Tipo de conductor (calibre mínimo)

En la tabla 3.13 de la norma ESSA está estipulado los valores mínimos de calibres para los conductores según su utilización e instalación, los valores de interés para este proyecto se mostraran a continuación.

Red	Utilización	Instalación	Material	Calibre mínimo (AWG)
MT	Rural	Aérea	ACSR	2
B.T	Rural	Aérea	ACSR	4
B.T	Acometida	Aérea	TW o THW	6 (Al) - 8 (Cu)

Tabla 5. Calibre mínimo del conductor

5.1.10. Distancias mínimas

Las distancias de seguridad establecidas en el siguiente apartado, aplican a conductores desnudos. Las distancias verticales se toman siempre desde el punto energizado más cercano al lugar de posible contacto. Las distancias horizontales se toman desde la fase más cercana al sitio de posible contacto. Para el caso de las redes trenzadas de Baja Tensión, no se aplican estas distancias.

✓ Distancias mínimas de aislamiento

Descripción	13,2 kV
Entre fases	0,6 m
Entre fases y masa	0,23 m

Tabla 6. Distancias mínimas de aislamiento

Fuente: Norma ESSA, Tabla 2,12 y 2,13 Distancia vertical mínima en metros entre conductores sobre la misma estructura.

✓ Distancia mínima de conductores a tierra

Obstáculo	< 1 kV	13,2 kV
Distancia mínima al suelo en cruces con carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular.	5 m	5,6 m
Cruce de líneas aéreas de baja tensión en grandes avenidas.	5,6 m	
Distancia mínima al suelo desde líneas que recorren venidas, carreteras y calles.	5 m	5,6 m
Distancia mínima al suelo en bosques, áreas cultivadas, pastos, huertos, etc.	5 m	5,6 m
Distancia vertical en cruces con ríos, canales navegables o flotantes para adecuados para embarcaciones con altura superior a 2 m y menor a 7 m.	9,6 m	10,2 m

Tabla 7. Distancias mínimas de seguridad para diferentes lugares y situaciones

Fuente: Norma ESSA, Tabla 2.10 Distancias mínimas de seguridad para diferentes lugares y situaciones

✓ Distancias horizontales mínimas a edificaciones y estructuras similares

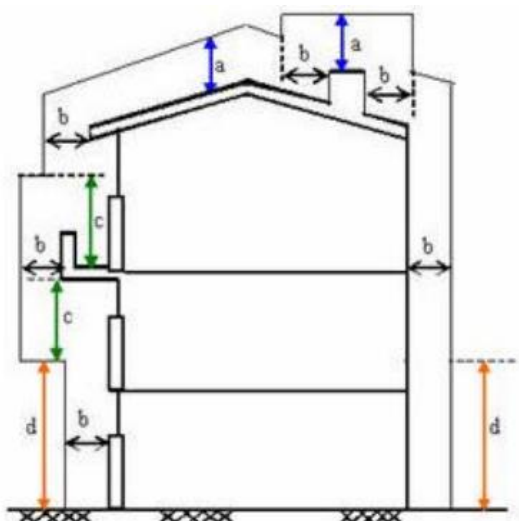


Figura 3. Distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones

Fuente: Norma ESSA. Distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones.

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

Tabla 8. Distancias mínimas a edificaciones y estructuras similares

Fuente: Norma ESSA, Tabla 2.9 Distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones

5.2. PARÁMETROS MECÁNICOS DE DISEÑO

5.2.1. Apoyos

Los apoyos en las líneas son las estructuras encargadas de soportar el peso de los conductores, así mismo son los encargados de tolerar los esfuerzos resultantes de diferentes condiciones de trabajo a los que son sometidos. A continuación se describen cada uno de los apoyos según su función.

5.2.1.1. Apoyos de alineamiento

Estas estructuras se usan en tramos rectos con ángulos de deflexión muy pequeños. Se procurará utilizar estructuras con aislador de tipo espigo, siempre que la resistencia mecánica de los porta-aisladores lo permita. Cuando el ángulo de balanceo de la cadena de aisladores, sobrepase el ángulo permitido por separación eléctrica, se debe utilizar estructura de retención.

5.2.1.2. Apoyos para ángulo

Las estructuras en ángulo se utilizan cuando se tienen ángulos de deflexión mayores a los permitidos para las estructuras de alineamiento. Estas estructuras están configuradas con dos aisladores de espigo por fase con el objeto de permitir ángulos más grandes debido al aumento de la resistencia a la rotura y/o flexión presentada por la configuración con dos espigos por fase; pero cuando la relación entre vanos adyacentes sea mayor de 2,5 se debe usar cadena de aisladores de suspensión.

5.2.1.3. Apoyos de anclaje o retención

Estas estructuras se utilizan en alineamientos y ángulos, cuando las cargas transversales sobrepasen los valores establecidos en la utilización de los apoyos de alineamiento o apoyos en ángulo y cuando necesita dar un aislamiento mecánico para el tendido del conductor o para seguridad de la línea.

5.2.1.4. Apoyos de fin de la línea o terminales

Estas estructuras se utilizan al comienzo y al final de los circuitos o en las derivaciones.

5.2.2. Hipótesis de carga

El estudio se limita a la verificación de su resistencia a los esfuerzos horizontales y a combinaciones de estos esfuerzos, para diseñar un apoyo se efectuarán los cálculos basados en la norma ESSA en su numeral 5.2.3.2 y se comprobarán las siguientes condiciones, para las hipótesis planteadas.

✓ Apoyos en alineamientos rectos

Los postes se verificarán mecánicamente para los esfuerzos de todos los conductores sobre la estructura en su condición de máxima velocidad del viento

✓ Apoyos en ángulo

Los postes se verificarán para la simultaneidad de esfuerzos transversales debidos a la máxima velocidad de viento y cambio de dirección.

✓ Apoyos terminales

Los postes se verificarán para los esfuerzos sometidos por la máxima velocidad de viento.

Para todas las estructuras hay que tener en cuenta los esfuerzos longitudinales.

5.2.3. Factores de seguridad

Los factores de seguridad se definen como la razón que existe entre los valores máximos especificados por los fabricantes y los valores de trabajo del elemento. La siguiente tabla ha sido extraída de norma ESSA, Tabla 2.7 Factores de seguridad

Descripción	Factor*
Postería de concreto	2,5
Estructura metálica	1,5
Cargas verticales	1,1
Cargas de ángulo	1,5
Cables para templetes	2
Anclajes para templetes	2,5
Herrajes	3**
A la flexión para espigos	1,5

Tabla 9. Factores de seguridad

*Los anteriores factores se aplican para condición normal. En caso de condición anormal, el factor de sobrecarga es de 1,25, excepto para cargas verticales

** Cuando la carga mínima de rotura se compruebe mediante ensayos, el factor de seguridad será 2,5.

5.2.4. Definición de hipótesis

Para redes de distribución, y para hacer los cálculos correspondientes a la postería es necesario plantear tres hipótesis.

✓ Hipótesis de Condición de Operación Diaria

Los parámetros correspondientes a ésta hipótesis son los siguientes:

- Velocidad del viento [Vv] 0 km/h
- Temperatura ambiente [θa] 31°C
- Tensión mecánica $\leq 20\%$ de tensión de rotura
- Factor de seguridad 5
- Efecto joule [$\Delta\theta$] 20°C

✓ Hipótesis de condición extrema de trabajo mecánico

Los parámetros correspondientes a ésta hipótesis son los siguientes:

- Velocidad del viento [Vv] 80 km/h
- Temperatura ambiente [θa] 23°C
- Tensión mecánica $\leq 50\%$ de tensión de rotura
- Factor de seguridad 2.5

✓ Hipótesis de condición extrema de flecha

Los parámetros correspondientes a ésta hipótesis son los siguientes:

- Velocidad del viento [Vv] 0 km/h
- Temperatura Conductor [θa] 65°C
- Factor de seguridad 5

La temperatura del conductor para esta hipótesis corresponde a la temperatura ambiente máxima más un incremento por conducción de corriente (efecto joule)

Las anteriores hipótesis para el proceso de diseño de líneas son tomadas de la tabla 2.8 de la norma ESSA.

5.3. ESFUERZOS EN LOS APOYOS

A continuación se resumen los diferentes esfuerzos que soportan las líneas aéreas.

5.3.1. Verticales

Estos son debidos al peso propio de los elementos que forman la línea: apoyos, conductores y cables de guarda, crucetas, aisladores, herrajes, carga viva y otros elementos, equipos y empuje vertical de templetes.

5.3.2. Por viento

Se originan por la presión del viento en la dirección normal y horizontal a los conductores y en caso de estructuras de ángulo se tomara en dirección de la bisectriz.

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

$$P_V = 4,2 * 10^{-3} * V_V^2 \quad (\text{Para superficies de revolución})$$

$$P_V = 7 * 10^{-3} * V_V^2 \quad (\text{Para superficies planas})$$

Donde:

P_V : Presión del viento en $[kg/m^2]$

V_V : Velocidad del viento en $[km/h]$

En postes de forma troncocónica el área es aproximadamente:

$$A_p = \frac{d_1 + d_2}{200} * H$$

Donde:

d_1 : Diámetro a nivel del terreno, en $[cm]$

d_2 : Diámetro del extremo superior, en $[cm]$

H : Altura libre del poste en $[m]$

$$\text{Carga del viento} = f_p = P_V * A_p$$

La altura de aplicación de la carga del viento, sobre la superficie del terreno, se determina con la siguiente expresión:

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

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

$$f_v = 4,2 * 10^{-3} * V_v^2 * \frac{dc}{100} * l * n$$

Donde:

V_v : Velocidad del viento en [km/h]

dc : Diámetro del conductor en [cm]

l : Longitud del vano viento en [m]

n : Numero de conductores iguales

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

5.3.3. Por ángulo de desviación

Son resultantes en apoyos para ángulos, en los cambios de dirección de los alineamientos. Producidos por las tensiones iguales o por las tensiones desequilibradas que los origina la diferencia de tensión horizontal en una estructura de los conductores de los vanos adyacentes, por lo tanto su acción es en el sentido longitudinal de la línea.

5.3.4. Longitudinales

Son los correspondientes a las cargas de tracción ejercidas por conductores y cables de guarda o aquellas introducidas durante el montaje.

A continuación se describen algunas condiciones bajo las cuales un apoyo puede estar sujeto a esfuerzos longitudinales

- ✓ Tendido de conductores
- ✓ Rotura de un conductor
- ✓ Colapso de un apoyo adyacente
- ✓ Viento paralelo al eje de la línea

- ✓ Falla en la estructura del aislador

Para efectos de cálculo generalmente se asumen los siguientes esfuerzos longitudinales:

- ✓ 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.

- ✓ 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 20% 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.

5.3.5. Por levantamiento

Se presentan en apoyos localizados en puntos topográficos bajos con respecto a los dos apoyos que lo comprenden. Estos esfuerzos no se admitirán en apoyos de alineamiento. En apoyos de ángulo y retención se evitará en lo posible, pero de presentarse no serán superiores al 10% del peso total de la estructura.

5.4. MOMENTOS EN LOS APOYOS

En el cálculo de momentos resultantes es necesario conocer la fuerza existente y su altura de aplicación respecto al eje.

5.4.1. Momentos de presión del viento

Estos son los producidos debido a la acción del viento en los diferentes elementos que conforman la configuración.

5.4.1.1. En el apoyo

El momento que ejerce la velocidad del viento en el apoyo está dado por la siguiente expresión:

$$M_{va} = f_p * H_1$$

Donde:

f_p : La carga del viento sobre el apoyo en $[kg]$

H_1 : La altura de aplicación de carga resultante en $[m]$

Para postes troncocónicos el momento se obtiene con la siguiente ecuación:

$$M_{va} = P_V * \frac{H^2 * (2 * d_2 + d_1)}{600}$$

Dónde:

P_V : Presión del viento en $[kg/m^2]$

H : Altura desde el nivel del suelo hasta el punto de aplicación de la carga en $[m]$

d_1 : Diámetro a nivel del terreno, en $[cm]$

d_2 : Diámetro del extremo superior, en $[cm]$

5.4.1.2. En los conductores

Es el momento resultante por las diferentes fuerzas ejercidas por los conductores sobre el apoyo, se encuentra descrito por la siguiente expresión:

$$M_{vc} = f_v * h_c$$

Donde:

f_v : La carga total del viento sobre los conductores en $[kg]$

h_c : La altura de aplicación de la fuerza del viento en $[m]$

5.4.2. Por tensión en los conductores

A lo largo de la red de distribución existen apoyos en los cuales la línea cambia de dirección, a causa de esto, es necesario calcular los momentos adicionales que se ejercen sobre el apoyo a la altura de los conductores. La siguiente ecuación describe el momento por tensión en los conductores:

$$M_a = T_{resultante} * h_c * n$$

Donde:

$T_{resultante}$: Tensión resultante en [kg]

h_c : La altura de aplicación de la fuerza del viento en [m]

n : Número de conductores

5.4.3. Momento resistente

La suma total de los momentos existentes en el apoyo debe ser menos que el momento resistente del apoyo, de lo contrario habría que utilizar un apoyo con un mayor momento resistente o utilizar templetes para equilibrar las cargas en el apoyo.

Para postes troncocónicos el momento resistente se calcula de acuerdo con la siguiente expresión:

$$M_r = \frac{C_r * H}{f_{S_{poste}}}$$

Donde:

C_r : Carga de rotura en [kg]

H : Altura desde el nivel del suelo hasta el punto de aplicación de la carga en [m]

$f_{S_{poste}}$: Factor de seguridad según tabla 5.

Para cualquier combinación de esfuerzos, el momento total que este produce debe ser inferior al momento resistente:

$$M_r \geq M_{vp} + M_{vc} + M_a$$

5.4.4. Grafico de utilización del poste

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.

5.5. TEMPLETES

Los templetes se utilizan para contrarrestar las fuerzas longitudinales originales por rotura de conductor, por tensiones desequilibradas entre vanos adyacentes,

por operaciones de tendido en estructuras de retención, y las fuerzas transversales debidas al viento y al ángulo de deflexión de la línea.

Diámetro del templete*	Carga de rotura [kg]
3/16"	1810
1/4"	3020
3/8"	6980
7/16"	9430

Tabla 10. Carga de rotura de los templetos

*Diámetro de los cables de acero galvanizado extra resistente

Fuente: Criterios de diseño y normas para construcción de sistemas de distribución niveles I y II en las zonas no interconectadas del país – IPSE, anexo I capítulo VIII, numeral 1.1.2.

En una línea debe utilizarse un solo tipo de cable para templete en cuanto a calibre y carga de rotura. Cuando un solo templete no sea suficiente, se diseñarán templetos con dos o más cables. Los templetos para líneas y redes en media tensión deberán llevar aislador tensor.

5.5.1. Anclaje

El esfuerzo de tracción debe ser contrarrestado por el templete.

Los anclajes consisten generalmente en una varilla de acero de refuerzo anclada a un bloque de concreto. La varilla y el cable de acero del templete se unen por medio de un tensor.

La tracción en el templete se considera contrarrestada por el peso del bloque de anclaje y el del relleno sobre éste. El volumen del relleno se considera igual al de un tronco de pirámide, cuya fórmula es la siguiente:

$$V = \frac{1}{3} * h * (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 * A_2})$$

V : Volumen en metros cúbicos

h : Altura del tronco de pirámide en metros

A_1 y A_2 : Áreas de las bases superior e inferior, en metros cuadrados

El peso del tronco de pirámide será igual al volumen por la densidad del terreno en kg/m^3 . Por lo tanto:

$$P_2 = \text{peso anclaje} + V \times \text{densidad del terreno}$$

Relación con la cual puede determinarse el valor de h o profundidad del relleno.

La relación entre las áreas A_1 y A_2 depende del ángulo natural de talud del terreno. Para propósitos prácticos se supone que la pendiente natural está en la relación 1:1.

5.6. MOMENTOS EN PORTA AISLADORES (ESPIGOS)

Los espigos de aisladores se verifican para la tensión máxima del conductor suponiendo roto el conductor del vano contiguo, en un tramo en suspensión.

En apoyos para ángulo, el espigo debe ser adecuado para soportar la resultante de los esfuerzos horizontales en los conductores, más el esfuerzo del viento sobre éstos, en la dirección de la resultante mencionada.

Para el cálculo se supone que los esfuerzos se aplican en el extremo libre y que el espigo actúa como ménsula rígidamente empotrada. Con base en siguiente figura:

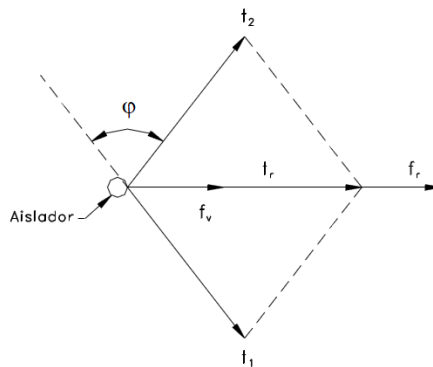


Figura 4. Fuerza sobre un aislador y su espigo

Momento en el empotramiento $M = f_r * h$, en dónde:

f_r : Resultante de los esfuerzos horizontales.

h : Altura libre del herraje.

El esfuerzo de trabajo en el espigo está dado por la expresión:

$$g = \frac{32 * M}{\pi * d^3}$$

Dónde:

g : Esfuerzo de trabajo en $[kg/mm^2]$

M : Momento en $[kgmm]$.

d : Diámetro del espigo en [mm].

El esfuerzo g deberá ser inferior al permisible, dado por los fabricantes de acero.

5.7. POSTERÍA

La postería en concreto será troncocónica y podrá tener cualquier combinación de características descritas en la siguiente tabla tomada de la norma ESSA tabla 5.10

Longitud total (m)	Carga de rotura (kg)	Diámetros (cm)	
		Cima	Base
8	510	14	26
	750	14	26
	1050	17	29
12	510	14	32
	750	14	32
	1050	19	37
14	750	17	38
	1050	19	40
	1350	19	40

Tabla 11. Característica de postería de concreto

Fuente: Norma ESSA, Tabla 5.10 Característica de postería de concreto.

5.7.1. Cimentación de postería

Para la cimentación de postes se tendrá en cuenta la siguiente expresión:

$$t = 0,1 * H_p + 0,6m$$

Dónde:

t : Profundidad de la cimentación

H_p : Altura del poste [m]

Para entender su aplicación, observar la siguiente figura.

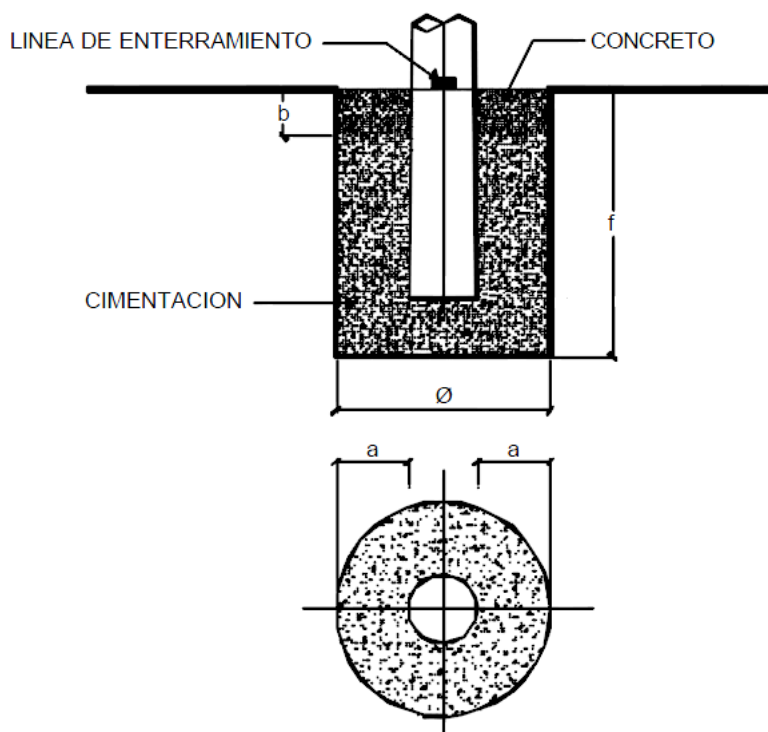


Figura 5. Cimentación de postes

Tipo de poste	Enterramiento del poste (m)	Profundidad de excavación t (m)	Diámetro de excavación \varnothing (m)			
			510	750	1050	1350
			Capacidad de rotura del poste (kg)			
8 m	1,4	1,5	0,6	-	1,0	-
10 m	1,6	1,7	0,6	-	1,0	-
12 m	1,8	1,9	0,6	0,75	1,0	1,1
14 m	2,0	2,1	-	0,75	1,0	1,1

Tabla 12. Excavación para postes

Fuente: Criterios de diseño y normas para construcción de instalaciones de distribución y uso final de la energía – ENERTOLIMA, Tabla 3.19 Excavación para postes.

6. CÁLCULOS PARA RED DE MEDIA TENSIÓN

6.1. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

6.1.1. Nivel de tensión

Para el presente diseño se tomará un nivel de tensión normalizado de 13,2 kV ya que en la zona existe disponibilidad para dicha tensión.

$$V_L = 13,2 \text{ [kV]}$$

La magnitud del voltaje de fase es:

$$V_f = \frac{V_L}{\sqrt{3}} = \frac{13,2}{\sqrt{3}} = 7,621 \text{ [kV]}$$

6.1.2. Diagrama topológico

A continuación se muestran los diagramas topológicos para la red de media tensión que se realizaron basándose en datos de campo, específicamente puntos de GPS, suministrados por un topólogo de la ESSA.

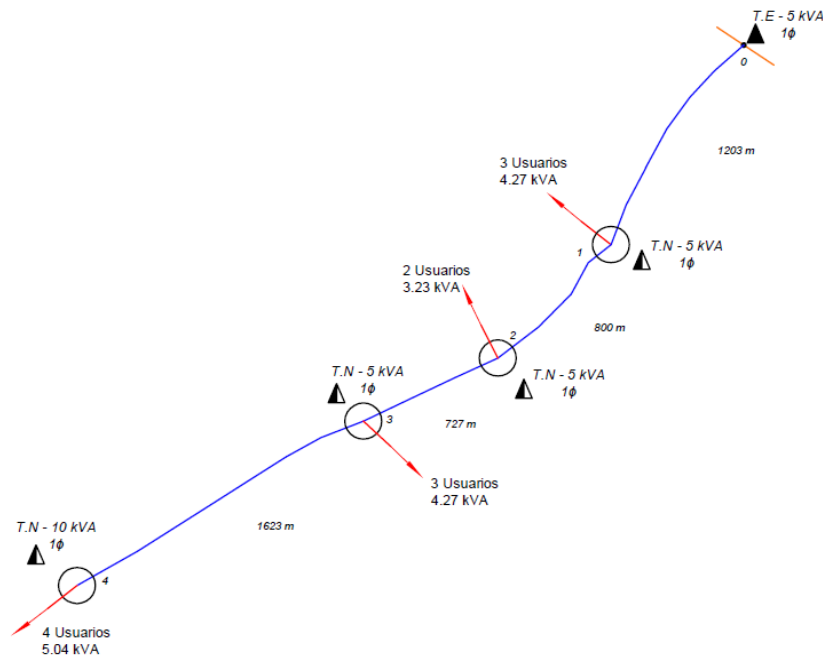


Figura 6. Diagrama topológico M.T. Zona 1

Fuente: Autores

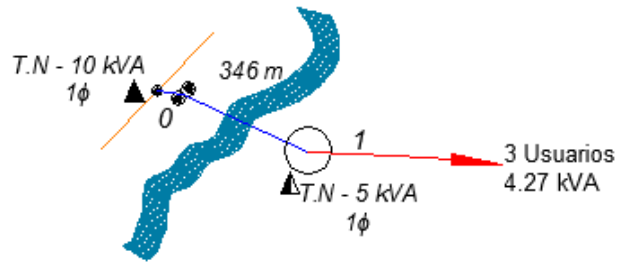


Figura 7. Diagrama topológico M.T. Zona 2

Fuente: Autores

6.1.3. Cálculo de la regulación y pérdidas de potencia

El cálculo de la regulación esta dado por la siguiente formula:

$$\delta\% = \frac{Fc * Kg * M}{V_L^2}$$

Donde:

Fc : Factor de corrección según la norma ESSA (Tabla 3.26), en este caso la red es Bifilar (Fase – Fase), $Fc = 2$

V_L : Tensión de línea en este caso la red es de 13 200 [V]

M : Momento eléctrico dado por ($M: D_{max} * L$) [kVA * m]

Kg : Constante generalizada de regulación, según la norma ESSA (Tabla 3.23).

Teniendo en cuenta la Tabla 5 el calibre mínimo del conductor para la red rural de media tensión es 2 AWG, con una constante generalizada de 112,33. Con esta constate a continuación se hallará la regulación para cada tramo de la zona 1 (Figura 6)

$$M: D_{max} * L$$

$$M_{0-1} = D_{max_{0-1}} * L_{0-1} = 1\,203 * 4,27 + 800 * 3,23 + 727 * 4,27 + 1\,623 * 5,04$$

$$M_{0-1} = 21\,707,02 \text{ [kVA]}$$

$$M_{1-2} = D_{max_{1-2}} * L_{1-2} = 800 * 3,23 + 727 * 4,27 + 1\,623 * 5,04 = 16\,568,19 \text{ [kVA]}$$

$$M_{2-3} = D_{max_{2-3}} * L_{2-3} = 727 * 4,27 + 1\,623 * 5,04 = 11\,284,19 \text{ [kVA]}$$

$$M_{3-4} = D_{max_{3-4}} * L_{3-4} = 1\,623 * 5,04 = 8\,179,92 \text{ [kVA]}$$

Remplazando en la fórmula para cada tramo se tiene:

$$\delta_{0-1}\% = \frac{Fc * Kg * M_{0-1}}{V_L^2} = \frac{2 * 112,33 * 21\,707,02}{(13\,200)^2} = 0,028\%$$

$$\delta_{1-2}\% = \frac{Fc * Kg * M_{1-2}}{V_L^2} = \frac{2 * 112,33 * 16\,568,19}{(13\,200)^2} = 0,021\%$$

$$\delta_{2-3}\% = \frac{Fc * Kg * M_{2-3}}{V_L^2} = \frac{2 * 112,33 * 11\,284,19}{(13\,200)^2} = 0,014\%$$

$$\delta_{3-4}\% = \frac{Fc * Kg * M_{3-4}}{V_L^2} = \frac{2 * 112,33 * 8\,179,92}{(13\,200)^2} = 0,0105\%$$

La regulación acumulada es la sumatoria de las regulaciones por cada tramo:

$$\delta_{acum}\% = \sum \delta\%$$

$$\delta_{acum}\% = \delta_{0-1}\% + \delta_{1-2}\% + \delta_{2-3}\% + \delta_{3-4}\%$$

$$\delta_{acum}\% = 0,07\%$$

Las pérdidas de potencia están dadas por la siguiente formula:

$$P_p\% = \frac{n * 10^{-4} * r * L * I^2}{D_{max/tramo} * Fp}$$

Donde:

n : Número de conductores

r : Resistencia del conductor por unidad de longitud para cada tramo [Ohm/km], según tabla de conductores ACSR la resistencia 1,04 [Ohm/km] a 50°C.

$D_{max/tramo}$: Demanda máxima por tramo en [$kVA * m$]

L : Longitud de cada tramo [m]

I : Corriente por tramo en [A]

Cálculo tipo para el primer tramo de la zona 1:

$$D_{max_{0-1}} = 4,27 [kVA]$$

$$L_{0-1} = 1\,203 [m]$$

$$I = \frac{D_{max_{0-1}}}{V_L} = \frac{4,27}{13,2} = 0,3234$$

Remplazando:

$$P_{P0-1}\% = \frac{n * 10^{-4} * r * L * I^2}{D_{max/tramo} * Fp} = \frac{2 * 10^{-4} * 1,04 * 1203 * (0,3234)^2}{4,27 * 0,95} = 0,0064\%$$

Zona	TRAMO	LONGIT. (m)	D. MAX [kVA]	CTE (A)	MOMENTO kVA-m	PÉRDIDAS DE POTENCIA (%)		REGULACIÓN (%)	
						PARCIAL	TOTAL	PARCIAL	TOTAL
1	0-1	1 203	4,27	0,323	5 136,810	0,0065		0,028	
	1-2	800	3,23	0,245	2 584,000	0,0032		0,021	
	2-3	727	4,27	0,323	3 104,290	0,0039		0,014	
	3-4	1 623	5,04	0,382	8 179,920	0,0103	0,024	0,0105	0,07
2	0-1	346	4,27	0,323	1 477,42	0,00186	0,00186	0,0019	0,0019

Tabla 13. Pérdidas de potencia y Regulación M.T.

Fuente: Autores

En la tabla anterior se muestran las pérdidas de potencia de cada tramo y la pérdida de potencia acumulada (sumatoria de todas las pérdidas de potencia de cada tramo) para las dos zonas.

6.1.4. Selección del conductor

Se trabajará con un conductor de material ACSR con calibre 2 AWG, según la tabla 3.13 de la ESSA es el calibre mínimo para el área rural, la configuración de los conductores se muestra en la siguiente figura.

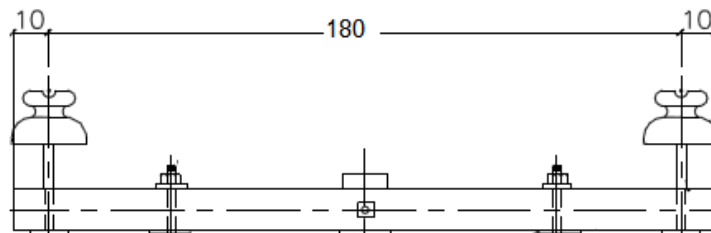


Figura 8. Disposición de conductores media tensión

Fuente: Autores

6.1.5. Parámetros y características de la línea

A continuación se hallarán los parámetros eléctricos de la línea necesarios para esta configuración, como la distancia es corta no se tendrán en cuenta los efectos capacitivos sobre la línea.

- ✓ *Distancia media geométrica mutua:*

$$D_m = D = 1,8 \text{ [m]}$$

- ✓ *Distancia media geométrica propia:*

$$D_s = RMG = 0,00127406 \text{ [m]}$$

- ✓ *Reactancia inductiva:*

$$L = 2 * 10^{-7} \ln\left(\frac{D_m}{D_s}\right) = 2 * 10^{-7} \ln\left(\frac{1,8}{0,00127406}\right) =$$

$$L = 1,4507 * 10^{-6} \text{ [H/m/fase]}$$

$$X_L = 2\pi fL = 2\pi * 60 * 1.4507 * 10^{-6} = 0,5468 \text{ [\Omega/km/fase]}$$

- ✓ *Resistencia de la línea a 50°C:*

$$R = 1,012 \text{ [\Omega/km]}$$

- ✓ *Impedancia por unidad de longitud:*

$$Z = (R + jX_L) = 1,012 + j * 0,5468 \text{ [\Omega/km]}$$

- ✓ *Impedancia total de la línea:*

$$Z_t = Z * l = (1,012 + j * 0,5468) * 4,2 = 4,2504 + j * 2,2965 \text{ [\Omega]}$$

6.1.6. Efecto Corona

Para calcular la columna de mercurio se calcula por medio de la fórmula de Halley, para después calcular la densidad relativa del aire a una temperatura ambiente de 28°C.

$$\ln(h) = \ln(76) - \frac{h s n m}{7963} \Rightarrow h = e^{\ln(76) - \frac{h s n m}{7963}} = 75,28 \text{ cm Hg}$$

$$\delta = \frac{3,921 * h}{273 + \theta} = \frac{3,921 * 75,28}{273 + 28} = 0,9806$$

Se calcula ahora el gradiente crítico mediante la siguiente mediante del método de Peterson, representado por la siguiente ecuación:

$$g'_o = 30 * \delta^{\frac{2}{3}} * m * (1 - 0,07 * r)$$

Donde:

$m = m_s * m_f$: Factor de corrección

m_s : Estado del conductor (0,8 conductor nuevo)

m_f : Forma de la superficie del conductor (0,85 para cables de 6 hilos en superficie exterior)

r : Radio del conductor (0,4013 cm)

Remplazando:

$$g'_o = 30 * (0,9806)^{\frac{2}{3}} * 0,85 * 0,8 * (1 - 0,07 * 0,4013) = 19,57 \text{ [kV/cm]}$$

La tensión crítica para el efecto corona esta dado por:

$$V_c = g'_o * r * \ln\left(\frac{D_m}{r}\right) = 19,57 * 0,4013 * \ln\left(\frac{1,8}{0,4013}\right) = 11,79 \text{ [kV]}$$

Si $F_s > 1$ el efecto corona no se presentara en la línea, F_s esta dado por la siguiente ecuación:

$$F_s = \frac{V_c}{V_f} > 1 \Rightarrow F_s = \frac{11,79}{7,621} = 1,55 > 1$$

Debido a que el F_s es mayor que uno el efecto corona bajo estas condiciones no se presentará.

6.2. CÁLCULOS MECÁNICOS.

6.2.1. Características del conductor

A continuación se muestra las características para el conductor seleccionado para la red de media tensión.

Calibre	2 AWG ASCR
Numero de hilos de aluminio (<i>nhal</i>)	6
Numero de hilos de acero (<i>nhac</i>)	1
Diámetro de un hilo de aluminio (<i>dhal</i>)	2,6721 mm
Diámetro de un hilo de acero (<i>dhac</i>)	2,6721 mm
Diámetro nominal del cable (<i>dc</i>)	8,026 mm
Área de la sección de aluminio (<i>Sal</i>)	33,613 mm ²
Área de las sección transversal total (<i>S</i>)	39,226 mm ²
Carga de ruptura (<i>Tr</i>)	1265,5 kg
Peso del aluminio	92,3 kg/km
Peso del acero	43,6 kg/km
Peso total (<i>Pc</i>)	135,9 kg/km
Módulo de elasticidad del aluminio	6300 Kg/mm ²
Módulo de elasticidad del acero	21000 Kg/mm ²
Coeficiente de dilatación del aluminio	2,3 * 10 ⁻⁵ 1/°C
Coeficiente de dilatación del acero	1,152 * 10 ⁻⁵ 1/°C

Tabla 14. Características del conductor M.T.

Fuente:http://www.centelsa.com.co/descargar.php?f=userfiles/catalogos/cables_acsr.pdf

6.2.2. Cálculo de las tensiones en los vértices de la catenaria

Se necesita encontrar las tensiones aplicadas por los conductores en los postes ya que no deben ser muy grandes, para que no se exceda la carga de rotura de este. Además es necesario cumplir con la distancia mínima al terreno.

✓ **Distancia mínima del terreno**

Se deduce de la siguiente ecuación

$$D_{mt} = 5,3 + \frac{V_L}{150}$$

Para la línea de media tensión se tiene:

$$D_{mt} = 5,3 + \frac{13,2}{150} = 5,38 \approx 5,4 [m]$$

Según la tabla 2.10 de la norma ESSA, distancia mínimas de seguridad para diferentes lugares y situaciones, para 13,2 kV la distancia debe ser 5,6 m, pero teniendo en cuenta una distancia de maniobra aproximamos a 6 m.

✓ **Flecha Máxima Vertical**

Las estructuras de media tensión serán postes de concreto de 12 m, que tienen una longitud de empotramiento descrita por la siguiente expresión

$$L_e = 0,1 * L_p + 0,6$$

Dónde:

L_e : Longitud de empotramiento en metros

L_p : Longitud del poste en metros

Por tanto la longitud libre del poste se calcula de la siguiente forma:

$$L_{Lp} = L_p - L_e$$

En las redes de distribución la flecha máxima vertical se define por

$$f_{maxV} = H_c - D_{mt}$$

Dónde:

H_c : Altura máxima del conductor en metros

El vano de regulación ideal, se obtiene de la siguiente expresión:

$$a_r = \sqrt{f_{maxV} * 8 * h}$$

Dónde:

a_r : Vano regulador ideal en metros

$$h = \frac{0,2 * T_r}{p} [m]$$

T_r : Carga de ruptura del conductor en [kg]

p : Peso del conductor por unidad de longitud [kg/m]

✓ **Para postes de concreto de 12 m**

La longitud de empotramiento del poste es:

$$L_e = 0,1 * 12 + 0,6 = 1,8 \text{ m}$$

La longitud libre del poste es:

$$L_{Lp} = 12 - 1,8 = 10,2 \text{ m}$$

La flecha máxima está dada por:

$$f_{\max V} = 10,3 - 6 = 4.3 \text{ m}$$

La altura del conductor se puede observar en la siguiente figura:

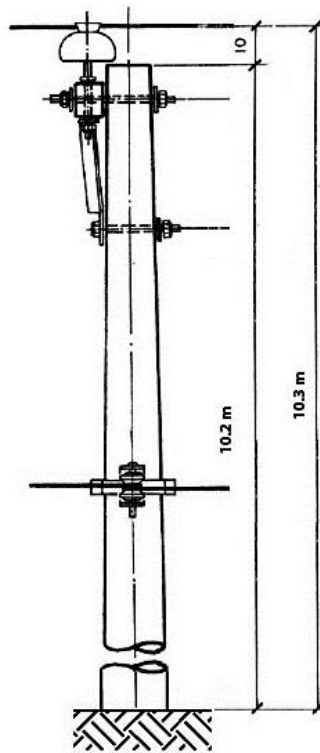


Figura 9. Altura del conductor M.T. Apoyo 12 m

Fuente: Autores

Para un conductor de calibre 2 AWG ACSR, la tensión de ruptura y el peso por unidad de longitud son 1 265,5 [kg] y 0,1359 [kg/m] respectivamente, por tanto:

$$h = \frac{0,2 * T_r}{p} = \frac{0,2 * 1\,265,5}{0,1359} = 1\,862,39 \text{ [m]}$$

El vano de regulación ideal es:

$$a_r = \sqrt{f_{maxv} * 8 * h} = \sqrt{4.3 * 8 * 1\,862,39} = 253 \text{ m}$$

A continuación se realizarán los cálculos mecánicos para el vano más desfavorable la condición de 253 metros.

6.2.3. Cálculo tipo

✓ Módulo de elasticidad

$$E = \frac{d_{hal}^2 * n_{al} * E_{al} + n_{ac} * E_{ac} * d_{hac}^2}{n_{al} * d_{hal}^2 + n_{ac} * d_{hac}^2}$$

Donde:

d_{hal} : Diámetro de un hilo de aluminio

d_{hac} : Diámetro de un hilo de acero

n_{al} : Número de hilos de aluminio

n_{ac} : Número de hilos de acero

E_{al} : Módulo de elasticidad del aluminio

E_{ac} : Módulo de elasticidad del acero

Pero como $d_{hal} = d_{hac}$ entonces:

$$E = \frac{n_{al} * E_{al} + n_{ac} * E_{ac}}{n_{al} + n_{ac}}$$

Remplazando:

$$E = \frac{6 * 6300 + 1 * 21000}{6 + 1} = 8400 [kg/mm^2]$$

✓ Coeficiente de dilatación lineal

$$\alpha_c = \frac{d_{hal}^2 * n_{al} * E_{al} * \alpha_{al} + d_{hac}^2 * n_{ac} * E_{ac} * \alpha_{ac}}{d_{hal}^2 * n_{al} * E_{al} + d_{hac}^2 * n_{ac} * E_{ac}}$$

Donde:

d_{hal} : Diámetro de un hilo de aluminio

d_{hac} : Diámetro de un hilo de acero

n_{al} : Número de hilos de aluminio

n_{ac} : Número de hilos de acero

E_{al} : Módulo de elasticidad del aluminio

E_{ac} : Módulo de elasticidad del acero

α_{al} : Coeficiente de dilatación del aluminio

α_{ac} : Coeficiente de dilatación del acero

Pero como $d_{hal} = d_{hac}$ entonces:

$$\alpha_c = \frac{n_{al} * E_{al} * \alpha_{al} + n_{ac} * E_{ac} * \alpha_{ac}}{n_{al} * E_{al} + n_{ac} * E_{ac}}$$

Remplazando:

$$\alpha_c = \frac{6 * 6\,300 * 2,3 * 10^{-5} + 1 * 21\,000 * 1,152 * 10^{-5}}{6 * 6\,300 + 1 * 21\,000}$$

$$\alpha_c = 18,9 * 10^{-6} [^{\circ}C^{-1}]$$

✓ **Peso aparente del cable**

$$w = \frac{P}{S}$$

Donde:

P: Peso total del conductor en $[kg/m]$

S: Área de las sección trasversal total en $[mm^2]$

Remplazando se tiene:

$$w = \frac{P}{S} = \frac{0,1359 \frac{kg}{m}}{39,226 mm^2}$$

$$w = 3,464 * 10^{-3} [kg/m/mm^2]$$

✓ **Carga de rotura del conductor por unidad de área**

$$t_r = \frac{T_r}{S}$$

Donde:

T_r : Carga de ruptura en $[kg]$

S: Área de las sección trasversal total en $[mm^2]$

Remplazando

$$t_r = \frac{T_r}{S} = \frac{1\,265,5 \text{ kg}}{39,226 \text{ mm}^2}$$

$$t_r = 32,26176 \text{ [kg/mm}^2\text{]}$$

✓ Cálculo de la presión del viento

$$P_v = 4,2 * 10^{-3} * V_v^2 * d_c$$

Donde:

V_v : Velocidad del viento para la hipótesis planteada

d_c : Diámetro nominal del cable [m]

Para máxima velocidad del viento

$$P_{vA} = 4,2 * 10^{-3} * V_{vA}^2 * d_c$$

$$P_{vA} = 4,2 * 10^{-3} * 80^2 * 8,026 * 10^{-3}$$

$$P_{vA} = 0,21574 \text{ kg/m}$$

Para condición diaria

$$P_{vC} = 4,2 * 10^{-3} * V_{vC}^2 * d_c$$

$$P_{vC} = 4,2 * 10^{-3} * 0^2 * 9,017 * 10^{-3}$$

$$P_{vC} = 0 \text{ kg/m}$$

Para máxima temperatura

$$P_{vD} = 4,2 * 10^{-3} * V_{vC}^2 * d_c$$

$$P_{vD} = 4,2 * 10^{-3} * 0 * 9,017 * 10^{-3}$$

$$P_{vD} = 0 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

✓ Cálculo de factores de sobrecarga

Los factores de sobrecarga están dados por la siguiente expresión:

$$m = \sqrt{1 + \left(\frac{P_V}{P_C}\right)^2}$$

Donde:

P_V : Presión del viento para la hipótesis dada en $[kg/m]$

P_C : Peso total del conductor en $[kg/m]$

Para máxima velocidad del viento

$$m_A = \sqrt{1 + \left(\frac{P_{VA}}{P_C}\right)^2}$$

$$m_A = \sqrt{1 + \left(\frac{0,21574}{0,1359}\right)^2}$$

$$m_A = 1,8762$$

Para condición diaria

$$m_C = \sqrt{1 + \left(\frac{P_{VC}}{P_C}\right)^2}$$

$$m_C = \sqrt{1 + \left(\frac{0}{0,1359}\right)^2}$$

$$m_C = 1$$

Para máxima temperatura

$$m_D = \sqrt{1 + \left(\frac{P_{VD}}{P_C}\right)^2}$$

$$m_D = \sqrt{1 + \left(\frac{0}{0,1359}\right)^2}$$

$$m_D = 1$$

6.2.4. Ecuación de cambio de estado

Se tiene la ecuación de cambio de estado para obtener la tracción a la que puede estar sometida la línea dada las condiciones de presión del viento y temperatura.

Esta ecuación está dada por:

$$t_2^3 + At_2^2 = B$$

Donde:

$$A = \alpha * E * (\theta_2 - \theta_1) - t_1 + \frac{a_r^2 * w^2 * m_1^2 * E}{24 * t_1^2}$$

$$B = \frac{a_r^2 * w^2 * m_2^2 * E}{24}$$

Se hallan entonces ahora las diferentes condiciones de trabajo de la línea para todas las hipótesis planteadas. Suponemos que la hipótesis A (máxima velocidad del viento).

✓ Comprobación de la hipótesis

Se parte de la hipótesis A (máxima velocidad del viento) de la línea con relación con la hipótesis C.

Hipótesis A → C

$$t_1 = t_A = \frac{t_r}{F \cdot S_{min}} = \frac{32,2617}{2.5} = 12,905 [kg/mm^2]$$

Aplicando la ecuación de estado, se obtiene:

$$A = \alpha * E * (\theta_2 - \theta_1) - t_1 + \frac{a_r^2 * w^2 * m_1^2 * E}{24 * t_1^2}$$

$$A = 18,9 * 10^{-6} * 8400 * (51 - 23) - 12,905 + \frac{253^2 * (3,464 * 10^{-3})^2 * (1,8762)^2 * 8400}{24 * 12,905^2}$$

$$A = -2,778 [kg/mm^2]$$

$$B = \frac{a_r^2 * w^2 * m_2^2 * E}{24}$$

$$B = \frac{(253)^2 * (3,464 * 10^{-3})^2 * (1)^2 * 8400}{24}$$

$$B = 268,82 [kg/mm^2]^3$$

Remplazando en la ecuación de estado

$$t_2^3 + At_2^2 = B$$

$$t_2^3 - 2,778 t_2^2 = 268,82$$

$$t_2 = t_c = 7,525 [kg/mm^2]$$

Para esta condición de trabajo se procede a calcular el factor de seguridad

$$Fs = \frac{t_r}{t_c} = \frac{32,2617}{7,525} = 4,287 > F_c$$

Como el factor de seguridad no cumple, se procede a cambiar la hipótesis dominante.

Hipótesis C \longrightarrow A

$$t_1 = t_A = \frac{t_r}{F.S_{CD}} = \frac{32,2617}{5} = 6,4523 [kg/mm^2]$$

Aplicando la ecuación de estado, se obtiene:

$$A = \alpha * E * (\theta_2 - \theta_1) - t_1 + \frac{a_r^2 * w^2 * m_1^2 * E}{24 * t_1^2}$$

$$A = 18,9 * 10^{-6} * 8400 * (23 - 51) - 6,4523 + \frac{253^2 * (3,464 * 10^{-3})^2 * (1)^2 * 8400}{24 * 6,4523^2}$$

$$A = -4,4405 [kg/mm^2]$$

$$B = \frac{a_r^2 * w^2 * m_2^2 * E}{24}$$

$$B = \frac{(253)^2 * (3,464 * 10^{-3})^2 * (1,8762)^2 * 8\,400}{24}$$

$$B = 946,287 [kg/mm^2]^3$$

Remplazando en la ecuación de estado

$$t_2^3 + At_2^2 = B$$

$$t_2^3 - 4,4405t_2^2 = 946,287$$

$$t_2 = t_A = 11,5428 [kg/mm^2]$$

Para esta condición de trabajo se procede a calcular el factor de seguridad

$$F_s = \frac{t_r}{t_A} = \frac{32,2617}{11,5428} = 2,79 > 2.5$$

Como cumple el factor de seguridad, la hipótesis dominante es la C

Hipótesis C \longrightarrow D

$$t_1 = t_A = \frac{t_r}{F \cdot S_{CD}} = \frac{32,2617}{5} = 6,4523 [kg/mm^2]$$

Aplicando la ecuación de estado, se obtiene:

$$A = \alpha * E * (\theta_2 - \theta_1) - t_1 + \frac{a_r^2 * w^2 * m_1^2 * E}{24 * t_1^2}$$

$$A = 18,9 * 10^{-6} * 8400 * (65 - 51) - 6,4523 + \frac{253^2 * (3,464 * 10^{-3})^2 * (1)^2 * 8400}{24 * 6,4523^2}$$

$$A = 2,137 [kg/mm^2]$$

$$B = \frac{a_r^2 * w^2 * m_2^2 * E}{24}$$

$$B = \frac{(253)^2 * (3,464 * 10^{-3})^2 * (1)^2 * 8400}{24}$$

$$B = 286,82 [kg/mm^2]^3$$

Remplazando en la ecuación de estado

$$t_2^3 + At_2^2 = B$$

$$t_2^3 + 2,137t_2^2 = 286,82$$

$$t_2 = t_D = 5,954[kg/mm^2]$$

Para esta condición de trabajo se procede a calcular el factor de seguridad

$$FS = \frac{t_r}{t_A} = \frac{32,2617}{5,954} = 5,42$$

Los valores obtenidos anteriormente cumplen con los factores de seguridad establecidos por lo tanto podemos decir que las tensiones resultantes de aplicar la ecuación de cambio de estado son las siguientes:

Para condición diaria $6,4523[kg/mm^2]$

Para velocidad del viento máxima $11,543[kg/mm^2]$

Para la temperatura del conductor máxima $5,954[kg/mm^2]$

6.2.5. Flechas máximas verticales

6.2.5.1. Cálculo de los parámetros h, h y esfuerzos de tensión en el vértice

Se realiza con base a los valores anteriormente calculados de las tensiones para las hipótesis de cálculo de condiciones extremas contempladas.

$$H = hcosh\left(\frac{a_r}{2 * h}\right), \quad H = \frac{t}{w * m}$$

$$f = H - h$$

✓ Cálculo de la flecha máxima para hipótesis de máxima velocidad del viento

Los valores de la flecha máxima para la hipótesis A esta dada por:

$$H_A = \frac{t_A}{w * m_A}$$

$$H_A = \frac{11,543}{3,464 * 10^{-3} * 1,8762}$$

$$H_A = 1\,776,076 [m]$$

Ahora se procede a despejar el valor de h de la siguiente ecuación:

$$H = h \cosh\left(\frac{a_r}{2 * h}\right)$$

$$1\,776,076 = h_A * \cosh\left(\frac{253}{2 * h_A}\right)$$

Despejando se obtiene:

$$h_A = 1\,771,558[m]$$

La flecha será la diferencia de estos dos valores

$$f_A = H_A - h_A$$

$$f_A = 4,52 m$$

La flecha vertical esta dada por:

$$f_{Av} = f_A * \cos(i) = \frac{f_A}{m_A}$$

$$f_{Av} = \frac{4,52}{1,8762} = 2,41 m$$

✓ Cálculo de la flecha máxima para hipótesis de máxima temperatura

Los valores de la flecha máxima para la hipótesis D esta dada por:

$$H_D = \frac{t_D}{w * m_D}$$

$$H_D = \frac{5,954}{3,464 * 10^{-3} * 1}$$

$$H_D = 1\,718,822[m]$$

Ahora se procede a despejar el valor de h de la siguiente ecuación:

$$H = h \cosh\left(\frac{a_r}{2 * h}\right)$$

$$1\,718,822 = h_D * \cosh\left(\frac{253}{2 * h_D}\right)$$

Despejando se obtiene:

$$h_D = 1\,714,152[m]$$

La flecha será la diferencia de estos dos valores

$$f_A = H_A - h_A$$

$$f_A = 4,67m$$

$$f_{Av} = f_A * \cos(i) = \frac{f_A}{m_A}$$

$$f_{Av} = \frac{4,67}{1} = 4,67 m$$

Aunque la flecha máxima vertical es mayor a la flecha con la cual se diseñó, esta flecha hace que la distancia mínima de seguridad cumple con los valores establecidos por el RETIE, la cual es 5,6 m.

6.2.5.2. Tensiones en el vértice

Las tensiones en el vértice están dadas por la siguiente ecuación:

$$t_v = \frac{h}{H} * t [kg/mm^2]$$

✓ Cálculo de la tensión en el vértice para hipótesis de máxima velocidad del viento

Los parámetros que se utilizan (h, H) son para la condición de máxima temperatura para una tensión en el vértice de máxima velocidad de viento

$$t_{vA} = \frac{t_A h_D}{H_D} = \frac{11,543 * 1\,714,152}{1\,718,822}$$

$$t_{vA} = 11,512 [kg/mm^2]$$

✓ **Cálculo de la tensión en el vértice para hipótesis de máxima temperatura**

Los parámetros que se utilizan (h, H) son para la condición de máxima temperatura para una tensión en el vértice de máxima temperatura

$$t_{VA} = \frac{t_A h_D}{H_D} = \frac{5,954 * 1\,714,152}{1\,718,822}$$

$$t_{VA} = 5,938 \text{ [kg/mm}^2\text{]}$$

✓ **Tensión en el vértice para condición mas desfavorable**

Para la tensión en el vértice mas desfavorables es la tensión dada en la condición de máxima velocidad de viento, esta dada por la siguiente ecuación:

$$T_V = t_V * S \text{ [kg]}$$

Donde:

t_V : Tensión el vértice para la condición mas desfavorable en $[\text{kg/mm}^2]$

S : Sección transversal del conductor en $[\text{mm}^2]$

Remplazando:

$$T_V = 11,512 * 39,226$$

$$T_V = 451,57 \text{ [kg]}$$

6.2.6. Ecuación dela catenaria de la línea en caliente

A partir de los datos de la hipótesis de máxima temperatura podemos modelar la curva de la catenaria para esta condición, esta dada por la siguiente expresión:

$$f = h * \cosh\left(\frac{a}{2 * h}\right) - h$$

Remplazando

$$y = 1\,714,152 * \left[\cosh\left(\frac{a}{2 * 1\,714,152}\right) - 1 \right]$$

Curva para el conductor 2 AWG ACSR:

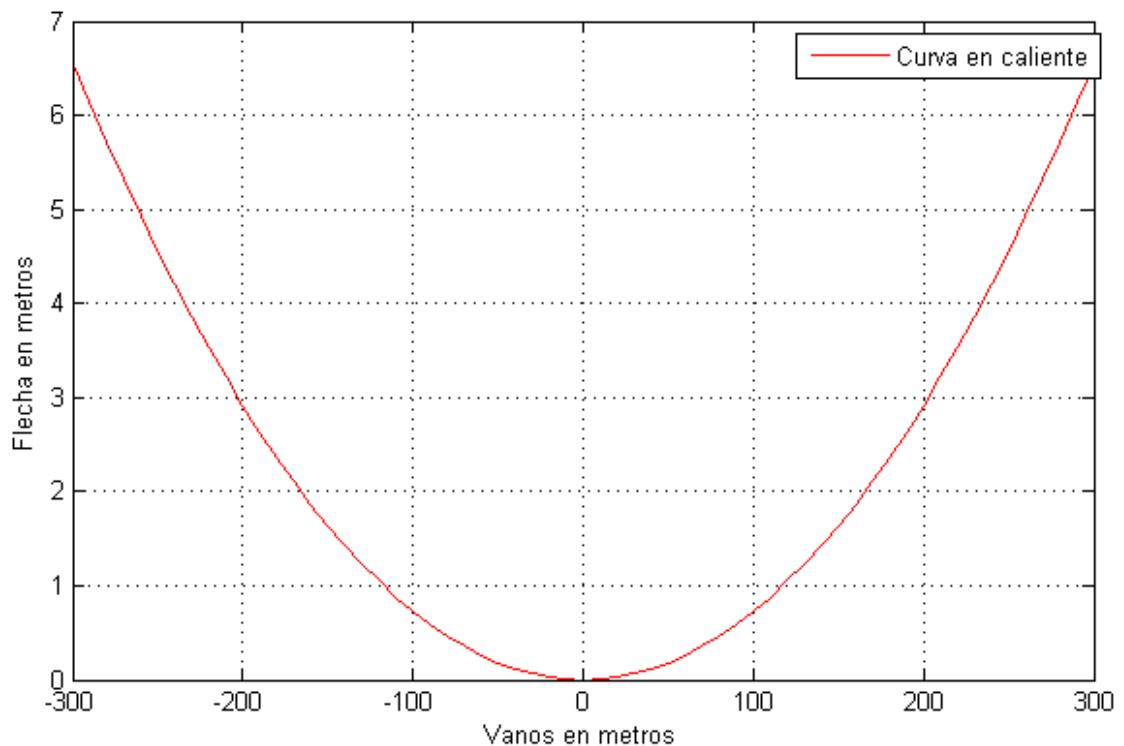


Figura 10. Curva en Caliente (máxima temperatura)

Fuente: Autores

6.2.7. Ecuación de la catenaria de la línea en frío

La catenaria de la línea en frío se halla con la hipótesis de mínima temperatura, pero en este caso la temperatura mínima se presenta cuando está la máxima velocidad de viento. Este estudio se hace con el fin de determinar el comportamiento del conductor sometidos a estas condiciones y determinar si el diseño es el adecuado para garantizar dichas condiciones.

A partir de los datos de la hipótesis de mínima temperatura se puede modelar la curva de la catenaria para esta condición y esta dada por la siguiente expresión:

$$f = h * \cosh\left(\frac{a}{2 * h}\right) - h$$

Remplazando

$$y = 1\,771,558 * \left[\cosh\left(\frac{a}{2 * 1\,771,558}\right) - 1 \right]$$

Curva para el conductor 2 AWG ACSR:

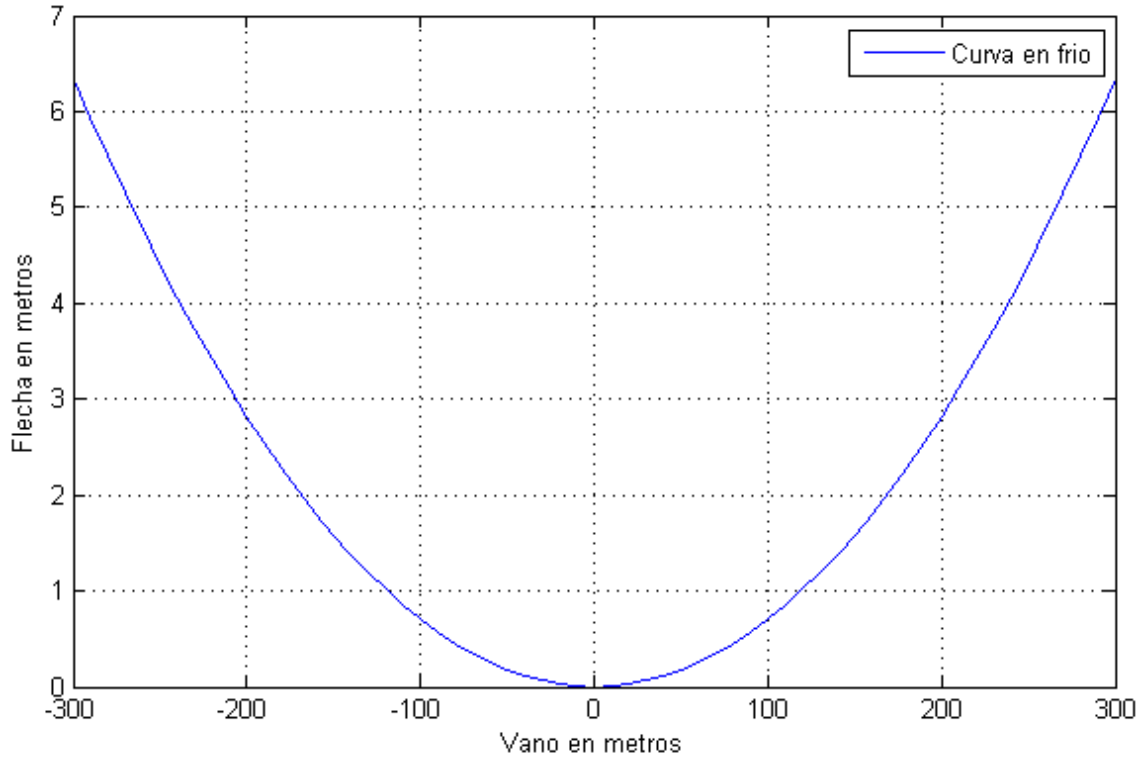


Figura 11. Curva en frio (mínima temperatura)

Fuente: Autores

6.2.8. Curvas de tendido

Tomando como punto de partida la hipótesis más desfavorable, se obtiene el resto de las hipótesis de flecha máxima, flecha mínima, no obstante, estos cálculos no serán suficientes, ya que a la hora de montar la línea de distribución, las condiciones climatológicas no serán las de las citadas hipótesis.

Entonces se evalúa la ecuación de cambio de estado para valores de temperatura comprendidos entre la mínima y máxima temperatura promedio, con el fin de obtener valores sujetos a condiciones climatológicas y capacidad de operación del personal humano.

A continuación se presenta la curva de tendido para el conductor 2 AWG ACSR:

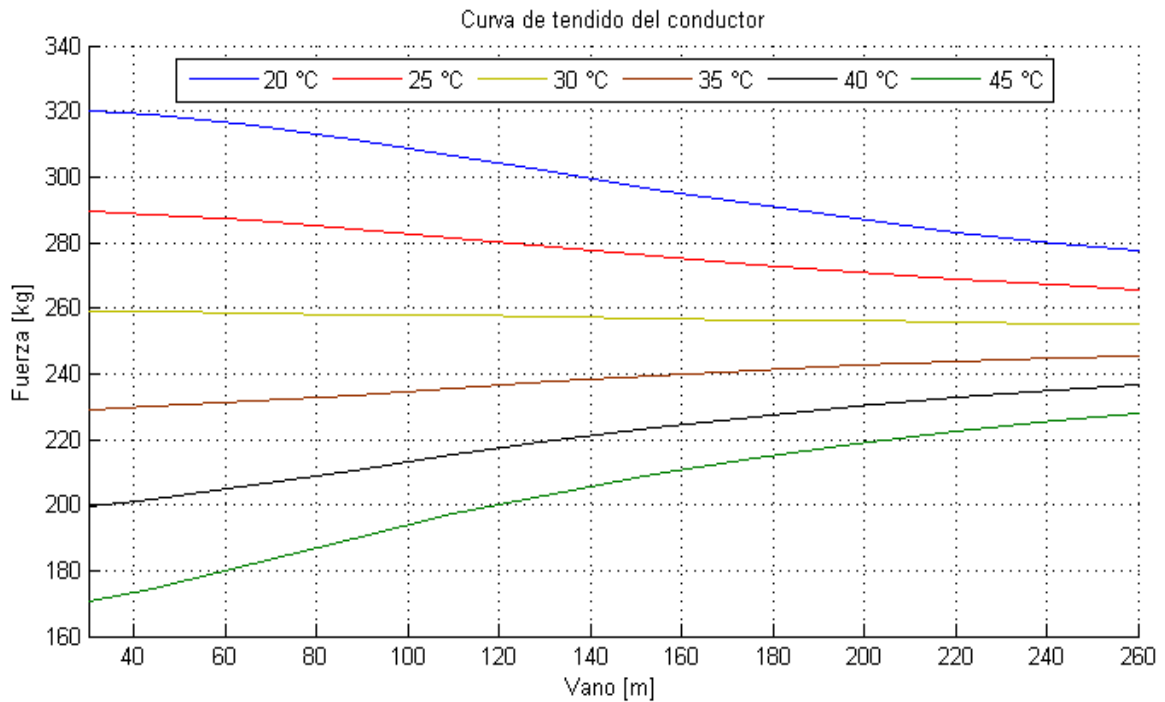


Figura 12. Curvas de tendido del conductor.

Fuente: Autores

6.3. CÁLCULO DE ESFUERZOS SOBRE CONDUCTORES Y APOYOS

6.3.1. Esfuerzo transversal producido por el viento sobre el poste

6.3.1.1. En los apoyos

Para un poste de forma troncocónica de 12 m y teniendo en cuenta que es una superficie en revolución realizamos los siguientes cálculos.

Presión del viento:

$$P_v = 4,2 * 10^{-3} * 80^2 = 26,88 \text{ kg/m}^2$$

Área del poste:

$$A_p = \frac{d_1 + d_2}{200} * H = \frac{32 + 14}{200} * 10,2$$

$$A_p = 2,346 \text{ m}^2$$

Altura de la aplicación de la fuerza del viento:

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

$$H_1 = \frac{10,2}{3} * \frac{32 + 2 * 14}{32 + 14} = 4,435 [m]$$

Carga del viento:

$$f_p = P_V * A_p * f_{S_{Horizontal}}$$

$$f_p = 26,88 * 2,346 * 1,7 = 107,2 \text{ kg}$$

Para un poste de forma troncocónica de 14 m y teniendo en cuenta que es una superficie en revolución realizamos los siguientes cálculos.

Presión del viento:

$$P_V = 4,2 * 10^{-3} * 80^2 = 26,88 \text{ kg/m}^2$$

La longitud de empotramiento del poste es:

$$L_e = 0,1 * 14 + 0,6 = 2 \text{ m}$$

La longitud libre del poste es:

$$L_{Lp} = 14 - 2 = 12 \text{ m}$$

Área del poste:

$$A_p = \frac{d_1 + d_2}{200} * H = \frac{38 + 17}{200} * 12$$

$$A_p = 3,3 \text{ m}^2$$

Altura de la aplicación de la fuerza del viento:

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

$$H_1 = \frac{12}{3} * \frac{38 + 2 * 17}{38 + 17} = 5,236 [m]$$

Carga del viento:

$$f_p = P_V * A_p * f_{S_{Horizontal}}$$

$$f_p = 26,88 * 3,3 * 1,7 = 150,79 kg$$

6.3.1.2. En los conductores

La carga total del viento en los conductores se calcula de la siguiente forma:

$$f_v = 4,2 * 10^{-3} * V_v^2 * \frac{dc}{100} * l * n$$

$$f_v = 4,2 * 10^{-3} * 80^2 * \frac{0,8026}{100} * l * 2$$

$$f_v = 0,4315 * l$$

6.3.2. Esfuerzos resultantes de ángulo

Suponiendo tensiones equilibradas, se realizan los cálculos con la siguiente forma. De los cálculos anteriores se obtuvo una tensión de 11,543[kg/mm²] la cual suponemos igual en los vanos adyacentes al apoyo.

$$T = 11,543 * S_C$$

$$T = 11,543 * 39,226$$

$$T = 452,79 kg$$

El valor de T es el correspondiente a la tensión en kilogramos existente en el punto de amarre de los conductores.

$$T_{Resultante} = 2 * T * \text{sen}(\alpha/2) * f_{S_{\text{ángulo}}}$$

$$T_{Resultante} = 2 * 452,79 * \text{sen}(\alpha/2) * 1,5$$

$$T_{Resultante} = 1358,37 * \text{sen}(\alpha/2)$$

Donde α es el ángulo de desviación de la línea.

6.4. CÁLCULO DE MOMENTOS

6.4.1. Momentos debidos al viento

Estos son los producidos debido a la acción del viento en los diferentes elementos que conforman la configuración.

6.4.1.1. En el apoyo

La altura de la aplicación H de la fuerza del viento se calculo anteriormente en el numeral 6.3.1.1.

Apoyo de 12 m:

$$M_{va} = P_V * \frac{H^2 * (2 * d_2 + d_1)}{600}$$

$$M_{va} = 26,88 * \frac{10,2^2 * (2 * 14 + 32)}{600}$$

$$M_{va} = 279,66 \text{ kg} * \text{m}$$

Apoyo de 14 m:

$$M_{va} = P_V * \frac{H^2 * (2 * d_2 + d_1)}{600}$$

$$M_{va} = 26,88 * \frac{12^2 * (2 * 17 + 38)}{600}$$

$$M_{va} = 464,49 \text{ kg} * \text{m}$$

6.4.1.2. En los conductores

Es el momento resultante por las diferentes fuerzas ejercidas por los conductores sobre el apoyo.

$$M_{vc} = f_v * h_c$$

✓ En apoyos de 12 m:

Para postes de paso se tiene que la altura del conductor es 10,3 m, entonces:

$$M_{vc_{paso}} = 0,4315 * l * 10,3$$

$$M_{vc_{paso}} = 4,4442 * l$$

Para postes de retención se tiene que la altura del conductor es 10,1 m, entonces:

$$M_{vc_{retención}} = 0,4315 * l * 10,1$$

$$M_{vc_{retención}} = 4,3582 * l$$

✓ En apoyos de 14 m:

Para postes de retención se tiene que la altura del conductor es 11,9 m, entonces:

$$M_{vc_{retención}} = 0,4315 * l * 11,9$$

$$M_{vc_{retención}} = 5,13485 * l$$

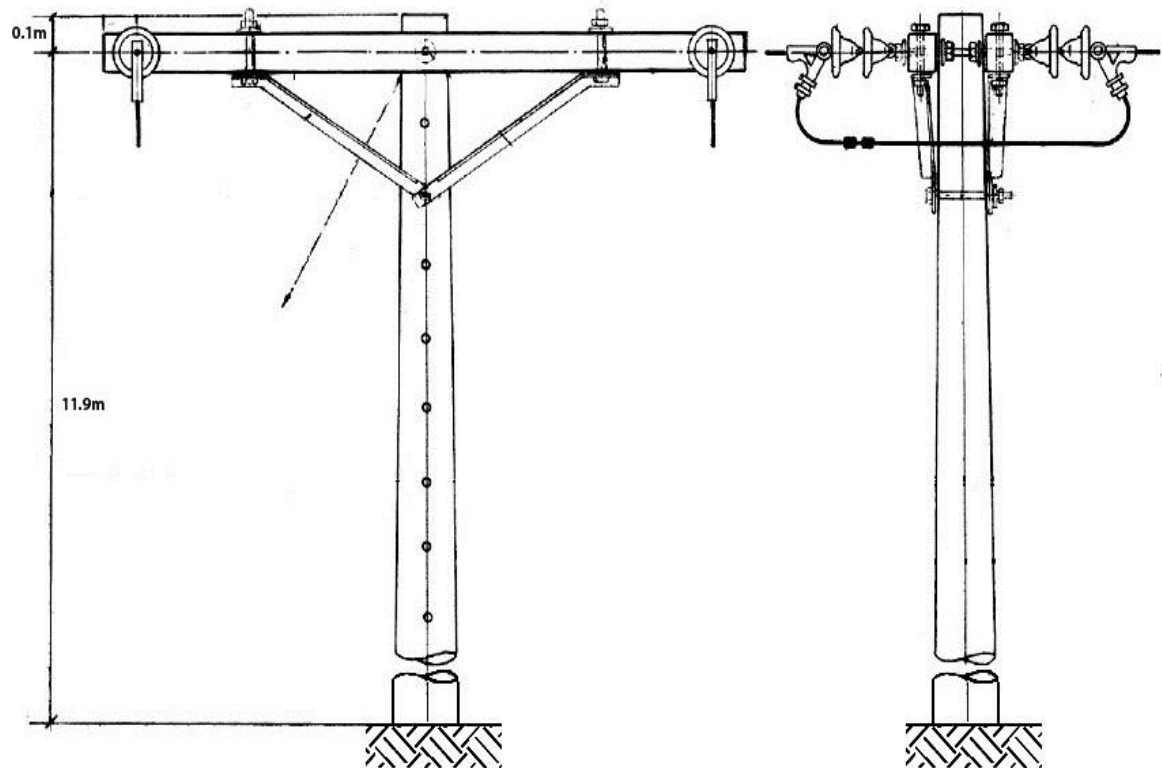


Figura 13. Altura del conductor M.T. Apoyo 14 m

Fuente: Autores

6.4.2. Momentos por cambio de dirección de línea

$$M_a = T_{resultante} * h_c * n$$

✓ En apoyos de 12 m:

Para postes de paso se tiene que:

$$M_{apaso} = 1\,358,37 * \text{sen}(\alpha/2) * 10,3 * 2$$

$$M_{apaso} = 27\,982,422 * \text{sen}(\alpha/2)$$

Para postes de retención se tiene que:

$$M_{aretención} = 1\,358,37 * \text{sen}(\alpha/2) * 10,1 * 2$$

$$M_{aretención} = 27\,439,074 * \text{sen}(\alpha/2)$$

✓ En apoyos de 14 m:

$$M_{aretención} = 1\,358,37 * \text{sen}(\alpha/2) * 11,9 * 2$$

$$M_{aretención} = 32\,329,206 * \text{sen}(\alpha/2)$$

6.4.3. Momento resistente

El momento resistente se halla con la siguiente formula:

$$M_r = \frac{C_r * H}{f_{S_{poste}}}$$

Para un apoyo de 12 m con una $H = 10,2$ y con una carga de rotura de 510 kg se obtiene:

$$M_r = \frac{510 * 10,2}{2,5}$$

Para 510 kg $M_r = 2080,8 \text{ kg} * m$

Para 750 kg $M_r = 3060 \text{ kg} * m$

Para 1050 kg $M_r = 4284 \text{ kg} * m$

Para un apoyo de 14 m con una $H = 12$ y con una carga de rotura de 750 kg se obtiene:

$$M_r = \frac{750 * 12}{2,5}$$

Para 750 kg $M_r = 3\ 600 \text{ kg} * m$

Para 1050 kg $M_r = 5\ 040 \text{ kg} * m$

6.4.4. Curva de utilización del poste

Luego de calcular el momento resistente del apoyo se resuelve la siguiente ecuación a fin de hallar el vano máximo y el ángulo máximo permisible por la configuración.

✓ En apoyos de 12 m:

Para postes de paso se tiene que la ecuación del momento resultante es:

$$M_r \geq M_{va} + M_{vc_{paso}} + M_{a_{paso}}$$

$$2\ 080,8 \geq 279,66 + 4,4442 * l + 27\ 982,422 * \text{sen}(\alpha/2)$$

$$405,3 \geq l + 6\ 296,39 * \text{sen}(\alpha/2)$$

Los puntos de intersección con los ejes de coordenadas son:

$$l = 0; \quad \text{sen}(\alpha/2) = 0,0644; \quad \frac{\alpha}{2} = 3^\circ 41'$$

$$\frac{\alpha}{2} = 0; \quad \text{sen}(\alpha/2) = 0; \quad l = 405,3 \text{ m}$$

Para postes de retención se tiene que la ecuación del momento resultante es:

$$M_r \geq M_{va} + M_{vc_{retención}} + M_{a_{retención}}$$
$$2\,080,8 \geq 279,66 + 4,3582 * l + 27\,439,074 * \text{sen}(\alpha/2)$$
$$413,3 \geq l + 6\,295,96 * \text{sen}(\alpha/2)$$

Los puntos de intersección con los ejes de coordenadas son:

$$l = 0; \quad \text{sen}(\alpha/2) = 0,0656; \quad \frac{\alpha}{2} = 3^\circ 45'$$
$$\frac{\alpha}{2} = 0; \quad \text{sen}(\alpha/2) = 0; \quad l = 413,3 \text{ m}$$

✓ En apoyos de 14 m:

$$M_r \geq M_{va} + M_{vc_{retención}} + M_{a_{retención}}$$
$$3600 \geq 464,49 + 5,13485 * l + 32\,329,206 * \text{sen}(\alpha/2)$$
$$610,63 \geq l + 6\,296,037 * \text{sen}(\alpha/2)$$

Los puntos de intersección con los ejes de coordenadas son:

$$l = 0; \quad \text{sen}(\alpha/2) = 0,09698; \quad \frac{\alpha}{2} = 5^\circ 33'$$
$$\frac{\alpha}{2} = 0; \quad \text{sen}(\alpha/2) = 0; \quad l = 610,63 \text{ m}$$

A continuación se muestran la curva de utilización para los apoyos de paso y de retención con sus diferentes cargas de rotura descritas anteriormente:

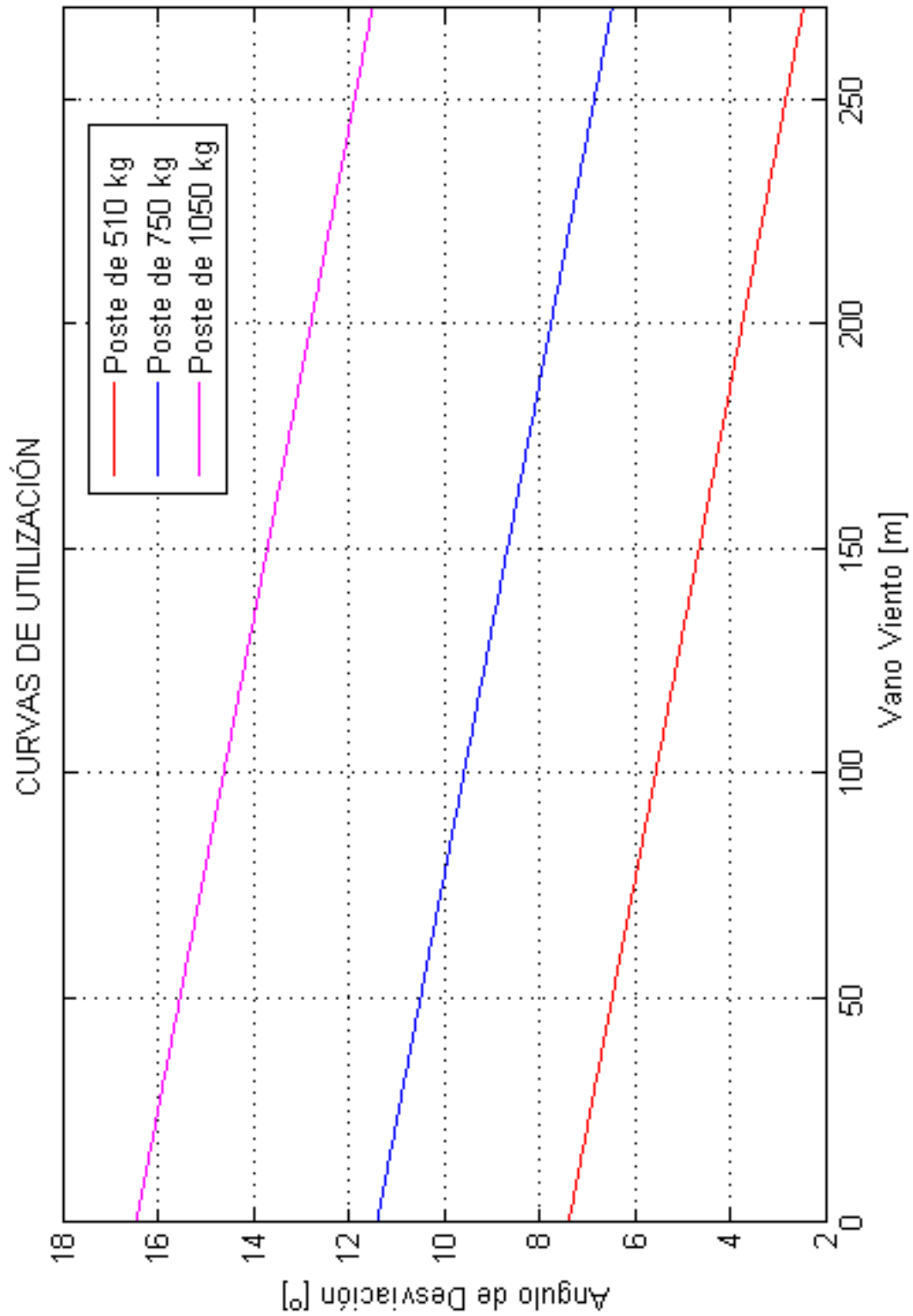


Figura 14. Curvas de utilización de los apoyos de paso de 12 m

Fuente: Autores

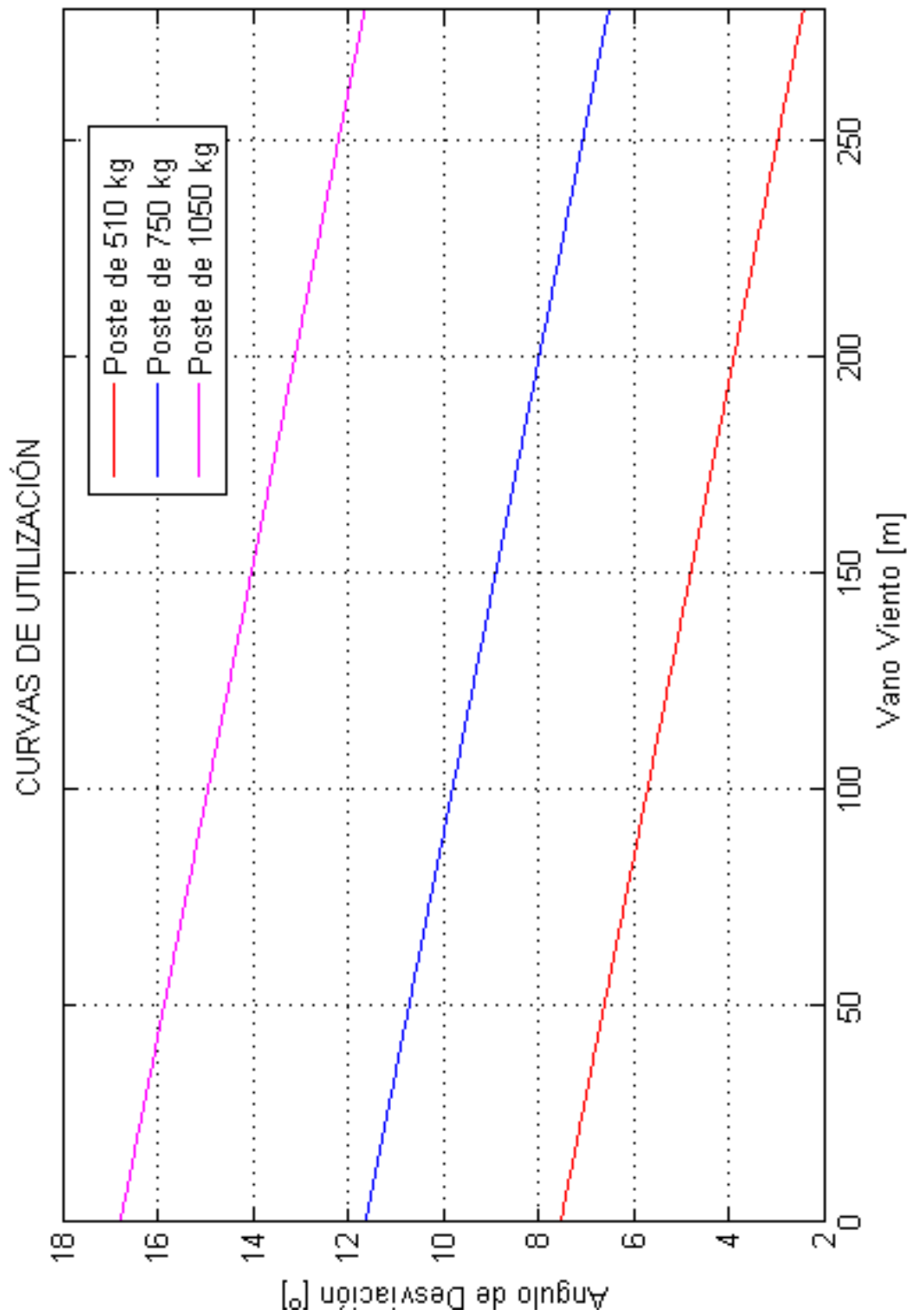


Figura 15. Curvas de utilización de los apoyos de retención de 12 m

Fuente: Autores

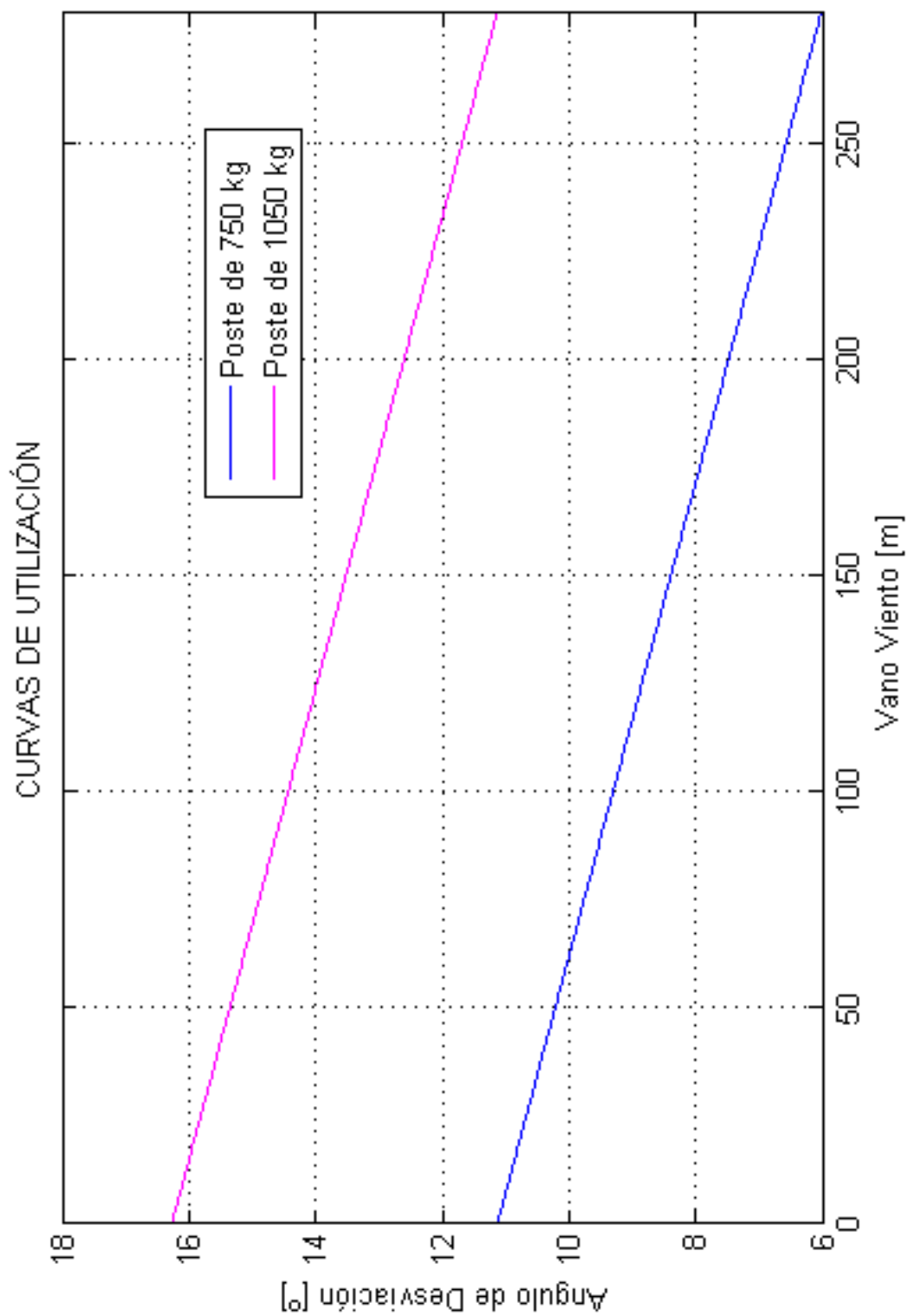


Figura 16. Curvas de utilización apoyo de 14 m

Fuente: Autores

6.5. CÁLCULO DE TEMPLETES

Las tensiones horizontales que ejercen los conductores de fase y el cable de guardia, no deben sobrepasar en ningún caso, el momento resistente del poste, en dado caso que no cumpla es necesario calcular templetes que equilibren la estructura y absorban los esfuerzos desestabilizadores. Para calcular los templetes, se supone la estructura como retención terminal y se determina el número necesario de templetes para dicho tramo.

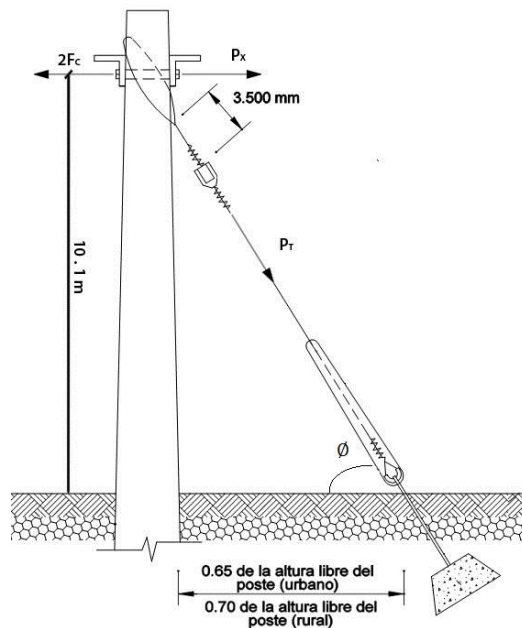


Figura 17. Árbol de cargas para estructuras sencillas.

Fuente: Norma RA6-001 EPM Instalación del viento convencional

6.5.1. Templetes para contrarrestar los esfuerzos longitudinales

De acuerdo con el árbol de cargas se establece el siguiente equilibrio de momentos.

$$M_r + P_x * h_t = T_c * h_c * n$$

Donde:

M_r : Momento resistente del poste [$kg * m$]

P_x : Componente horizontal de la tensión sobre el templete

h_t : Punto de amarre del templete (10 cm desde el extremo superior)

h_c : Altura del conductor [m]

T_c : Momento en el apoyo debido al viento [kg * m]

n : Número de conductores a la misma altura

$$P_T = \frac{P_x}{\cos \phi}$$
$$\cos \phi = \frac{b}{\sqrt{b^2 + h_t^2}}$$

P_T : Fuerza resultante sobre el templete [kg]

ϕ : Ángulo de inclinación del templete con el suelo

b : Distancia de anclaje del templete [m]

Según la norma RA6-001 (instalación del viento convencional) la distancia óptima del punto de anclaje del templete al poste es 0,7 de la distancia libre del poste por lo tanto $b = 7,1 \text{ m}$.

Remplazando los valores correspondientes en la ecuación de equilibrio para hallar la componente horizontal de la tensión que ejerce el templete y el ángulo de inclinación del templete con el suelo para determinar el número de templetes necesarios en la estructura cumpliendo con el factor de seguridad dado en la Tabla 9. Factores de seguridad Tabla 9.

✓ Para postes de 12 m

Se analiza para un vano normal de tendido de 250 m, se tiene para postes de retención que la ecuación del momento es:

$$2\ 080,8 + P_x * (10,1) = 452,79 * 10,1 * 2$$

$$P_x = 699,56 \text{ kg}$$

$$\cos \phi = \frac{7,1}{\sqrt{7,1^2 + 10,1^2}} = 0,5751$$

$$\phi = 54^\circ 53' 38,11''$$

$$P_T = \frac{699,56}{0,5751}$$

$$P_T = 1216,41 \text{ kg}$$

Factor de seguridad del templete:

$$T_{rotura} = 3\,020 \text{ kg para templete de } 1/4''$$

$$F.S = \frac{3\,020}{1216,41} = 2,48$$

Como el factor de seguridad F.S mínimo para templetos es 2, y en este caso se cumple, el poste de terminal solo necesita un templete de 1/4".

En estructuras de retención, que deben sostener dos tramos, uno por cada lado, el número de templetos es el doble al que se calcula para una estructura terminal.

Con el anterior procedimiento se garantiza que al ocurrir ruptura en uno o en los dos conductores, los templetos deben estar en capacidad de contrarrestar las tensiones de desequilibrio y así evitar la ruptura del apoyo.

✓ Para postes de 14 m

Se analiza para un vano normal de tendido de 300 m, se tiene para postes de retención que la ecuación del momento es:

$$M_r + P_x * h_t = T_c * h_c * n$$

$$3\,600 + P_x * (11,9) = 452,79 * 11,9 * 2$$

$$P_x = 603,059 \text{ kg}$$

$$\cos \phi = \frac{8,4}{\sqrt{8,4^2 + 11,9^2}} = 0,5767$$

$$\phi = 54^\circ 46' 56,67''$$

$$P_T = \frac{603,059}{0,5767}$$

$$P_T = 1\,045,706 \text{ kg}$$

Factor de seguridad del templete:

$$T_{rotura} = 3\,020 \text{ kg para templete de } 1/4''$$

$$F.S = \frac{3\,020}{1\,045,706} = 2,89$$

Como el factor de seguridad mínimo para templetes es 2, y en este caso se cumple, el poste de terminal solo necesita un templete de 1/4".

En estructuras de retención, que deben sostener dos tramos, uno por cada lado, el número de templetes es el doble al que se calcula para una estructura terminal.

6.5.2. Templetes para contrarrestar los esfuerzos transversales

Cuando las condiciones de tendido debido al viento y el ángulo de deflexión sobrepasan el límite máximo de dichas curvas, deben calcularse los templetes necesarios que contrarresten dicho efecto desestabilizador. El cálculo general se remite a la siguiente formula de equilibrio de momentos transversales.

$$M_r + P_x * h_t = M_{va} + M_{vc} + M_a$$

M_r : Momento resistente del poste [$kg * m$]

P_x : Componente horizontal de la tensión sobre el templete

h_t : Punto de amarre del templete (10 cm desde el extremo superior)

M_{va} : Momento en el apoyo debido al viento [$kg * m$]

M_{vc} : Momento en los conductores debido al viento [$kg * m$]

M_a : Momento por cambio de dirección de la línea [$kg * m$]

✓ Para poste de 12 m

$$2\ 080,8 + P_x * (10,1) = 279,66 + 4,4442 * l + 2\ 7982,422 * \text{sen}(\alpha/2)$$

Para un templete 1/4", la tensión de rotura es 3 020 kg, pero como se debe cumplir un factor de seguridad de dos:

$$P_T = \frac{3\ 020}{2} = 1\ 510\ kg$$

$$P_T = \frac{P_x}{\cos \phi}$$

$$P_x = 1\ 510 * 0,5751 = 868,4\ kg$$

Al remplazar en la ecuación se obtiene

$$2\ 080,8 + 868,4 * (10,1) = 279,66 + 4,4442 * l + 2\ 7982,422 * \text{sen}(\alpha/2)$$

$$10\ 851,64 = 279,66 + 4,4442 * l + 27982,422 * \text{sen}(\alpha/2)$$

$$2\,378,83 = l + 6\,296,39 * \text{sen}(\alpha/2)$$

Los puntos de intersección con los ejes de coordenadas son:

$$l = 0; \quad \text{sen}(\alpha/2) = 0,3778; \quad \frac{\alpha}{2} = 22^{\circ}11'$$

$$\frac{\alpha}{2} = 0; \quad \text{sen}(\alpha/2) = 0; \quad l = 2\,378,83 \text{ m}$$

✓ Para poste de 14 m

$$3600 + P_x * (11,9) = 464,49 + 5,13485 * l + 32\,329,206 * \text{sen}(\alpha/2)$$

Para un templete ¼", la tensión de rotura es 3 020 kg, pero como se debe cumplir un factor de seguridad de dos:

$$P_T = \frac{3\,020}{2} = 1510 \text{ kg}$$

$$P_T = \frac{P_x}{\cos \emptyset}$$

$$P_x = 1\,510 * 0,5767 = 870,817 \text{ kg}$$

Al remplazar en la ecuación se obtiene

$$3\,600 + 870,817 * (11,9) = 464,49 + 5,13485 * l + 32\,329,206 * \text{sen}(\alpha/2)$$

$$2628,75 = l + 6296,037 * \text{sen}(\alpha/2)$$

Los puntos de intersección con los ejes de coordenadas son:

$$l = 0; \quad \text{sen}(\alpha/2) = 0,4175; \quad \frac{\alpha}{2} = 24^{\circ}40'$$

$$\frac{\alpha}{2} = 0; \quad \text{sen}(\alpha/2) = 0; \quad l = 2628,75 \text{ m}$$

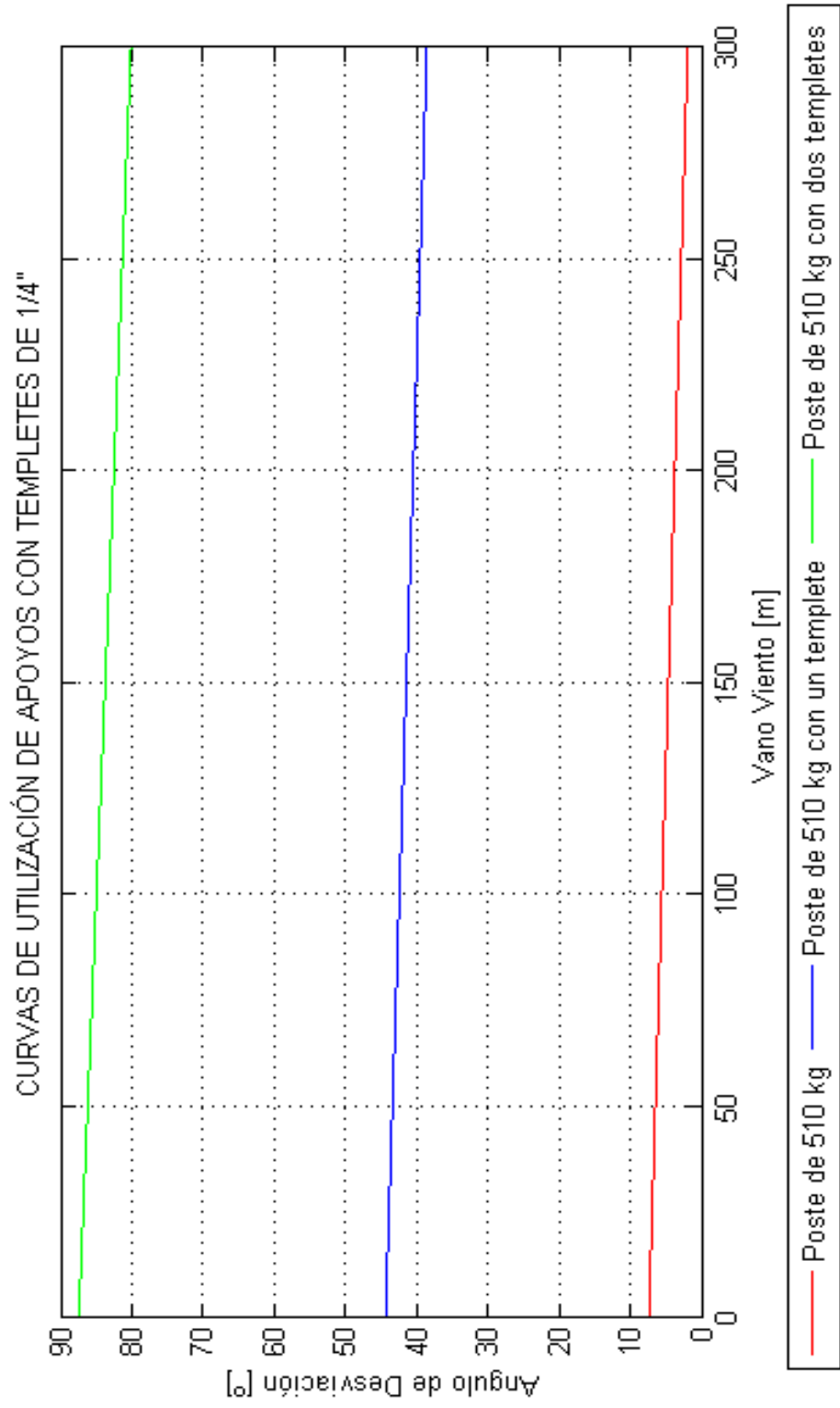


Figura 18. Curvas de utilización con templete apoyo 12 m

Fuente: Autores

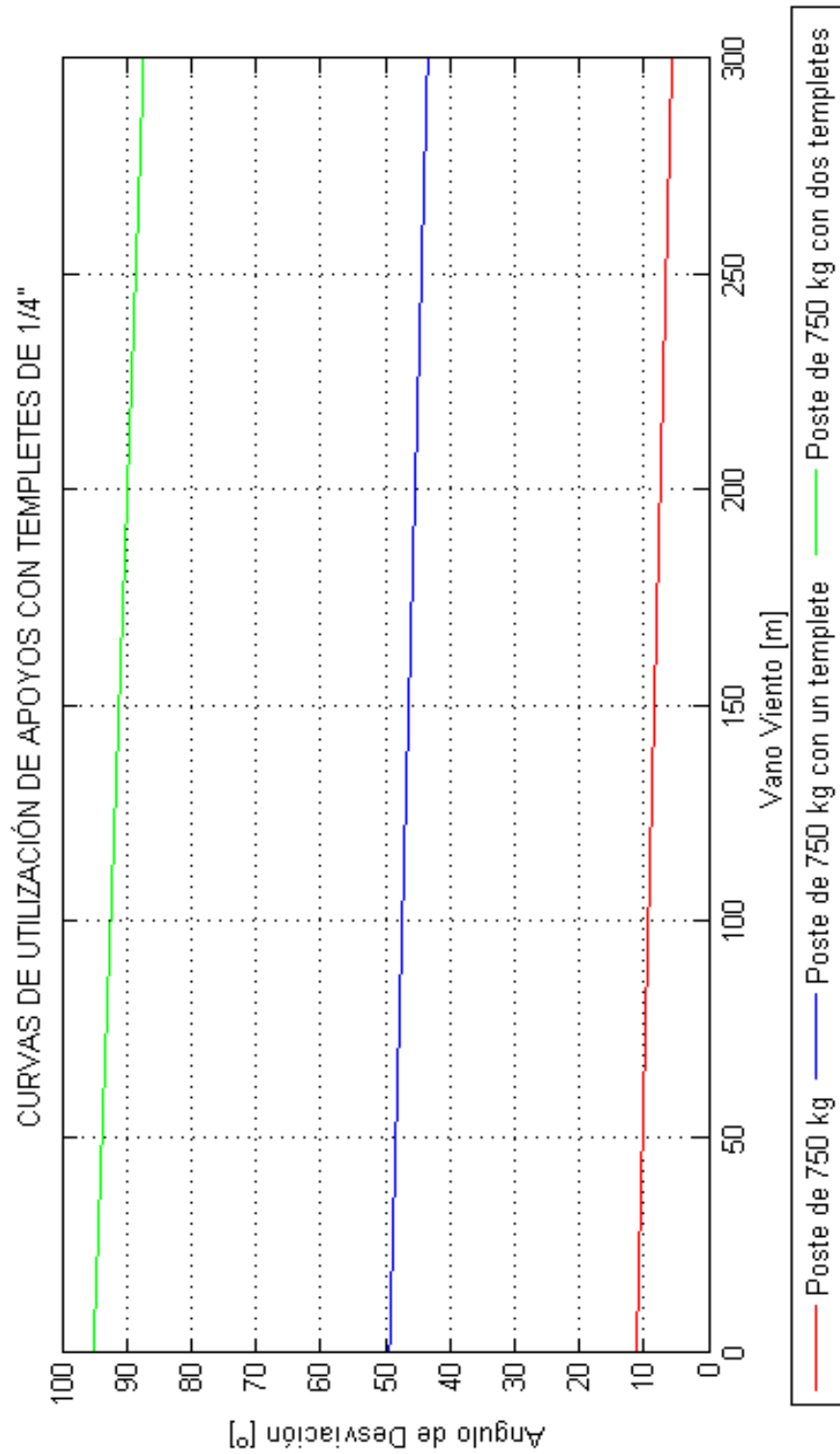


Figura 19. Curva de utilización con dos templetes apoyo 14 m

Fuente: Autores

6.5.3. Anclajes

6.5.3.1. Varilla

La varilla de anclaje se entierra para contrarrestar las fuerzas desbalanceadas de las líneas de distribución. La varilla será de acero que cumpla con las especificaciones de la norma RA7-038.

La varilla de anclaje será totalmente galvanizada por inmersión en caliente y deberá cumplir con las especificaciones dadas en la norma NTC 2076 y deben estar libres de burbujas, áreas sin revestimiento, depósitos de escoria, manchas negras, excoiraciones y otro tipo de inclusiones que puedan causar interferencia en el uso específico del producto. Cuando los suelos son corrosivos, la varilla debe ser galvanizada y pintada contra la corrosión. El material de la varilla de anclaje deberá cumplir con los requisitos mecánicos de acuerdo a la norma NTC 858 y a los valores consignados en la siguiente tabla para las pruebas de tracción.

DIÁMETRO		CARGA DE PRUEBA		CARGA MÍNIMA	
mm	pulg	kgf	kN	kgf	kN
VARILLA DE ANCLAJE					
16	5/8	3400	33,1	6200	60,5
19	3/4	5100	48,9	9000	88,9

Tabla 15. Varilla de anclaje

Fuente: Norma EPM RA7-038, Tabla 1.

6.5.3.2. Concretada de zapatas

En terrenos inestables como es el caso de zonas inundables, áreas de cultivo y terrenos arenosos, las anclas se deben estabilizar concretándolas (concreto ciclópeo) en su base (zapata) con una franja de 50 cm desde el fondo del hueco para aumentar su área de contacto con el terreno. A continuación se muestra la figura del detalle de la anclada de la zapata.

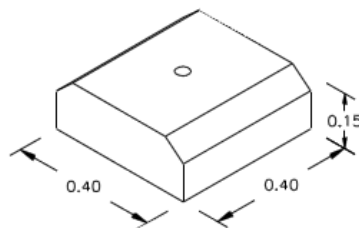


Figura 20. Detalle de la zapata

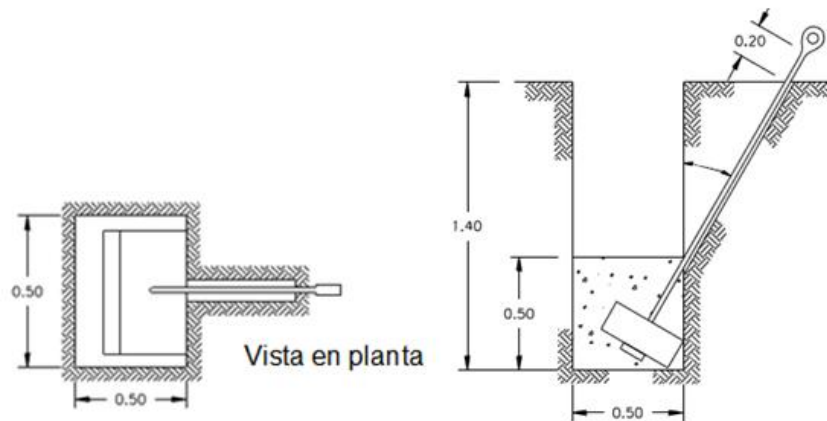


Figura 21. Detalle de la concretada

Fuente: Norma EPSA, Criterios para diseño de redes de distribución, Fig. 11.

El concreto para el anclaje deberá tener una resistencia a los 28 días de 210 kg/cm^2 (3 000 psi), El anclaje se conforma de una varilla de $5/8'' \times 1,8 \text{ m}$, ésta se acopla a una zapata de concreto de 2 500 psi, cuyas dimensiones son $0,16 \times 0,16 \times 0,24 \text{ m}$ con un agujero central de $13/16''$.

6.6. ANÁLISIS MECÁNICO DEL ESPIGO

Con base en la Figura 4, se tiene que la fuerza resultante es la sumatoria de las fuerzas horizontales sobre el espigo, es decir:

$$f_r = f_{vc} + f_a$$

Dónde:

f_r : Resultante de los esfuerzos horizontales.

f_{vc} : Fuerza por la acción de viento en los conductores [kg]

f_a : Fuerza debido al cambio de dirección de la línea [kg]

Al remplazar la fuerza resultante en ecuación para hallar el momento de empotramiento queda de la siguiente forma:

$$M = (f_{vc} + f_a) * h$$

La fuerza f_{vc} fue hallada anteriormente en el numeral 6.3.1.2 y su valor es:

$$f_{vc} = 0,4315 * l \text{ [kg]}$$

La fuerza f_a fue hallada anteriormente en el numeral 6.3.2 y su valor es:

$$f_a = 1\,358,37 * \text{sen}(\alpha/2)$$

Al remplazar los valores de las fuerzas en la ecuación de momento de empotramiento se obtiene:

$$M = (0,4315 * l + 1358,37 * \text{sen}(\alpha/2)) * h$$

El valor de la altura libre del herraje se obtiene de la norma RA7-009, de la siguiente tabla, se obtiene dicho valor h . La figura del espigo para 13,2 kV se encuentra en el Anexo G. HERRAJERÍA

Ítem	A		B		C		D		E		F	
	Altura		Longitud		Diámetro nominal de la rosca		Diámetro de la base		Sección		Longitud de la rosca	
	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	Pulg	mm	pulg	mm	pulg
1	203	8	38	1 ½	19	¾	50	2	19	¾	32	1 ¼
2	150	6	38	1 ½	19	¾	50	2	19	¾	32	1 ¼

Tabla 16. Dimensiones de espigos para 13,2 kV

Fuente: Norma EPM RA7-009, Tabla: Dimensiones para espigos para 13,2 kV

Para el espigo 1 (altura libre $h = 203\text{ mm}$) se tiene que el momento de empotramiento es:

$$M = (0,4315 * l + 1\,358,37 * \text{sen}(\alpha/2)) * 0,203$$

$$M = 0,0876 * l + 275,749 * \text{sen}(\alpha/2)$$

Para el espigo 2 (altura libre $h = 150\text{ mm}$) se tiene que el momento de empotramiento es:

$$M = (0,4315 * l + 1\,358,37 * \text{sen}(\alpha/2)) * 0,150$$

$$M = 0,0647 * l + 203,756 * \text{sen}(\alpha/2)$$

El esfuerzo de trabajo permisible en el espigo se determina con la siguiente fórmula

$$g = \frac{32 * M}{\pi * d^3}$$

Dónde:

$g = 41,56\text{ kg/mm}^2$, para el acero estructural

d : Diámetro de espigo en mm (parámetro E de la Tabla 16)

Ambos espigos tienen un diámetro de $3/4"$ $d = 19 \text{ mm}$. Despejando el momento M y se obtiene:

$$M = \frac{41,56 * \pi * 19^3}{32}$$

$$M = 27,986 \text{ kg} * m$$

Si se aplica un factor de seguridad de 1,5 sacado de la tabla 9 se obtiene:

$$M = \frac{27,986}{1,5}$$

$$M = 18,657 \text{ kg} * m$$

6.6.1. Curva de utilización del espigo

Al remplazar el valor final de M en las ecuaciones correspondientes a los diferentes espigos se obtiene:

Espigo 1 ($h = 203$)

$$18,657 = 0,0876 * l + 275,749 * \text{sen}(\alpha/2)$$

Los puntos de intersección con los ejes de coordenadas son:

$$l = 0; \quad \text{sen}(\alpha/2) = 0,06766; \quad \frac{\alpha}{2} = 3^\circ 52'$$

$$\frac{\alpha}{2} = 0; \quad \text{sen}(\alpha/2) = 0; \quad l = 212,98 \text{ m}$$

Espigo 2 ($h = 150$)

$$18,657 = 0,0647 * l + 203,756 * \text{sen}(\alpha/2)$$

Los puntos de intersección con los ejes de coordenadas son:

$$l = 0; \quad \text{sen}(\alpha/2) = 0,09156; \quad \frac{\alpha}{2} = 5^\circ 15'$$

$$\frac{\alpha}{2} = 0; \quad \text{sen}(\alpha/2) = 0; \quad l = 288,36 \text{ m}$$

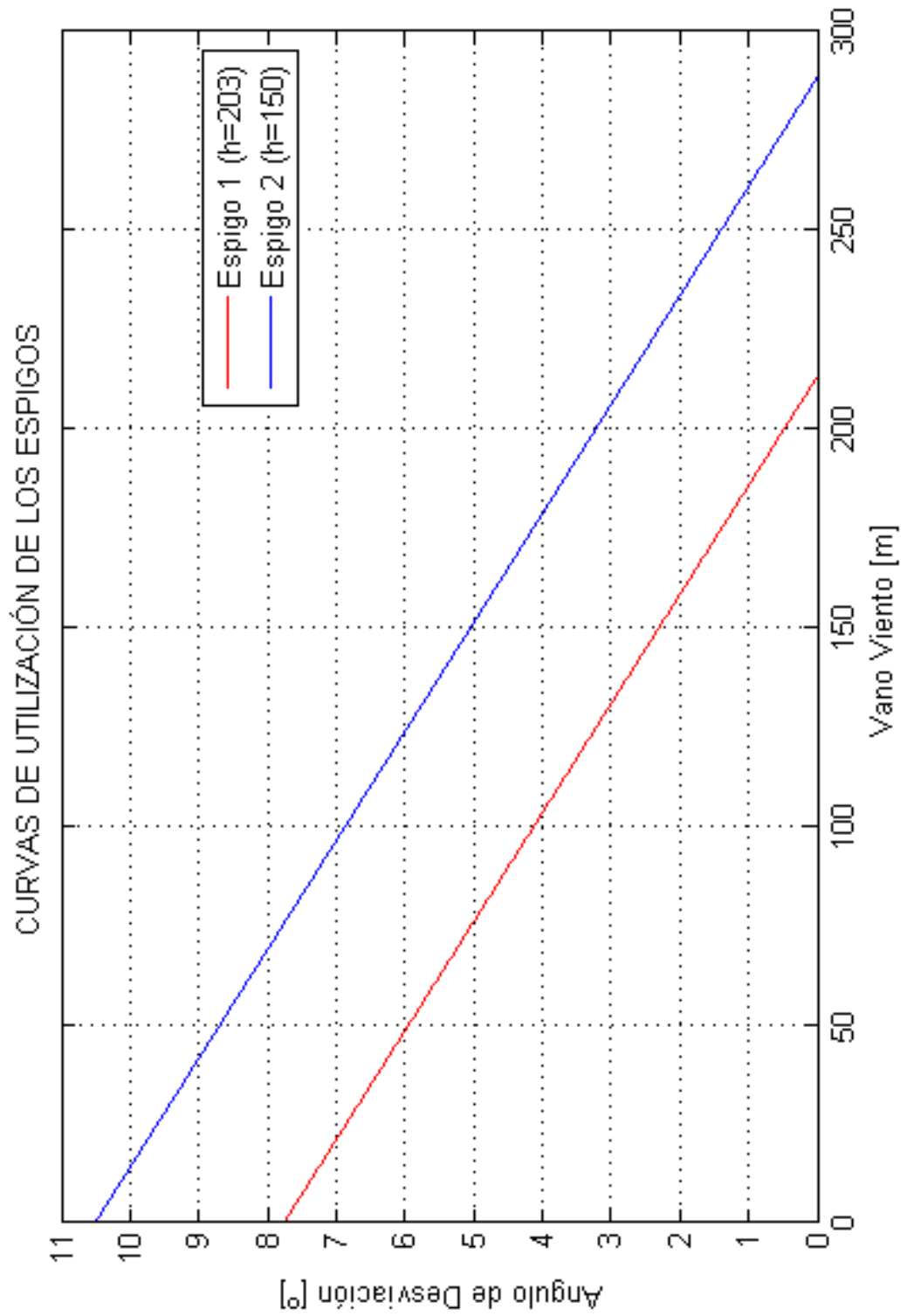


Figura 22. Curva utilización del espigo

Fuente: Autores

7. CÁLCULOS PARA RED DE BAJA TENSIÓN

7.1. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

7.1.1. Carga instalada en la casa modelo

La carga instalada en la casa modelo viene dada así:

- ✓ 32 VA/m² para cargas de alumbrado general.
- ✓ Carga mínima para lavadora y plancha: 1 200 VA.
- ✓ Carga mínima para uno o más circuitos de pequeños aparatos: 1 500 VA por circuito.

Existe una sola casa modelos, el área de la casa modelo es de 40 m², luego la carga instalada viene dada por

Carga de alumbrado general:	1 280 VA
Artefacto cocina y pequeños aparatos:	1 500 VA
Lavadora o plancha:	1 200 VA
Carga total instalada:	3 980 VA

Según la metodología para la determinación de la demanda máxima presentada en la sección 2.3 de la norma de la ESSA, se aplicarán los factores de demanda que se encuentran en la tabla 2.15:

Carga artefacto mayor potencia:	1 200 VA
Carga restante al 50%:	1 390 VA
Demanda máxima:	2 590 VA

Sin embargo, para las zonas rurales, con usuarios estrato 1 y 2, la demanda máxima por cada usuario, puede ser estimada como se indica a continuación.

$$D_{max-rural} = \frac{[S_M + (32 \text{ VA/m}^2) * \text{area(m}^2) * 0,5] * N}{F_{div}}$$

Dónde:

S_M : Carga aparato mayor potencia

N : Número de usuarios

F_{div} : Factor de diversidad

De la anterior formula se establece el cálculo de la demanda máxima rural en función de los números de usuarios y aplicando el factor de diversidad del numeral 5.1.3

Número de Usuarios	Factor de Diversidad	Demanda Máxima
1	1,00	2,14
2	1,14	3,23
3	1,29	4,27
4	1,46	5,04
5	1,64	5,62
6	1,83	6,05
7	2,02	6,37
8	2,23	6,61
9	2,43	6,80
10	2,64	6,96

Tabla 17. Demanda máxima de los usuarios

Fuente: Autores

7.1.2. Acometidas de viviendas

Para las residencias, la acometida se construirá en cable antifraude de cobre, aislado con XLPE. Las acometidas se deben conectar a la red secundaria con estribos en cable ACSR N° 4 con conector tipo cuña.

7.1.3. Cálculo de las corrientes primarias

Transformador 5 kVA:

$$I_P = \frac{5 \text{ kVA}}{13,2 \text{ kV}} = 0,38 \text{ A}$$

Transformador 10 kVA:

$$I_P = \frac{10 \text{ kVA}}{13,2 \text{ kV}} = 0,76 \text{ A}$$

7.1.4. Cálculo de las protecciones primarias

En redes aéreas, todo circuito derivado de un alimentador principal en media tensión se protegerá con cortacircuitos tipo abierto que utilizarán hilos fusibles rápidos, seleccionados, con un valor igual o el más próximo normalizado a la corriente de la demanda máxima inicial que se va a servir.

$$I_{fusible} = 1,15 * I_p$$

Subestación (kVA)	$I_{fusible}$ (A)	Hilo fusible tipo K (A)
5	0,44	1
10	0,87	1

Tabla 18. Fusibles

Fuente: Autores

7.1.5. Cálculo de los pararrayos

$$V_{pararrayos} = F_{aterramiento} * V_{MaxServicio}$$

$$V_{MaxServicio} = 1,1 * V_{Nom} = 1,1 * 13,2 \text{ kV} = 14,52 \text{ kV}$$

$$V_{pararrayos} = 0,8 * 14,52 = 11,6 \text{ kV}$$

Se selecciona para cada fase un pararrayos (Descargador de Protecciones contra Sobretensiones) DPS de 12 kV- 10 kA ZnO.

7.1.6. Cálculo del barraje

En subestaciones aéreas se harán los barrajes en conductor de cobre, cuyo calibre se seleccionará de acuerdo con la corriente nominal secundaria del transformador. El bajante de conexión del transformador al barraje se debe hacer en conductor de cobre aislado. Se debe tomar la corriente secundaria del transformador como factor determinante para la selección del conductor que conformara el barraje, por tanto procedemos a determinar dicha corriente:

$$I_{NS} = \frac{S_N}{V_N \left(1 - \frac{U_Z}{100}\right)} = \frac{5 * 10^3}{240 \left(1 - \frac{3}{100}\right)}$$

$$I_{NS} = 21,47 \text{ A}$$

$$I_b \geq 1,25 * I_{NS} \rightarrow I_b \geq 26,84$$

Según la tabla 3-14 de la norma ESSA, un conductor de cobre calibre 12 AWG THW a 75°C soporta dicha corriente, sin embargo, el calibre mínimo según la norma RA8-001, se debe usar como mínimo calibre 6 AWG para conductor línea viva al aire libre y 8 AWG para neutro al aire libre tanto para transformadores con capacidad de 5 kVA como para los de 10 kVA.

7.1.7. Selección de subestaciones

Se selecciona la capacidad de los transformadores teniendo en cuenta la demanda máxima de las viviendas de acuerdo al número de usuarios. Serán monofásicas, aéreas y montadas en estructuras sencillas. La capacidad de los 5 transformadores se pueden observar en la siguiente tabla.

N°	Número de Usuarios	Factor de diversidad	Demanda máxima total [kVA]	Capacidad Transformador [kVA]	Voltaje [kV/V]	Corriente Primario [A]	Corriente secundario [A]	Protección B.T [A]
TN1	3	1,293	4,268	5	13,2/240	0,38	20,83	2x25
TN2	2	1,140	3,228	5	13,2/240	0,38	20,83	2x25
TN3	3	1,293	4,268	5	13,2/240	0,38	20,83	2x25
TN4	4	1,459	5,043	10	13,2/240	0,76	41,67	2x50
TN5	3	1,293	4,268	5	13,2/240	0,38	20,83	2x25

Tabla 19. Selección de subestaciones

Fuente: Autores.

7.1.8. Cálculo de regulación

De acuerdo con la tabla 2 el valor máximo de la regulación para redes de distribución, B.T zona rural es de 7%.

7.1.9. Diagramas topológicos y cuadros de regulación

A continuación se pueden observar los cuadros de regulación y el diagrama topológico para cada uno de los transformadores.

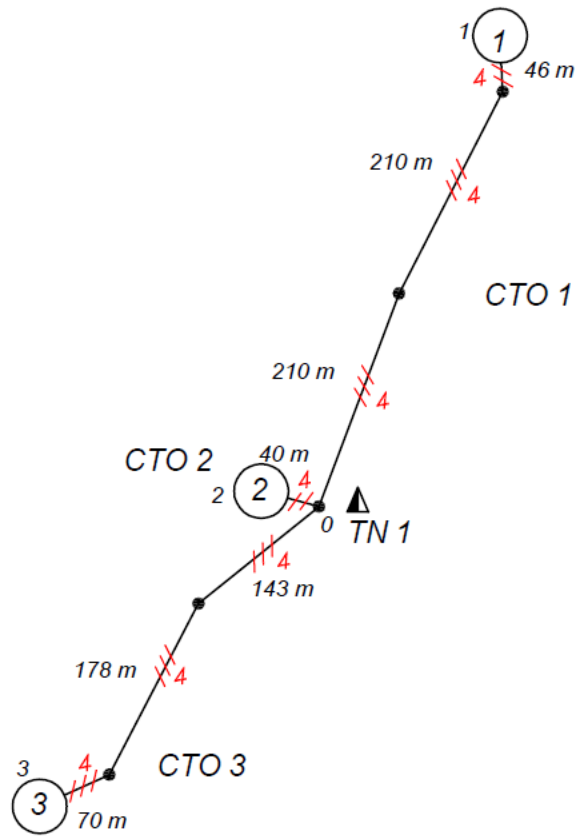


Figura 23. Diagrama topológico TN1

Fuente: Autores

CIRCUITO	TRAMO	LONGIT. (m)	NUMERO USUARIO	D. MAXI kVA	CTE (A)	MOMENTO kVA-m	CONDUCTOR (AWG AL XLP)	KG	F.C	K	REGULACION (%)	
											PARCIAL	TOTAL
1	0-1	460	1	1,84	7,7	846,4	4	159,9	2	0,005552	4,70	
2	0-2	40	1	1,84	15,3	73,6	4	159,9	8	0,088833	6,54	
3	0-3	391	1	1,84	7,7	719,44	4	159,9	2	0,005552	3,99	

Tabla 20. Cuadro de regulación TN1

Fuente: Autores

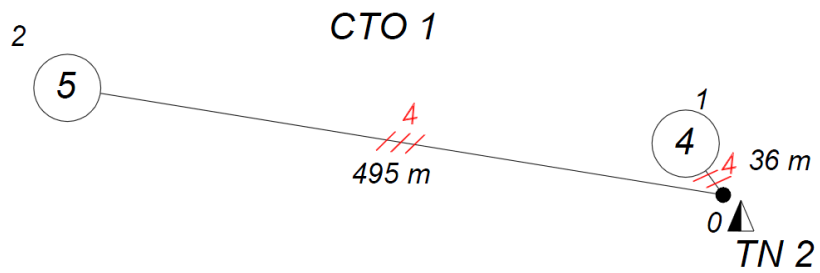


Figura 24. Diagrama topológico TN2

Fuente: Autores

CIRCUITO	TRAMO	LONGIT. (m)	NUMERO USUARIO	D. MAXI kVA	CTE (A)	MOMENTO kVA-m	CONDUCTOR (AWG AL XLP)	KG	F.C	K	REGULACION (%)	
											PARCIAL	TOTAL
1	0-1	36	1	1,84	15,3	66,24	4	159,9	8	0,088833	5,88	
2	0-2	495	1	1,84	15,3	910,8	4	159,9	2	0,005552	5,06	

Tabla 21. Cuadro de regulación TN2

Fuente: Autores

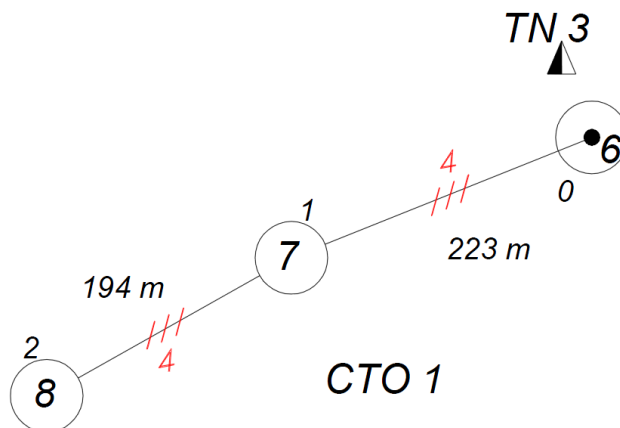


Figura 25. Diagrama topológico TN3

Fuente: Autores

CIRCUITO	TRAMO	LONGIT. (m)	NUMERO USUARIO	D. MAXI kVA	CTE (A)	MOMENTO kVA-m	CONDUCTOR (AWG AL XLP)	KG	F.C	K	REGULACION (%)	
											PARCIAL	TOTAL
1	0-1	223	2	3,23	13,5	719,85341	4	159,9	2	0,005552	4,00	
	1-2	194	1	1,84	7,7	356,96	4	159,9	2	0,005552	1,98	5,98

Tabla 22. Cuadro de regulación TN3

Fuente: Autores

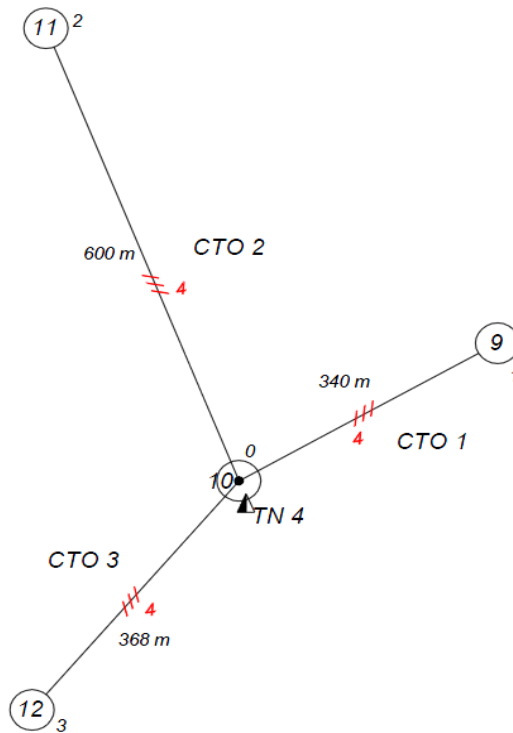


Figura 26. Diagrama topológico TN4

Fuente: Autores

CIRCUITO	TRAMO	LONGIT. (m)	NUMERO USUARIO	D. MAXI kVA	CTE (A)	MOMENTO kVA-m	CONDUCTOR (AWG AL XLP)	KG	F.C	K	REGULACION (%)	
											PARCIAL	TOTAL
1	0-1	340	1	1,84	7,7	625,6	4	159,9	2	0,005552	3,47	
2	0-2	600	1	1,84	7,7	1104	4	159,9	2	0,005552	6,13	
3	0-3	368	1	1,84	7,7	677,12	4	159,9	2	0,005552	3,76	

Tabla 23. Cuadro de regulación TN4

Fuente: Autores

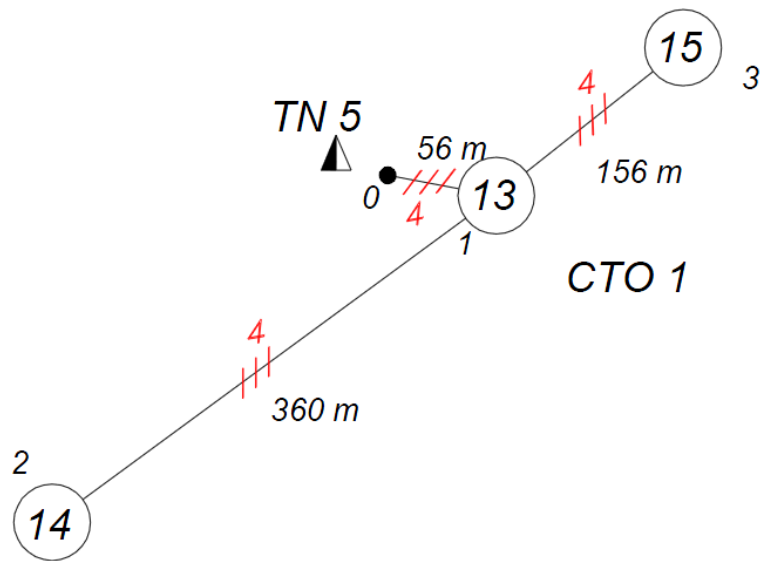


Figura 27. Diagrama topológico TN5

Fuente: Autores

CIRCUITO	TRAMO	LONGIT. (m)	NUMERO USUARIO	D. MAXI kVA	CTE (A)	MOMENTO kVA-m	CONDUCTOR (AWG AL XLP)	KG	F.C	K	REGULACION (%)	
											PARCIAL	TOTAL
1	0-1	56	3	4,27	17,8	239,01933	4	159,9	2	0,005552	1,33	
	1-2	360	1	1,84	7,7	662,4	4	159,9	2	0,005552	3,68	5,00
	1-3	156	1	1,84	7,7	287,04	4	159,9	2	0,005552	1,59	2,92

Tabla 24. Cuadro de regulación TN5

Fuente: Autores

7.2. CÁLCULOS MECÁNICOS.

7.2.1. Características del conductor

El conductor será de Aluminio duro, aislados en polietileno reticulado (XLPE) 90°C, conductor neutro de aluminio desnudo, ACSR, comportándose como cable mensajero. Por tanto las tensiones mecánicas serán soportadas por este, a continuación se especificaran las características del conductor 4 AWG ACSR.

Calibre: 2XN°4 AWG AL XLP + 1XN°4 AWG ACSR.

Numero de hilos de aluminio (<i>nhal</i>)	6
Numero de hilos de acero (<i>nhac</i>)	1
Diámetro de un hilo de aluminio (<i>dhal</i>)	2,1184 mm
Diámetro de un hilo de acero (<i>dhac</i>)	2,1184 mm
Diámetro nominal del cable (<i>dc</i>)	6,350 mm
Área de la sección de aluminio (<i>Sal</i>)	21,161 mm ²
Área de las sección transversal total (<i>S</i>)	24,672 mm ²
Carga de ruptura (<i>Tr</i>)	845kg
Peso del aluminio	57,9 kg/km
Peso del acero	27,5 kg/km
Peso total (<i>Pc</i>)	267 kg/km
Módulo de elasticidad del aluminio	6 300 kg/mm ²
Módulo de elasticidad del acero	2 1000 kg/mm ²
Coeficiente de dilatación del aluminio	2,3 * 10 ⁻⁵ 1/°C
Coeficiente de dilatación del acero	1,152 * 10 ⁻⁵ 1/°C

Tabla 25. Características del conductor B.T.

Fuente:http://www.centelsa.com.co/descargar.php?f=userfiles/catalogos/catalogo_completo_cables_para_baja_tension.pdf

7.2.2. Tensiones en los vértices de la catenaria para el conductor de B.T

Se necesita encontrar las tensiones aplicadas por los conductores en los postes ya que no deben ser muy grandes, para que no se exceda la carga de rotura de este. Además es necesario cumplir con la distancia mínima al terreno.

✓ Distancia mínima del terreno

Se deduce de la siguiente ecuación

$$D_{mt} = 5,3 + \frac{V_L}{150}$$

Para la línea de baja tensión se tiene:

$$D_{mt} = 5,3 + \frac{0,220}{150} \approx 5,3 \text{ m}$$

Según la tabla 2.10 de la norma ESSA, distancia mínimas de seguridad para diferentes lugares y situaciones, para menores de 1 kV, la distancia mínima debe ser 5 m

✓ Flecha Máxima Vertical

Las estructuras de baja tensión serán postes de concreto de 8 m, que tienen una longitud de empotramiento descrita por la siguiente expresión

$$L_e = 0,1 * L_p + 0,6$$

Dónde:

L_e : Longitud de empotramiento en metros

L_p : Longitud del poste en metros

Por tanto la longitud libre del poste se calcula de la siguiente forma:

$$L_{Lp} = L_p - L_e$$

En las redes de distribución la flecha máxima vertical se define por

$$f_{maxV} = H_c - D_{mt}$$

Dónde:

H_c : Altura máxima del conductor en metros

El vano de regulación ideal, se obtiene de la siguiente expresión:

$$a_r = \sqrt{f_{\max V} * 8 * h}$$

Dónde:

a_r : Vano regulador ideal en metros

$$h = \frac{0,2 * T_r}{p} [m]$$

T_r : Carga de ruptura del conductor en [kg]

p : Peso del conductor por unidad de longitud [kg/m]

✓ **Para postes de concreto de 8 m**

La longitud de empotramiento del poste es:

$$L_e = 0,1 * 8 + 0,6 = 1,4 \text{ m}$$

La longitud libre del poste es:

$$L_{Lp} = 8 - 1,4 = 6,6 \text{ m}$$

La flecha máxima está dada por:

$$f_{\max V} = 6,4 - 5,3 = 1,1 \text{ m}$$

La altura del conductor se ilustra en la siguiente imagen.

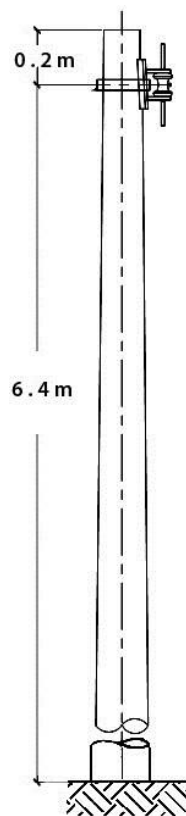


Figura 28. Altura del conductor B.T.

Fuente: Autores

Para un conductor de calibre triplex trenzado 600 V 2X4 + 4, la tensión de ruptura y el peso por unidad de longitud son 845 kg y 0,267 kg/m respectivamente, por tanto:

$$h = \frac{0,2 * T_r}{p} = \frac{0,2 * 845}{0,267} = 632,96 \text{ [m]}$$

El vano de regulación ideal es:

$$a_r = \sqrt{f_{maxv} * 8 * h} = \sqrt{1,1 * 8 * 632,96} = 74,63 \text{ m} \approx 75 \text{ m}$$

A continuación se realizarán los cálculos mecánicos para el vano más desfavorable la condición de 75 metros.

7.2.3. Cálculos tipo

✓ Módulo de elasticidad

$$E = \frac{d_{hal}^2 * n_{al} * E_{al} + n_{ac} * E_{ac} * d_{hac}^2}{n_{al} * d_{hal}^2 + n_{ac} * d_{hac}^2}$$

Donde:

d_{hal} : Diámetro de un hilo de aluminio

d_{hac} : Diámetro de un hilo de acero

n_{al} : Número de hilos de aluminio

n_{ac} : Número de hilos de acero

E_{al} : Módulo de elasticidad del aluminio

E_{ac} : Módulo de elasticidad del acero

Pero como $d_{hal} = d_{hac}$ entonces:

$$E = \frac{n_{al} * E_{al} + n_{ac} * E_{ac}}{n_{al} + n_{ac}}$$

Remplazando:

$$E = \frac{6 * 6\,300 + 1 * 21\,000}{6 + 1} = 8\,400 \text{ Kg/mm}^2$$

✓ Coeficiente de dilatación lineal

$$\alpha_c = \frac{d_{hal}^2 * n_{al} * E_{al} * \alpha_{al} + d_{hac}^2 * n_{ac} * E_{ac} * \alpha_{ac}}{d_{hal}^2 * n_{al} * E_{al} + d_{hac}^2 * n_{ac} * E_{ac}}$$

Donde:

d_{hal} : Diámetro de un hilo de aluminio

d_{hac} : Diámetro de un hilo de acero

n_{al} : Número de hilos de aluminio

n_{ac} : Número de hilos de acero

E_{al} : Módulo de elasticidad del aluminio

E_{ac} : Módulo de elasticidad del acero

α_{al} : Coeficiente de dilatación del aluminio

α_{ac} : Coeficiente de dilatación del acero

Pero como $d_{hal} = d_{hac}$ entonces:

$$\alpha_c = \frac{n_{al} * E_{al} * \alpha_{al} + n_{ac} * E_{ac} * \alpha_{ac}}{n_{al} * E_{al} + n_{ac} * E_{ac}}$$

Remplazando:

$$\alpha_c = \frac{6 * 6\,300 * 2,3 * 10^{-5} + 1 * 21\,000 * 1,152 * 10^{-5}}{6 * 6\,300 + 1 * 21\,000}$$

$$\alpha_c = 18,9 * 10^{-6} [^{\circ}C^{-1}]$$

✓ **Peso aparente del cable**

$$w = \frac{P}{S}$$

Donde:

P: Peso total del conductor en $[kg/m]$

S: Área de la sección transversal total en $[mm^2]$

Remplazando se tiene:

$$w = \frac{P}{S} = \frac{0,267\, kg/m}{24,672\, mm^2}$$

$$w = 10,822 * 10^{-3} [kg/m/mm^2]$$

✓ **Carga de rotura del conductor por unidad de área**

$$t_r = \frac{T_r}{S}$$

Donde:

T_r : Carga de ruptura en $[kg]$

S: Área de la sección transversal total en $[mm^2]$

Remplazando

$$t_r = \frac{T_r}{S} = \frac{845\, kg}{24,672\, mm^2}$$

$$t_r = 34,249 [kg/mm^2]$$

✓ Cálculo de la presión del viento

$$P_v = 4,2 * 10^{-3} * V_v^2 * d_c$$

Donde:

V_v : Velocidad del viento para la hipótesis planteada

d_c : Diámetro nominal del cable [mm]

Para máxima velocidad del viento

$$P_{vA} = 4,2 * 10^{-3} * V_{vA}^2 * d_c$$

$$P_{vA} = 4,2 * 10^{-3} * 80^2 * 6,350 * 10^{-3}$$

$$P_{vA} = 0,17069 \text{ kg/m}$$

Para condición diaria

$$P_{vC} = 4,2 * 10^{-3} * V_{vC}^2 * d_c$$

$$P_{vC} = 4,2 * 10^{-3} * 0^2 * 6,350 * 10^{-3}$$

$$P_{vC} = 0 \text{ kg/m}$$

Para máxima temperatura

$$P_{vD} = 4,2 * 10^{-3} * V_{vC}^2 * d_c$$

$$P_{vD} = 4,2 * 10^{-3} * 0 * 6,350 * 10^{-3}$$

$$P_{vD} = 0 \text{ kg/m}$$

✓ Calculo de factores de sobrecarga

Los factores de sobrecarga están dados por la siguiente expresión:

$$m = \sqrt{1 + \left(\frac{P_v}{P_c}\right)^2}$$

Donde:

P_V : Presión del viento para la hipótesis dada en $[kg/m]$

P_C : Peso total del conductor en $[kg/m]$

Para máxima velocidad del viento

$$m_A = \sqrt{1 + \left(\frac{P_{VA}}{P_C}\right)^2}$$

$$m_A = \sqrt{1 + \left(\frac{0,17069}{0,267}\right)^2}$$

$$m_A = 1,1869$$

Para condición diaria

$$m_C = \sqrt{1 + \left(\frac{P_{VC}}{P_C}\right)^2}$$

$$m_C = \sqrt{1 + \left(\frac{0}{0,267}\right)^2}$$

$$m_C = 1$$

Para máxima temperatura

$$m_D = \sqrt{1 + \left(\frac{P_{VD}}{P_C}\right)^2}$$

$$m_D = \sqrt{1 + \left(\frac{0}{0,267}\right)^2}$$

$$m_D = 1$$

7.2.4. Ecuación de cambio de estado

Se tiene la ecuación de cambio de estado para obtener la tracción a la que puede estar sometida la línea dada las condiciones de presión del viento y temperatura.

Esta ecuación está dada por:

$$t_2^3 + At_2^2 = B$$

Donde:

$$A = \alpha * E * (\theta_2 - \theta_1) - t_1 + \frac{a_r^2 * w^2 * m_1^2 * E}{24 * t_1^2}$$

$$B = \frac{a_r^2 * w^2 * m_2^2 * E}{24}$$

Se hallan entonces ahora las diferentes condiciones de trabajo de la línea para todas las hipótesis planteadas. Se supone que la hipótesis A (máxima velocidad del viento).

✓ Comprobación de la hipótesis

Se parte de la hipótesis A (máxima velocidad del viento) de la línea con relación con la hipótesis C.

Hipótesis A → C

$$t_1 = t_A = \frac{t_r}{F \cdot S_{min}} = \frac{34,249}{2,5} = 13,69 [kg/mm^2]$$

Aplicando la ecuación de estado, se obtiene:

$$A = \alpha * E * (\theta_2 - \theta_1) - t_1 + \frac{a_r^2 * w^2 * m_1^2 * E}{24 * t_1^2}$$

$$A = 18,9 * 10^{-6} * 8400 * (51 - 23) - 13,69 + \frac{75^2 * (10,822 * 10^{-3})^2 * (1,8762)^2 * 8400}{24 * 13,69^2}$$

$$A = -4,914 [kg/mm^2]$$

$$B = \frac{a_r^2 * w^2 * m_2^2 * E}{24}$$

$$B = \frac{(75)^2 * (10,822 * 10^{-3})^2 * (1)^2 * 8400}{24}$$

$$B = 230,57 [kg/mm^2]^3$$

Remplazando en la ecuación de estado

$$t_2^3 + At_2^2 = B$$

$$t_2^3 - 4,914 t_2^2 = 230,57$$

$$t_2 = t_c = 8,278 [kg/mm^2]$$

Para esta condición de trabajo se procede a calcular el factor de seguridad

$$F_s = \frac{t_r}{t_c} = \frac{34,249}{8,278} = 4,14 > 5$$

Como el factor de seguridad no cumple, se procede a cambiar la hipótesis dominante.

Hipótesis C \longrightarrow A

$$t_1 = t_c = \frac{t_r}{F.S_{CD}} = \frac{34,249}{5} = 6,849 [kg/mm^2]$$

Aplicando la ecuación de estado, se obtiene:

$$A = \alpha * E * (\theta_2 - \theta_1) - t_1 + \frac{\alpha_r^2 * w^2 * m_1^2 * E}{24 * t_1^2}$$

$$A = 18,9 * 10^{-6} * 8400 * (23 - 51) - 6,849 + \frac{75^2 * (10,822 * 10^{-3})^2 * (1)^2 * 8400}{24 * 6,849^2}$$

$$A = -6,379 [kg/mm^2]$$

$$B = \frac{\alpha_r^2 * w^2 * m_2^2 * E}{24}$$

$$B = \frac{(75)^2 * (10,822 * 10^{-3})^2 * (1,1869)^2 * 8400}{24}$$

$$B = 324,813 [kg/mm^2]^3$$

Remplazando en la ecuación de estado

$$t_2^3 + At_2^2 = B$$

$$t_2^3 - 6,379t_2^2 = 324,813$$

$$t_2 = t_A = 9,777[\text{kg}/\text{mm}^2]$$

Para esta condición de trabajo se procede a calcular el factor de seguridad

$$Fs = \frac{t_r}{t_A} = \frac{34,249}{9,777} = 3,5 > 2,5$$

Como cumple el factor de seguridad, la hipótesis dominante es la C

Hipótesis C \longrightarrow D

$$t_1 = t_c = \frac{t_r}{F.S_{CD}} = \frac{34,249}{5} = 6,849[\text{kg}/\text{mm}^2]$$

Aplicando la ecuación de estado, se obtiene:

$$A = \alpha * E * (\theta_2 - \theta_1) - t_1 + \frac{a_r^2 * w^2 * m_1^2 * E}{24 * t_1^2}$$

$$A = 18,9 * 10^{-6} * 8400 * (65 - 51) - 6,849 + \frac{75^2 * (10,822 * 10^{-3})^2 * (1)^2 * 8\ 400}{24 * 6,849^2}$$

$$A = 0,2889[\text{kg}/\text{mm}^2]$$

$$B = \frac{a_r^2 * w^2 * m_2^2 * E}{24}$$

$$B = \frac{(75)^2 * (10,822 * 10^{-3})^2 * (1)^2 * 8\ 400}{24}$$

$$B = 230,572[\text{kg}/\text{mm}^2]^3$$

Remplazando en la ecuación de estado

$$t_2^3 + At_2^2 = B$$

$$t_2^3 + 0,2889t_2^2 = 230,572$$

$$t_2 = t_D = 6,037[\text{kg}/\text{mm}^2]$$

Para esta condición de trabajo se procede a calcular el factor de seguridad

$$F_s = \frac{t_r}{t_D} = \frac{34,249}{6,037} = 5,67$$

Los valores obtenidos anteriormente cumplen con los factores de seguridad establecidos por lo tanto se puede decir que las tensiones resultantes de aplicar la ecuación de cambio de estado son las siguientes:

Para condición diaria	6,849[kg/mm ²]
Para velocidad del viento máxima	9,777[kg/mm ²]
Para la temperatura del conductor máxima	6,037[kg/mm ²]

7.2.5. Flechas máximas verticales

7.2.5.1. Cálculo de los parámetros H, h y esfuerzos de tensión en el vértice

Se realiza con base en los valores anteriormente calculados de las tensiones para las hipótesis de cálculo de condiciones extremas contempladas.

$$H = h \cosh\left(\frac{a_r}{2 * h}\right), \quad H = \frac{t}{w * m}$$

$$f = H - h$$

✓ Cálculo de la flecha máxima para hipótesis de máxima velocidad del viento

Los valores de la flecha máxima para la hipótesis A esta dada por:

$$H_A = \frac{t_A}{w * m_A}$$

$$H_A = \frac{9,777}{10,822 * 10^{-3} * 1,1869}$$

$$H_A = 761,985 [m]$$

Ahora se procede a despejar el valor de h de la siguiente ecuación:

$$H = hcosh\left(\frac{a_r}{2 * h}\right)$$
$$761,985 = h_A * cosh\left(\frac{75}{2 * h_A}\right)$$

Despejando se obtiene:

$$h_A = 761,061[m]$$

La flecha será la diferencia de estos dos valores

$$f_A = H_A - h_A$$
$$f_A = 0,92 m$$

La flecha vertical esta dada por:

$$f_{Av} = f_A * \cos(i) = \frac{f_A}{m_A}$$
$$f_{Av} = \frac{0,92}{1,1869} = 0,78 m$$

✓ **Calculo de la flecha máxima para hipótesis de máxima temperatura**

Los valores de la flecha máxima para la hipótesis D está dada por:

$$H_D = \frac{t_D}{w * m_D}$$
$$H_D = \frac{6,037}{10,822 * 10^{-3} * 1}$$
$$H_D = 557,845[m]$$

Ahora se procede a despejar el valor de h de la siguiente ecuación:

$$H = hcosh\left(\frac{a_r}{2 * h}\right)$$
$$557,845 = h_D * cosh\left(\frac{75}{2 * h_D}\right)$$

Despejando se obtiene:

$$h_D = 556,58[m]$$

La flecha será la diferencia de estos dos valores

$$f_A = H_A - h_A$$

$$f_A = 1,26m$$

$$f_{Av} = f_A * \cos(i) = \frac{f_A}{m_A}$$

$$f_{Av} = \frac{1,26}{1} = 1,26 \text{ m}$$

Aunque la flecha máxima vertical es mayor a la flecha con la cual se diseñó, esta flecha hace que la distancia mínima de seguridad cumpla con los valores establecidos por el RETIE, la cual es 5 m.

7.2.5.2. Tensiones en el vértice

Las tensiones en el vértice están dadas por la siguiente ecuación:

$$t_v = \frac{h}{H} * t \text{ [kg/mm}^2\text{]}$$

✓ Cálculo de la tensión en el vértice para hipótesis de máxima velocidad del viento

Los parámetros que se utilizan (h, H) son para la condición de máxima temperatura para una tensión en el vértice de máxima velocidad de viento

$$t_{VA} = \frac{t_A h_D}{H_D} = \frac{9,777 * 556,58}{557,845}$$

$$t_{VA} = 9,755 \text{ [kg/mm}^2\text{]}$$

✓ Cálculo de la tensión en el vértice para hipótesis de máxima temperatura

Los parámetros que se utilizan (h, H) son para la condición de máxima temperatura para una tensión en el vértice de máxima temperatura

$$t_{VD} = \frac{t_D h_D}{H_D} = \frac{6,037 * 556,58}{557,845}$$

$$t_{VD} = 6,0233 \text{ [kg/mm}^2\text{]}$$

✓ **Tensión en el vértice para condición mas desfavorable**

Para la tensión en el vértice mas desfavorables es la tensión dada en la condición de máxima velocidad de viento, esta dada por la siguiente ecuación:

$$T_V = t_V * S [kg]$$

Remplazando:

$$T_V = 9,777 * 24,672$$

$$T_V = 241,22 [kg]$$

7.2.6. Ecuación de la catenaria

✓ Curva en caliente: a partir de los datos de la hipótesis de máxima temperatura se puede modelar la curva de la catenaria para esta condición, esta dada por la siguiente expresión:

$$y = 556,58 * \left[\cosh\left(\frac{a}{2 * 556,58}\right) - 1 \right]$$

✓ Curva en frio: se halla con la hipótesis de mínima temperatura, pero en este casa la temperatura mínima se presenta cuando esta la máxima velocidad de viento.

$$y = 761,061 * \left[\cosh\left(\frac{a}{2 * 761,061}\right) - 1 \right]$$

En la figura 25 se muestran las curvas de la catenaria en caliente y en frio, para el conductor *2XN°4 AWG AL XLP + 1XN°4 AWG ACSR*.

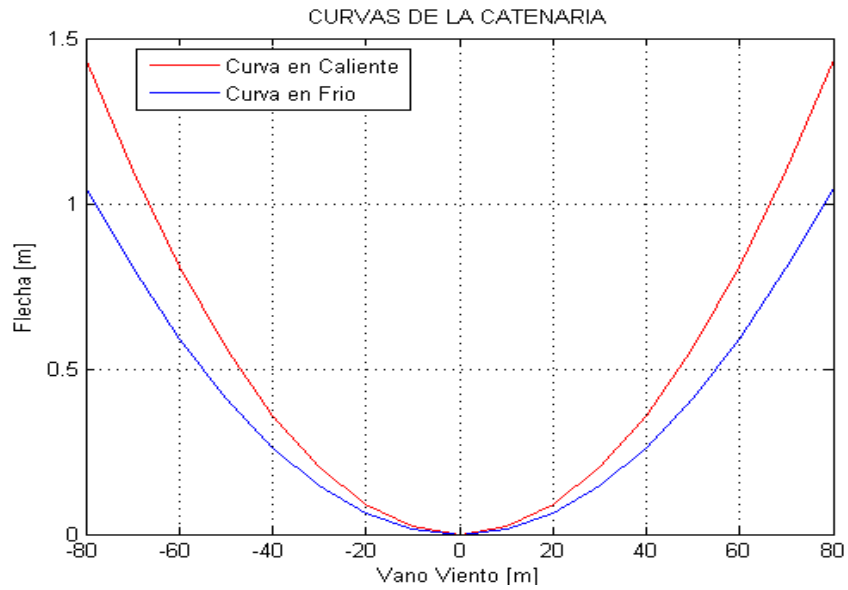


Figura 29. Catenaria para B.T.

Fuente: Autores

7.2.7. Curvas de tendido

Se evalúa la ecuación de cambio de estado para valores de temperatura comprendidos entre la mínima y máxima temperatura promedio, para el conductor $2XN^{\circ}4 AWG AL XLP + 1XN^{\circ}4 AWG ACSR$.

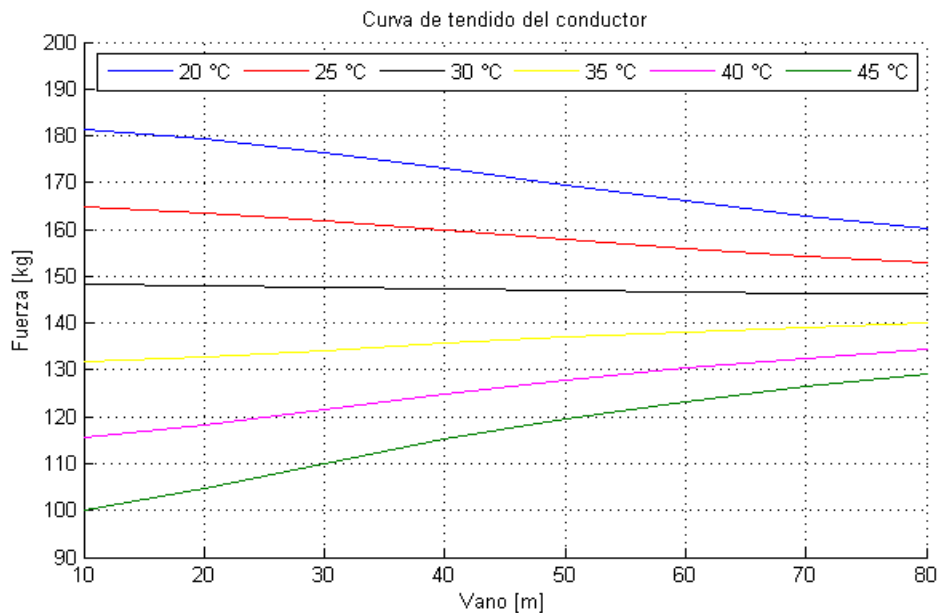


Figura 30. Curvas de tendido B.T

Fuente: Autores

7.3. CÁLCULO DE ESFUERZOS SOBRE CONDUCTORES Y APOYOS

7.3.1. Esfuerzo transversal producido por el viento sobre el poste

7.3.1.1. En los apoyos

Para un poste de forma troncocónica y teniendo en cuenta que es una superficie en revolución realizamos los siguientes cálculos.

Presión del viento:

$$P_V = 4,2 * 10^{-3} * 80^2 = 26,88 \text{ kg/m}^2$$

Área del poste:

$$A_p = \frac{d_1 + d_2}{200} * H = \frac{26 + 14}{200} * 6,6$$

$$A_p = 1,32 \text{ m}^2$$

Altura de la aplicación de la fuerza del viento:

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

$$H_1 = \frac{6,6}{3} * \frac{26 + 2 * 14}{26 + 14} = 2,97 \text{ [m]}$$

Carga del viento:

$$f_p = P_V * A_p * f_{S_{Horizontal}}$$

$$f_p = 26,88 * 1,32 * 1,7 = 60,32 \text{ kg}$$

7.3.1.2. En los conductores

La carga total del viento en los conductores se calcula de la siguiente forma:

$$f_v = 4,2 * 10^{-3} * V_v^2 * \frac{dc}{100} * l * n$$

$$f_v = 4,2 * 10^{-3} * 80^2 * \frac{0,6350}{100} * l * 3$$

$$f_v = 0,512 * l$$

7.3.2. Esfuerzos resultantes de ángulo

Suponiendo tensiones equilibradas, realizamos los cálculos con la siguiente forma. De los cálculos anteriores se obtuvo una tensión de $9,777[kg/mm^2]$ la cual suponemos igual en los vanos adyacentes al apoyo.

$$T = 9,777 * S_c$$

$$T = 9,777 * 24,672$$

$$T = 241,22 \text{ kg}$$

El valor de T es el correspondiente a la tensión en kilogramos existente en el punto de amarre de los conductores.

$$T_{Resultante} = 2 * T * \text{sen}(\alpha/2) * f_{S\grave{a}ngulo}$$

$$T_{Resultante} = 2 * 241,22 * \text{sen}(\alpha/2) * 1,5$$

$$T_{Resultante} = 723,66 * \text{sen}(\alpha/2)$$

Donde α es el ángulo de desviación de la línea.

7.4. CÁLCULO DE MOMENTOS

7.4.1. Momentos debidos al viento

Estos son los producidos debido a la acción del viento en los diferentes elementos que conforman la configuración.

7.4.1.1. En el apoyo

La altura de la aplicación H_1 de la fuerza del viento se calculo anteriormente de acuerdo al numeral 7.2.2.

$$M_{va} = P_v * \frac{H^2 * (2 * d_2 + d_1)}{600}$$

$$M_{va} = 26,88 * \frac{6,6^2 * (2 * 14 + 26)}{600}$$

$$M_{va} = 105,38 \text{ kg} * \text{m}$$

7.4.1.2. En los conductores

Es el momento resultante por las diferentes fuerzas ejercidas por los conductores sobre el apoyo.

$$M_{vc} = f_v * h_c$$

Se tiene que la altura del conductor es 6,4 m en el apoyo, entonces:

$$M_{vc} = 0,512 * l * 6,4$$

$$M_{vc} = 3,2768 * l$$

7.4.2. Momentos por cambio de dirección de línea

$$M_a = T_{resultante} * h_c * n$$

$$M_a = 723,66 * \text{sen}(\alpha/2) * 6,4 * 2$$

$$M_a = 13894,27 * \text{sen}(\alpha/2)$$

7.4.3. Momento resistente

El momento resistente se halla con la siguiente formula:

$$M_r = \frac{C_r * H}{f_{Sposte}}$$

Para un apoyo de 8 m con una $H = 6,6$ y con una carga de rotura de 510 kg se obtiene:

$$M_r = \frac{510 * 6,6}{2,5}$$

Para 510 kg $M_r = 1\ 346,4 \text{ kg} * \text{m}$

Para 750 kg $M_r = 1\,980 \text{ kg} \cdot \text{m}$

Para 1 050 kg $M_r = 2\,772 \text{ kg} \cdot \text{m}$

7.4.4. Curva de utilización del poste

Luego de calcular el momento resistente del apoyo se resuelve la siguiente inecuación a fin de hallar el vano máximo y el ángulo máximo permisible por la configuración.

$$M_r \geq M_{va} + M_{vc} + M_a$$

$$1\,346,4 \geq 105,38 + 3,2768 * l + 1\,3894,27 * \text{sen}(\alpha/2)$$

$$378,73 \geq l + 4\,240,19 * \text{sen}(\alpha/2)$$

Los puntos de intersección con los ejes de coordenadas son:

$$l = 0; \quad \text{sen}(\alpha/2) = 0,08932; \quad \frac{\alpha}{2} = 5^\circ 7'$$

$$\frac{\alpha}{2} = 0; \quad \text{sen}(\alpha/2) = 0; \quad l = 378,73 \text{ m}$$

A continuación se muestra la curva de utilización para los apoyos de baja tensión con sus diferentes cargas de rotura descritas anteriormente:

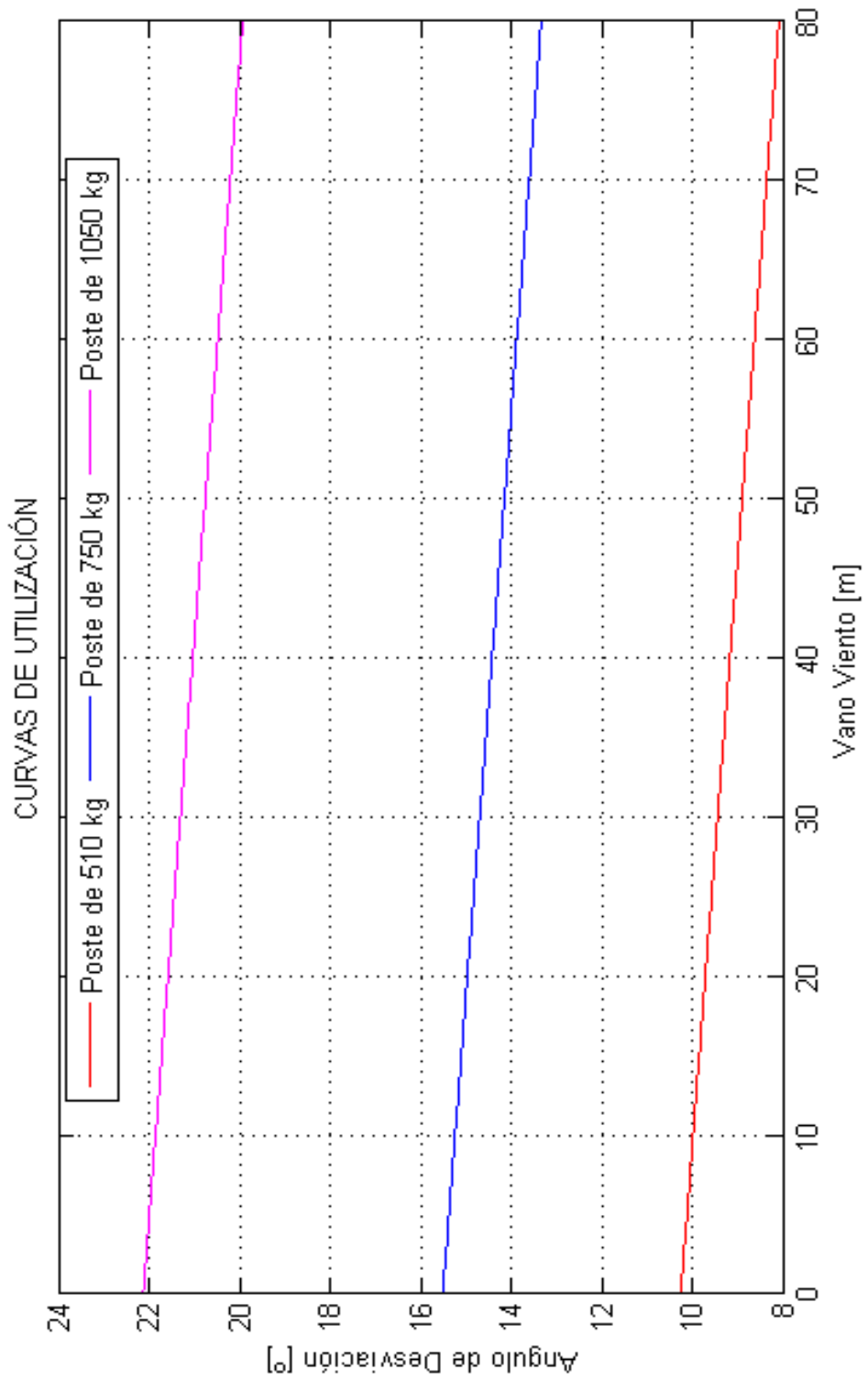


Figura 31. Curvas de utilización de los apoyos de B.T.

Fuente: Autores

7.5. CÁLCULO DE TEMPLETES

Para calcular los templetes, se supone la estructura como retención terminal y se determina el número necesario de templetes para dicho tramo.

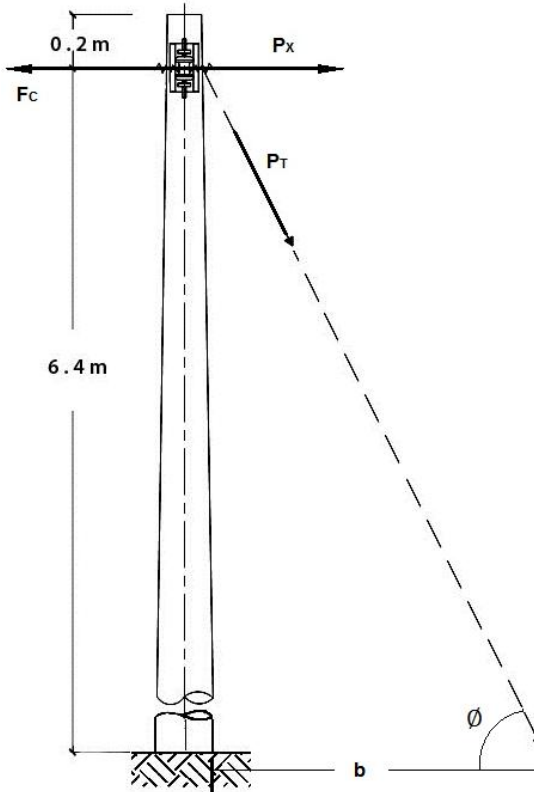


Figura 32. Árbol de cargas para estructuras sencillas.

Fuente: Autores

7.5.1. Templetes para contrarrestar los esfuerzos longitudinales

De acuerdo con el árbol de cargas se establece el siguiente equilibrio de momentos.

$$M_r + P_x * h_t = T_c * h_c * n$$

Donde:

M_r : Momento resistente del poste [$kg * m$]

P_x : Componente horizontal de la tensión sobre el templete

h_t : Punto de amarre del templete (20 cm desde el extremo superior)

h_c : Altura del conductor [m]

T_c : Momento en el apoyo debido al viento [$kg * m$]

n : Numero de conductores a la misma altura

$$P_T = \frac{P_x}{\cos \phi}$$
$$\cos \phi = \frac{b}{\sqrt{b^2 + h_t^2}}$$

P_T : Fuerza resultante sobre el templete [kg]

ϕ : Ángulo de inclinación del templete con el suelo

b : Distancia de anclaje del templete [m]

Según la norma RA6-001 (instalación del viento convencional) la distancia óptima del punto de anclaje del templete al poste es 0,7 de la distancia libre del poste por lo tanto $b = 4,6 m$.

Remplazando los valores correspondientes en la ecuación de equilibrio, para hallar la componente horizontal de la tensión que ejerce el templete y el ángulo de inclinación del templete con el suelo, para determinar el número de templetes necesarios en la estructura, cumpliendo con el factor de seguridad dado en la tabla 9.

Se tiene para poste terminal que la ecuación del momento es:

$$1346,4 + P_x * (6,4) = 241,22 * 6,4 * 3$$

$$P_x = 513,285 kg$$

$$\cos \phi = \frac{4,6}{\sqrt{4,6^2 + 6,4^2}} = 0,584$$

$$\phi = 54^\circ 17' 35,91''$$

$$P_T = \frac{513,285}{0,584} = 878,91 kg$$

Factor de seguridad del templete:

$$T_{rotura} = 3020 kg \text{ para templete de } 1/4''$$

$$F.S = \frac{3020}{878,91} = 3,43$$

Como el factor de seguridad F.S mínimo para templete es 2, y en este caso se cumple, el poste solo necesita un templete de 1/4”.

Con el anterior procedimiento se garantiza que al ocurrir ruptura en uno o en los dos conductores, los templete deben estar en capacidad de contrarrestar las tensiones de desequilibrio y así evitar la ruptura del apoyo.

7.5.2. Templete para contrarrestar los esfuerzos transversales

El cálculo general se remite a la siguiente formula de equilibrio de momentos transversales.

$$M_r + P_x * h_t = M_{va} + M_{vc} + M_a$$

M_r : Momento resistente del poste [$kg * m$]

P_x : Componente horizontal de la tensión sobre el templete

h_t : Punto de amarre del templete (20 cm desde el extremo superior)

M_{va} : Momento en el apoyo debido al viento [$kg * m$]

M_{vc} : Momento en los conductores debido al viento [$kg * m$]

M_a : Momento por cambio de dirección de la línea [$kg * m$]

$$1346,4 + P_x * (6,4) = 105,38 + 3,2768 * l + 13\,894,27 * \text{sen}(\alpha/2)$$

Para un templete 3/16”, la tensión de rotura es 1810 kg, pero como se debe cumplir un factor de seguridad de dos:

$$P_T = \frac{1\,810}{2} = 905\,kg = \frac{P_x}{\cos \phi}$$

$$P_x = 905 * 0,584 = 528,52\,kg$$

Al remplazar en la ecuación se obtiene:

$$1\,346,4 + 528,52 * (6,4) = 105,38 + 3,2768 * l + 13\,894,27 * \text{sen}(\alpha/2)$$

$$1\,410,99 = l + 4\,240,2 * \text{sen}(\alpha/2)$$

Los puntos de intersección con los ejes de coordenadas son:

$$l = 0; \quad \text{sen}(\alpha/2) = 0,3327; \quad \frac{\alpha}{2} = 19^\circ 26'$$

$$\frac{\alpha}{2} = 0; \quad \text{sen}(\alpha/2) = 0; \quad l = 1\,410,99\,m$$

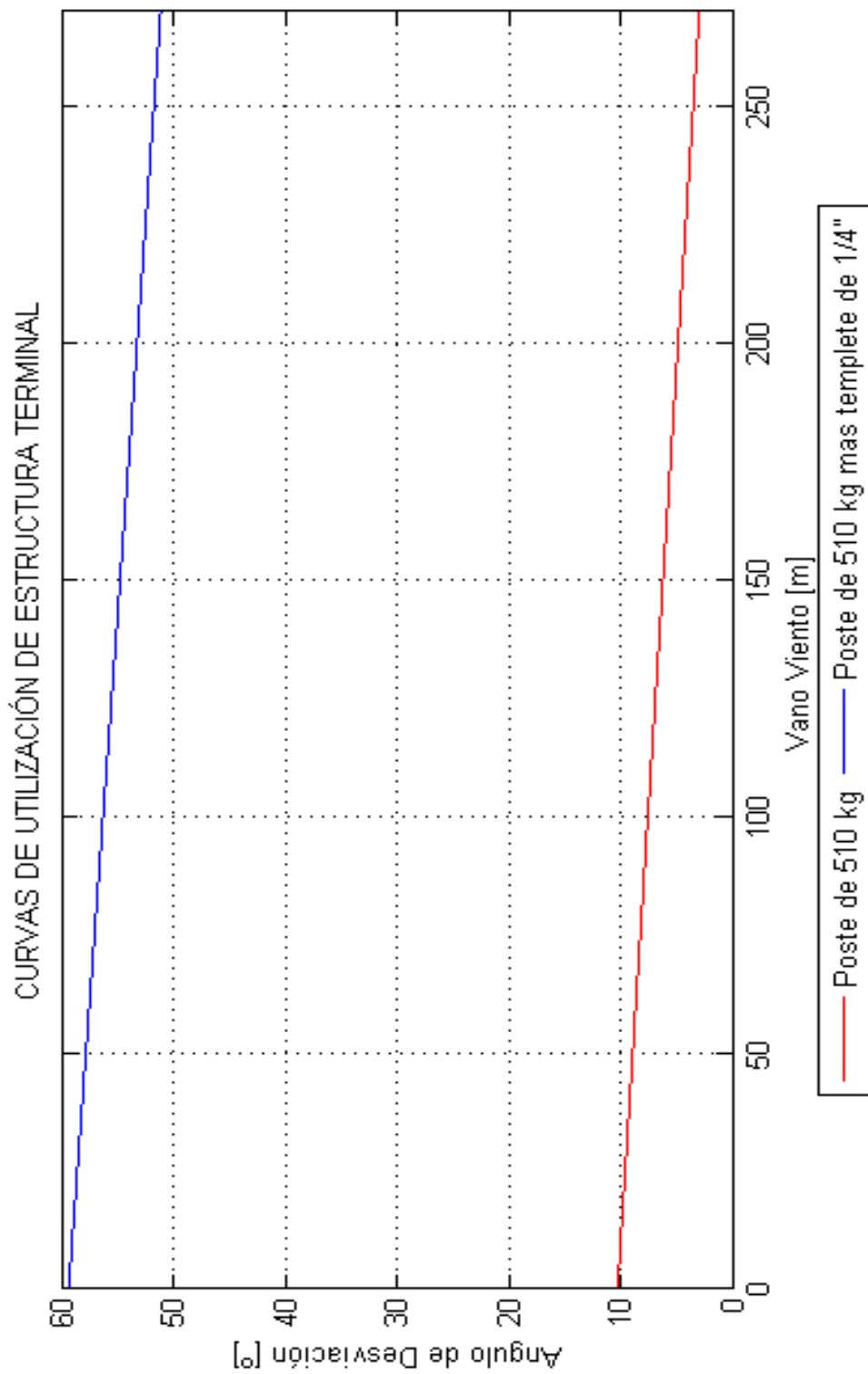


Figura 33. Curvas de utilización con temple

Fuente: Autores

7.6. INSTALACIONES INTERNAS

Las instalaciones internas se construirán de acuerdo con las pautas definidas por la ESSA S.A. E.S.P., fundamentalmente cubre tres aspectos: Instalación de acometidas, instalación de contadores y protecciones e instalación de salidas de tomacorrientes y alumbrado normal. Cada vivienda contará con su respectivo contador de medida, tablero de distribución y circuitos ramales.

7.6.1. Acometidas

Cada predio tendrá una acometida propia con sus correspondientes protecciones y medios de desconexión. Las acometidas no deben tener derivaciones y serán independientes para cada casa.

Los conductores no deben tener una sección transversal menor a 8,36 mm² (8 AWG) si son de cobre o a 13,29 mm² (6 AWG) si son de aluminio o aluminio revestido de cobre (tabla 5), excepto para lo establecido en el artículo 230-23.b y 230 -31.b, del Código Eléctrico Colombiano, NTC 2050.

Los cables de entrada de acometida deben estar protegidos por alguna de las siguientes maneras: Por tubo conduit de metal rígido, por tubo conduit metálico intermedio, por tubo conduit rígido no metálico adecuado para el lugar, por tubería eléctrica metálica o por otro medio aprobado.

Según la norma RA4-020 de la EPM caso 3B instalación acometida aérea rural, se tienen las siguientes consideraciones:

- a. Cuando en un transformador con capacidad menor o igual a 15 kVA se conecten dos (2) o más acometidas, se colocará un medidor electrónico de energía de acuerdo con la norma RA4 100 de la EPM.
- b. Cuando los conductores de la acometida se deriven de un cable triplex, se deberá tener la precaución de realizar el balance de las cargas entre los conductores de fase.
- c. Toda la red interna de la instalación debe ir sobrepuesta en cable # 12 del tipo NM y contará con un tablero eléctrico de 4 circuitos con un interruptor termomagnético monopolar para un circuito de 20 A para iluminación y tomacorrientes de uso general.

7.6.2. Medidores de energía

Todos los usuarios tendrán instalado en el sitio de recibo de la energía un contador de kWh adecuado a la carga que va a consumir y a su tipo de consumo (monofásico o trifásico, en este caso, monofásico).

El equipo de medida para un punto de conexión debe colocarse de tal forma que el punto de medición esté lo más cerca posible del punto de conexión, considerando aspectos económicos y de seguridad de la instalación.

Según la norma RA7-217 de la EPM, los medidores de inducción de energía activa (kWh) serán utilizados para la legalización de domiciliarias e instalación del sistema integrador. Los medidores podrán ser instalados en caja hermética ya sea metálica o polimérica, empotrada en la fachada o sujeta a un poste. Cada uno de los circuitos en los cuales se subdivide la instalación debe tener conectado en serie un interruptor automático, el cual no debe ser mayor que el amperaje calculado para cada circuito. La caja de control debe estar situada en un lugar accesible y controlable desde el interior de la residencia. Para instalaciones rurales es recomendable el uso de protecciones automáticas del tipo termomagnético

7.6.2.1. Características de los medidores

Los medidores de energía, según el sistema, son los siguientes:

a. Medidores domiciliarios (facturación)

- ✓ Medidor de inducción, monofásico bifilar (1 fase 2 hilos), 120 V, 10(60) A, ciclométrico.
- ✓ Medidor de inducción, monofásico trifilar (1 fase 3 hilos), 120/240 V, 10(60) A, ciclométrico

b. Medidores en el sistema integrador en los sistemas de distribución

Según la norma RA4-100 caso B se utilizará el medidor de inducción, monofásico trifilar (1 fase 3 hilos), 120/240 V, 10(100) A, ciclométrico.

7.6.2.2. Requisitos técnicos

- a. Conexión: La tensión y corriente directa.
- b. Tensión de referencia: 120/240 V para monofásicos 3 hilos (1 fase 3 hilos); 120 V para monofásicos 2 hilos (1 fase 2 hilos).

c. Frecuencia (Hz): 60

d. Corriente:

- ✓ Para los medidores que se utilizarán para legalización de domiciliarias:

Corriente básica (A): 10 o menor

Corriente máxima (A): 60

- ✓ Para los medidores que se utilizarán en el sistema integrador:

Corriente básica (A): 10 o menor

Corriente máxima (A): 100

7.6.3. Circuitos ramales

Las instalaciones deben dividirse de acuerdo a los servicios en los siguientes circuitos:

1. Alumbrado general
2. Artefacto cocina y pequeños aparatos
3. Lavadora o plancha

Los circuitos ordinarios de alumbrado y tomas deben disponerse para trabajar a una tensión de 120 V y con capacidad de 15 amperios de carga. No pueden tener más de 10 salidas y no se puede conectar a ellos cargas superiores a 1 500 vatios.

8. PUESTA A TIERRA

El reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE) en su artículo 15 expresa que toda instalación eléctrica debe disponer de un Sistema de Puesta a Tierra (SPT), de tal forma que cualquier punto del interior o exterior, normalmente accesible a personas que puedan transitar o permanecer allí, no estén sometidos a tensiones de paso, de contacto o transferidas, que superen los umbrales de soportabilidad del ser humano cuando se presente una falla.

Las funciones de un sistema de puesta a tierra son:

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

8.1. REQUISITOS GENERALES DE LA PUESTA A TIERRA

Las puestas a tierra deben cumplir los siguientes requisitos:

- a. Los elementos metálicos que no forman parte de las instalaciones eléctricas, no podrán ser incluidos como parte de los conductores de puesta a tierra. Este requisito no excluye el hecho de que se deben conectar a tierra, en algunos casos.
- b. Los elementos metálicos principales que actúan como refuerzo estructural de una edificación deben tener una conexión eléctrica permanente con el sistema de puesta a tierra general.
- c. Las conexiones que van bajo el nivel del suelo en puestas a tierra, deben ser realizadas mediante soldadura exotérmica o conector certificado para

enterramiento directo y demás condiciones de uso conforme a la guía norma IEEE 837 o la norma NTC 2206

d. No se permite el uso de aluminio en los electrodos de las puestas a tierra.

8.2. MATERIALES PARA LOS SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA

Tal como se establece en el RETIE artículo 15, numeral 15.3, los materiales para el sistema de puesta a tierra deberán ser certificados y cumplir con los requisitos adoptados por la norma IEC 60364-5.

8.2.1. Electrodo de puesta a tierra

Según el RETIE será de obligatorio cumplimiento que los electrodos de puesta a tierra, cumpla los siguientes requisitos, adoptados de las normas IEC 60364-5-54, BS 7430, AS 1768, UL 467, UNESA 6501F y NTC 2050:

Tipo de Electrodo	Materiales	Dimensiones Mínimas			
		Diámetro mm	Área mm ²	Espesor mm	Recubrimiento µm
Varilla	Cobre	12,7			
	Acero inoxidable	10			
	Acero galvanizado en caliente	16			70
	Acero con recubrimiento electrodepositado de cobre	14			100
	Acero con recubrimiento total en cobre	15			2 000
Tubo	Cobre	20		2	
	Acero inoxidable	25		2	
	Acero galvanizado en caliente	25		2	55
Fleje	Cobre		50	2	
	Acero inoxidable		90	3	
	Cobre cincado		50	2	40
Cable	Cobre o cobre estañado	1,8 para cada hilo	50		
	Acero galvanizado en caliente	1,8 para cada hilo	70		
Placa	Cobre		20 000	1,5	
	Acero inoxidable		20 000	6	

Tabla 26. Requisitos para electrodos de puesta a tierra

Fuente: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) artículo 15, tabla 23.

Para la instalación de los electrodos se deben considerar los siguientes requisitos:

- ✓ El fabricante debe informar al usuario si existe algún procedimiento específico para su instalación y adecuada conservación.
- ✓ La unión entre el electrodo y el conductor de puesta a tierra, debe hacerse con soldadura exotérmica o con un conector certificado para enterramiento directo.
- ✓ Cada electrodo debe quedar enterrado en su totalidad.
- ✓ El punto de unión entre el conductor del electrodo de puesta a tierra y la puesta a tierra debe ser accesible y la parte superior del electrodo enterrado debe quedar a mínimo 15 cm de la superficie. Este ítem no aplica a electrodos enterrados en las bases de estructuras de líneas de transmisión ni a electrodos instalados horizontalmente.
- ✓ El electrodo puede ser instalado en forma vertical, horizontal o con una inclinación adecuada, siempre que garantice el cumplimiento de su objetivo, conforme al numeral 3 del literal c del de la sección 250-83 de la NTC 2050.

8.3. ATERRIZAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS

Con el fin de garantizar la seguridad de las personas y la vida útil de todos los elementos que componen la vestida de los postes que soportan las redes de distribución de energía, el aterrizamiento de la estructura y el diseño o configuración de la puesta a tierra debe asegurar, en caso de falla, que las tensiones de paso y de contacto aplicadas al ser humano no superen las máximas permitidas, así como, mantener la equipotencialidad de todos sus elementos metálicos durante el impacto de descargas atmosféricas.

8.3.1. Bajante de puesta a tierra

Según la norma de la EPM (RA6-010), corresponde al cable o conductor de la bajante del poste o el cable que descarga a tierra el neutro del sistema. El cable deberá ser de alambre de acero recubierto de cobre recocido cubierto con polietileno de baja densidad en calibre No 4 AWG. El espesor deberá ser mínimo de 2,8 mm. Por seguridad de las personas, no se debe instalar cable o conductor desnudo.

El cable se instalará en las bajantes puesta tierra de las redes aéreas de las EPM e ira instalada en el interior de los postes de concreto y de plástico reforzado en fibra de vidrio. En los postes metálicos y de madera, el cable se colocará externamente y debidamente sujetado al poste.

La bajante de puesta a tierra debe ser continua, sin interruptores o medios de desconexión y cuando se empalmen, deben quedar mecánica y eléctricamente seguras por medio de conectores debidamente certificados para tal uso (RA7-017)

8.3.2. Cruceta metálica

Las crucetas metálicas deberán conectarse con el cable de la bajante de puesta a tierra con el fin de equipotencializar la estructura durante sobretensiones transitorias generadas por descargas atmosféricas. Para tal fin deberá disponerse del conector apropiado que permita realizar la conexión según lo estipulado en la norma RA7-018

8.3.3. Pernos y anillos espaciadores

Los elementos de fijación, ensamble o acople de herrajes a postes deberán conectarse al cable o bajante de puesta a tierra en el poste con el fin de equipotencializar la estructura durante sobretensiones transitorias generadas por descargas atmosféricas. Para tal fin deberá disponerse del conector apropiado que permita realizar la conexión según lo estipulado en la norma RA7-018 de la EPM.

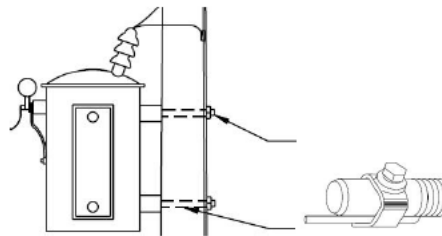


Figura 34. Aterrizamiento de pernos y anillos espaciadores

Fuente: Norma RA6-010 EPM, puesta a tierra de redes de distribución eléctrica.

8.3.4. Vientos o retenidas

Los vientos o retenidas deberán equipotencializarse mediante su conexión al cable o bajante de puesta a tierra con el fin de garantizar seguridad a

las personas y animales. Para tal fin deberá disponerse del conector apropiado que permita realizar la conexión según lo estipulado en la norma RA7-018.

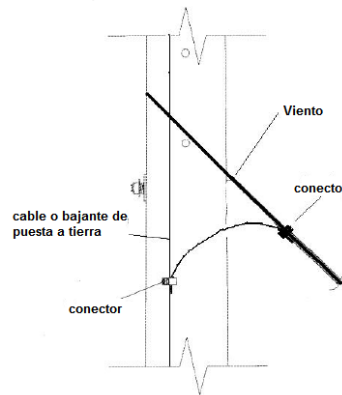


Figura 35. Aterrizamiento de vientos y retenidas

Fuente: Norma RA6-010 EPM, puesta a tierra de redes de distribución eléctrica.

8.3.5. Postes de concreto

Para la seguridad de las personas, los postes de concreto, deberán poseer los herrajes y conectores para su puesta a tierra efectiva dado que tiene componentes metálicos que no transportan corriente (Norma RA7-035 de la EPM).

8.4. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA MEDIA TENSIÓN

El bajante de puesta a tierra para descargadores de sobretensión y cables de guarda debe ser en cobre desnudo con una sección transversal no inferior a 21,15 mm² (4 AWG).

El electrodo de puesta a tierra debe ser en cobre con un diámetro mínimo de 12,7 mm y una longitud mínima de 2,4 m o en acero recubierto en cobre con un diámetro mínimo de 15 mm y una longitud mínima 2,4 m.

8.5. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA BAJA TENSIÓN

El conductor de puesta a tierra del sistema de baja tensión debe ser en cobre desnudo con una sección transversal no inferior a 21,15 mm² (4 AWG) o equivalente. El electrodo de puesta a tierra será de cobre con un diámetro mínimo de 12,7 mm y una longitud mínima de 2,4 m (acero recubierto en cobre de 15 mm x 2,4 m). La resistencia de puesta a tierra debe cumplir con los valores especificados en la Tabla 4.

9. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

9.1. PARARRAYOS (DPS)

Se utiliza para la protección de transformadores, líneas derivaciones de líneas y acometidas en los niveles de tensión de 13,2 kV con corriente de descarga de 10 ka, conexión del sistema en estrella sólidamente puesto a tierra con conductor neutro multiaterrizado.

Según la norma RA7-108 de EPM, los pararrayos serán del tipo de óxido metálico sin gaps, para ser instalados a la intemperie sobre crucetas de madera, metálicas y de concreto y postes de madera y concreto.

Descripción	Nivel
Tensión nominal de ciclo de trabajo	12,0 kV
Tensión máxima continua (MCOV) (kV RMS)	10,2 kV
Frecuencia	60 Hz
Tensión soportada por el aislamiento	
En seco un (1) minuto	27 kV
En húmedo 10 segundos	24 kV
Onda de impulso 1,2/50 μ s kV pico	75 kV
Corriente nominal de descarga con onda 8/20 μ s	10 kA
Corriente de prueba para ciclo de trabajo, onda 4/10 μ s pico para 10 kA de descarga.	65 kA
Corriente de falla sostenida para presión de alivio	10 kA RMS
Voltaje máximo de descarga (residual) para onda de 8/20 μ s (kV crestas) 10 kA.	35 kV

Tabla 27. Requerimientos para pararrayos (DPS) de óxido metálico

Fuente: Norma RA7-108 EPM, numeral 2.3 requerimientos eléctricos para pararrayos de oxido metálico.

9.1.1. Conectores terminales y herrajes

Los conectores de los terminales deberán ser aptos para recibir conductores de aluminio y cobre en rangos de 4 a 15 mm. Para la conexión a tierra, el conector debe ser apto para recibir conductores de cobre del mismo calibre del conector superior.

Los herrajes deberán ser de acero galvanizado en caliente según la norma ICONTEC 2076 (ASTM A-153) (610 g/m^2) para trabajo pesado tipo A. Las tuercas, tornillos y arandelas deberán cumplir con lo requerido en la norma ICONTEC 2133 (ANSI C 37-42).

9.2. CORTACIRCUITOS

Tanto el cortacircuito como los elementos portafusibles, poseerán ganchos que se acomoden a las herramientas para corte bajo carga. Además y a los efectos de facilitar el remplazo del cartucho portafusible bajo tensión, éste irá provisto de ganchos en su parte inferior que posibiliten su rápida instalación. Poseerán seguro de enganche en el cierre y seguro contra oscilación en la posición límite inferior.

- a. Contactos superiores: Deben ser fabricados en platina de cobre, con recubrimiento de plata ó estaño.
- b. Contacto inferior: Debe ser fabricado en platina de cobre, con recubrimiento de plata ó estaño.
- c. Contacto móvil (Balancín): Debe ser fabricado en fundición de bronce al aluminio.
- d. Buje de tubo portafusible (Vela): Debe ser fabricados en fundición de bronce al aluminio.

9.2.1. Fusible

Según la norma RA8-005 de EPM, los fusibles normalizados como medio de protección para los transformadores monofásicos deberán ser del tipo K.

Corriente nominal permanente (A)	Corriente nominal 300 segundos +		Corriente nominal 10 segundos		Corriente nominal 0,1 segundos		Relación de velocidad
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
1	2,0	2,4	**	10	**	58	**
2	4	4,8	**	10	**	58	**
3	6	7,2	**	10	**	58	**
6	12,0	14,4	13,5	20,5	72	86	6,0
8	11	18	18	27	97	166	6,5
10	19,5	23,4	22,5	34	128	154	6,6

Tabla 28. Corrientes de Fusión TIPO K (rápido)

* Todos los valores están indicados en amperios

** No se indica ningún valor puesto que el requisito es que los valores nominales de 1, 2, 3 A deben coordinar con el valor de 6 A, pero no necesariamente entre ellos.

+ 300 segundos para los hilos fusibles de 100 A nominales y menores; 600 segundos para hilos fusibles de 140 y 200 A nominales

Fuente: Especificaciones técnicas fusibles para MT, tipo H, K y T. ET-501 pág. 13.

9.3. TRANSFORMADOR AUTOPROTEGIDO

El transformador autoprotegido es un transformador que posee internamente además de los accesorios normales de funcionamiento, elementos de protección contra las sobretensiones en M.T y B.T, sobrecargas y cortocircuitos.

Las sobretensiones son originadas por descargas atmosféricas o por suicheos en la red; los cortocircuitos son originados por fallas en la red de B.T. ó por fallas internas en el transformador y las sobrecargas son originadas en la red de B.T.

Para la protección contra sobretensiones se provee de descargadores de sobretensión; para cortocircuitos originados en el transformador se provee de fusibles en M.T y contra los cortocircuitos y sobrecargas en B.T. se provee de un interruptor térmico o termomagnético, además de proveer de una indicación visual para condiciones de sobrecarga.

9.3.1. Potencia y tensión

Tipo de transformador será monofásico de 5 y 10 kVA con una tensión nominal en media tensión de (13,2 kV) y una tensión a plena carga en baja tensión de 240/120 (V)

9.3.2. Nivel de aislamiento

El nivel básico de aislamiento al impulso que deben tener los devanados y terminales de M.T y B.T, se definen en al siguiente tabla

Terminales y devanados	Tensión serie (kV)	Nivel básico de aislamiento al impulso (kV)
Media tensión	15	95
Baja tensión	1,2	30

Tabla 29. Nivel de aislamiento transformador autoprotegido.

El nivel de ensayo de aislamiento debe estar de acuerdo con lo establecido en la NTC 836

Fuente: Especificación técnica transformador de distribución autoprotegido hasta 150 kVA trifásico y monofásico, ET-010, pág. 6.

9.4. AISLADORES

Los materiales y equipos a utilizar en el diseño de sistemas de distribución cumplirán con las normas aprobadas por el ICONTEC para cada caso particular, para los aisladores tipo suspensión NTC 1170, aisladores tipo espigo NTC 739, aisladores tipo carrete NTC 693 y los aisladores tipo tensor NTC 694.

9.4.1. Especificaciones generales

a. Material de los aisladores

Los aisladores serán de porcelana del tipo de proceso en húmedo “Wet Process” o vidrio templado de altas propiedades aislantes, alta resistencia mecánica, alta inercia química, elevado punto de fusión, esmalte color café, o gris porosidad nula, libre de defectos tales como grietas, calcinaciones, burbujas y estar completamente vitrificado. Toda la superficie expuesta del aislador debe cubrirse con un esmalte de tipo compresión duro, liso, brillante, impermeable a la humedad que le permita mantenerse fácilmente libre de polvo o suciedad residuales ocasionada por la contaminación ambiental por medio de lavado natural de las aguas lluvias.

El material utilizado en la fabricación de las campanas metálicas y los pernos debe cumplir con la norma ASTM A47 o A536 según se trate de hierro maleable o hierro dúctil, y las normas NTC 1576, NTC 1920 cuando se trate de acero. Las chavetas deben ser de acero austenítico inoxidable o bronce o latón y deben tener sección aproximadamente semicircular. La fijación de las partes metálicas y de porcelana, cuando se requiera, deben hacerse mediante una capa de cemento uniforme y homogénea, que no reaccione químicamente con las partes metálicas ni produzca rotura por las expansiones o se afloje por contracciones que puedan presentarse durante el servicio. El cemento deberá estar de acuerdo con las normas NTC 30,117, 121, 225, 297, 321, 397 y 597.

Los aisladores tipo poste deberán ser de núcleo sólido, para instalación vertical u horizontal sobre crucetas de madera o metálicas con base metálica de material altamente resistente a la corrosión.

b. Marcación

Los aisladores deben tener impresa la marca del fabricante, el nombre de la empresa compradora y el año de manufactura, Adicionalmente para los aisladores

de suspensión deben incluirse la resistencia mecánica de prueba y electromecánica garantizadas.

9.4.2. Aisladores para media tensión

Las características de los aisladores individuales se presentan en la siguiente tabla

Característica Utilización	Unidad	Disco 254 mm (10") Retención suspensión	Pin 15 kV Alineamiento
Referencia ANSI		52-4	55-4
Distancia de fuga	mm	178	229
Distancia de arco	mm	114	127
Resistencia electromecánica	kN	44	-
Resistencia al impacto	N-m	5	-
Resistencia de cantiliver	kN	-	13,4
Prueba de carga de rutina	kN	22	-
Prueba de carga sostenida	kN	27	-
Flameo de baja frecuencia en seco	kV	60	70
Flameo de baja fcia. En húmedo	kV	30	40
Flameo crítico al impulso positivo	kV	100	110
Flameo crítico al impulso negativo	kV	100	140
Tensión de perforación de baja frecuencia	kV	80	95

Tabla 30. Aisladores para media tensión

Fuente: Norma ESSA, Tabla 5.2 Aisladores individuales para media tensión.

9.4.3. Aisladores para baja tensión

Las características de los aisladores tipo carrete (basado en la norma ANSI C29.3 – 1986) se encuentra en la siguiente tabla.

Característica	Und	76,2 mm (3")	85,73 mm (3 3/8")
Referencia ANSI		53-2	53-3
Resistencia transversal	kN	13,4	17,8
Flameo de baja frecuencia en seco	kV	25	25
Flameo baja frecuencia en húmedo vertical	kV	12	12
Flameo baja frecuencia en húmedo horizontal	kV	15	15

Tabla 31. Aisladores para baja tensión

Fuente: Norma ESSA, Tabla 5.4 Aisladores tipo carrete para baja tensión.

9.4.4. Aisladores para templetes (tensor)

Las características de los aisladores tipo tensor para templetes si indican a continuación.

Característica	Und	89,9 mm (3 1/2")	108 mm (4 1/4")
Utilización		B.T	M.T 15 kV
Referencia ANSI		54-1	54-2
Distancia de fuga	mm	41	48
Resistencia a la tensión	kN	44	53
Flameo de baja frecuencia en seco	kV	25	30
Flameo baja frecuencia en húmedo	kV	12	15

Tabla 32. Aisladores tipo tensor

Fuente: Norma ESSA, Tabla 5.6 Aisladores para templetes tipo tensor

9.5. CRUCETAS

Las crucetas son elementos estructurales que soportan los aisladores en las líneas de transmisión. Las crucetas se disponen en dirección perpendicular al poste. Las dimensiones de las crucetas son establecidas por la norma RA7-013 de EPM, estas pueden ser de 1,5 m, 2 m, 3 m, 4 m, o 6 m, los cuales tendrán únicamente las perforaciones requeridas para evitar su debilitamiento innecesario.

9.5.1. Crucetas metálicas

Según la norma RA7-013 se especifica las dimensiones de las crucetas, se construyen en acero estructural, de perfil angular de lados iguales y deben ser galvanizadas en caliente. Las perforaciones deben conservar su concentricidad. Además deben cumplir los siguientes requisitos.

a. Requisitos químicos

Los perfiles descritos en la siguiente tabla deben cumplir como mínimo con los requisitos de la norma NTC 1920

TIPO DE MATERIAL	PERFILES
%Carbono	0.25
%Fosforo	0.04
%Azufre	0.05
%Manganeso	0.6 - 0.9

Tabla 33. Requisitos químicos de la cruceta metálica.

Fuente: Criterios de diseño y normas para construcción de sistemas de distribución niveles I y II en las zonas no interconectadas del país – IPSE, Capítulo XII, numeral 12.6.2.

b. Requisitos mecánicos

Los perfiles deben cumplir como mínimo los requisitos mecánicos dados en esta especificación así: límite de fluencia = 25 kg/mm² (36 000 PSI); resistencia a la tracción = 41,56 kg/mm² (58 000 PSI); elongación = 21% en 50 mm (Lo = 2”).

c. Requisitos de recubrimiento

Las crucetas serán totalmente galvanizadas por inmersión en caliente y deberán cumplir con las especificaciones dadas en la norma NTC 2076 y deben estar libres de burbujas, áreas sin revestimiento, depósitos de escoria, manchas negras, excoriaciones y otro tipo de inclusiones que puedan causar interferencia en el uso específico del producto.

d. Requisitos de acabado

Los perfiles deben ser de una sola pieza, libres de soldadura, libres de deformaciones, fisuras y aristas cortantes.

9.6. PERCHAS

Las perchas son elementos que sirven de soporte para los aisladores de carrete en las líneas de distribución. Estas van sujetadas por medio de abrazaderas, pernos o cinta metálica en dirección paralela al poste. Deben cumplir las dimensiones y clasificaciones de la norma RA7-019 de la EPM además de las siguientes especificaciones:

a. Requisitos del producto

El cuerpo de la percha debe ser de lámina de acero estampada, calibre 10 (1/8”) grado NTC A24 o superior y que cumpla con las especificaciones de la Norma NTC 6.

El porta elemento debe ser platina de acero NTC A24 de acuerdo a la Norma NTC 1920 y el pasador debe ser de acero NTC A34 con cabeza en uno de sus extremos y perforación para pin de seguridad en el otro extremo. Cuando se requiera de una resistencia adicional a la corrosión, se empleará un acero de baja aleación y alta resistencia de acuerdo con la Norma NTC 1950, o un bronce al aluminio, de acuerdo a la Norma ASTM B-148 o similar.

El pasador en las perchas fundidas será individual para cada porta elemento y fabricado en bronce. Los pines de seguridad serán del tipo autoretencción y fabricados en latón, bronce o acero inoxidable.

b. Requisitos geométricos

El portaelemento para las perchas galvanizadas debe ser de platina de acero de 31,75 mm de ancho x 4,75 mm de espesor. (1 ¼ x 3/16”) y el pasador para todas las perchas debe tener un diámetro de 16 mm (5/8).

El ensamble entre el portaelemento y el cuerpo de la percha, podrá hacerse remachado con remache de aluminio, en el caso en que los dos elementos sean galvanizados separadamente; o soldados dejando un espacio entre los dos elementos de por lo menos 2 mm para que penetre el zinc.

9.6.1. Percha galvanizada

a. Requisitos químicos

Los perfiles descritos en la siguiente tabla deben cumplir como mínimo con los requisitos de la norma NTC 1920

TIPO DE MATERIAL	LÁMINAS Y PLATINAS	PASADORES
%Carbono	0,25	0,26
%Fosforo	0,04	0,04
%Azufre	0,05	0,05

Tabla 34. Requisitos químicos de la percha galvanizada.

Fuente: Criterios de diseño y normas para construcción de sistemas de distribución niveles I y II en las zonas no interconectadas del país – IPSE, Capítulo XII, numeral 12.8.1.

b. Requisitos mecánicos

Las perchas serán totalmente galvanizadas por inmersión en caliente y deberán cumplir con las especificaciones dadas en la norma NTC 2076 y deben estar libres de burbujas, áreas sin revestimiento, depósitos de escoria, manchas negras, excoriaciones y otro tipo de inclusiones que puedan causar interferencia en el uso específico del producto.

9.7. ESPIGOS

El espigo se utiliza para fijar los aisladores que sirven de apoyo de los conductores en los circuitos de 13,2 kV. Van montados en crucetas de madera, metálicas o de concreto.

Las dimensiones se especifican en la norma RA7-009 de EPM. Los espigos serán fabricados en acero obtenido por cualquier proceso comercialmente aceptado. Cuando se requiera una resistencia adicional a la corrosión se empleará un acero de baja aleación y alta resistencia, de acuerdo con la norma NTC 1950.

Los espigos deben galvanizarse en caliente de acuerdo a la norma NTC 2076. El galvanizado debe hacerse antes de fundir la rosca de plomo o antes de adherir la rosca de nylon. Se fabricarán de una sola pieza.

La rosca del espigo podrá ser fabricada de plomo o de nylon. Los espigos se suministrarán acompañados de una tuerca hexagonal y una arandela de presión. Los espigos para aislador tipo poste debe tener una arandela redonda y otra arandela de presión adicionales.

La arandela redonda se diseñará según la norma RA7-015. La tuerca hexagonal se diseñará según la norma RA7-069. La arandela de presión se diseñará según la norma RA7-083.

9.8. HERRAJES

Los herrajes serán de acero galvanizados por inmersión en caliente. Las formas o perfiles que se empleen para la fabricación de los herrajes deben cumplir con las siguientes características.

- a. Enderezamiento: Los productos de perfiles estructurales que no requieren dobleces, serán rectos a simple vista, una vez terminada su fabricación.
- b. Cortes: Los cortes que se efectúen en el material empleado, se harán con cizalla, sierra mecánica, segueta u otro medio apropiado. Estarán a escuadra y serán rectos a simple vista, a menos que se especifique cosa diferente, en cuyo caso, el ángulo de corte se comprobará.

- c. Añadiduras: No se permite que un herraje este formado de dos o más partes añadidas. Cada herraje estará formado de una sola pieza, a menos que el dibujo correspondiente o en la normalización se indique lo contrario.
- d. Barrenos: Únicamente se toleran hechos por el procedimiento de taladro o de punzada, serán circulares o libres de rebabas o aristas. El diámetro de los barrenos taladrados o punzonados será de 1/16 (1,6 mm) superior al diámetro del perno que se va a usar, a menos que en el diseño se diga otra cosa.
- e. Doblado: La operación de doblado de los herrajes que lo requieran, se hará en caliente o en frío, pero en cualquier caso, las piezas terminadas estarán libres de defectos tales como agrietamiento, arrugas y otros defectos en la zona de dobléz.
- f. Soldadura: Las uniones soldadas se harán con soldadura de acero o por resistencia. Las superficies a soldar estarán libres de oxidación, escamas de laminación, grasas o cualquier otra impureza que afecte la eficiencia de la soldadura.

9.8.1. Arandelas

9.8.1.1. Arandelas redondas

Se utiliza con el fin de minimizar el enclavamiento de la tuerca o de la cabeza del tornillo en superficies blandas, durante la aplicación del torque. Según la norma RA7-015 de EPM, las dimensiones de la arandela se utilizan según el diámetro del perno.

9.8.1.2. Arandelas de presión

Son de forma helicoidal se diseñan para evitar el aflojamiento o la pérdida de tensión entre las partes ensambladas, su ajuste es alrededor del perno, las dimensiones de la arandela de presión se especifican según la norma RA7-083 de EPM.

9.8.2. Tuerca de ojo

La tuerca de ojo se utiliza para fijar los aisladores tipo suspensión a las crucetas o al poste, esta conformado por un cuerpo cilíndrico con una perforación central

roscada y una argolla, formado a partir de una sola pieza. Según la norma RA7-003 de EPM se utilizara la tuerca de ojo alarga tipo III de 5/8" (16 mm).

9.8.3. Grapas

Las grapas son elementos mecánicos que trabajan a tracción y cuya función es tensionar o suspender el cable en las líneas de subtransmisión y redes de distribución.

9.8.3.1. Grapas de retención y suspensión

Las grapas se utilizan para fijación de los conductores aéreos desnudos ACSR y adicionalmente, para el conductor de cable cubierto. También se utilizan las grapas de los aisladores tipo suspensión y pin, en los postes de retención y suspensión respectivamente, de las redes de distribución 13,2 kV. La grapa trabaja a tracción y suspensión cuya función es tensionar o suspender (sostener) el conductor.

Las características de las grapas según la norma RA7-024 de EPM son de dos tipos recta y pistola.

La grapa de retención tipo recta podrá ser a base de sujeción (mandíbulas o prensacable) del conductor con pernos en "U" o sujeción con cuerpo tipo cuña elástica. Las grapas de retención tipo recta ya sea de cuña elástica o con pernos en "U" también podrán tener derivaciones para estribos para conectar las grapas de línea viva, las cuales se instalarán de acuerdo con las necesidades del diseño y la operación.

Las grapas de suspensión serán con pernos en "U" bajo ángulo y para ángulo. La grapa incluirá 4 tuercas hexagonales, 4 arandelas de presión, un pasador con pin de seguridad, dos pernos en U y el pisa cable o cuña según el caso.

9.8.3.2. Grapa prensora

Herraje constituido por dos placas mordazas con dos ranuras lisas paralelas a lo largo de la mayor dimensión utilizada para sujetar el cable del templete, con el fin de obtener un mejor amarre del cable. En la norma RA7-098 de EPM se especifica las dimensiones de la grapa prensora

9.8.3.3. Grapa línea viva

Elemento utilizado para derivaciones de circuitos 13,2 kV, para conexión de transformadores, cortacircuitos, pararrayos, puesta a tierra temporal, etc. Las grapas de línea viva por uso son de dos clases, de conexión temporal y de conexión permanente (en estribos). La grapa de conexión temporal es de dos formas: temporal a tierra y para trabajos de línea viva. En la norma RA7-079 se especifica las dimensiones de la grapa línea viva.

9.8.4. Tornillos y pernos

Se utilizan como elementos de fijación, ensamble o acople de partes y herrajes usados generalmente en la construcción de las líneas de distribución. La norma RA7-001 de EPM especifica las dimensiones de los tornillos y los pernos.

9.8.4.1. Tornillos

Elemento de fijación roscado exteriormente, diseñado para insertarse en los huecos de las partes por ensamblar, que se acopla a roscas internas preformadas, o que se acopla también mediante la conformación de su propia rosca. Consta de cabeza y cilindro y sobre esta se aplica el par de apriete. Las clases de tornillos son: tornillos espaciadores, tornillo carruaje, tornillo de expansión, tornillo para aislador tipo carrete, tornillo goloso (fijación de aislador tipo carrete N°5)

9.8.4.2. Perno

Elemento de fijación roscado exteriormente, diseñado para insertarse en los huecos de las partes por ensamblar. Consta de cabeza y cilindro. El par de apriete se aplica sobre la tuerca. Las clases de pernos son: pernos de ojo (3/8" a 3/4"), los pernos en U.

9.8.5. Varilla de anclaje

Elemento de anclaje utilizado para la estabilización de postes y que consta de una varilla de sección circular en forma de barra, roscada en un extremo y ojo (argolla) en el otro. Formado este ojo con el material de la barra y soldado.

Como parte del viento o templete, la varilla se utiliza para contrarrestar las tensiones horizontales ejercidas por los conductores sobre el poste de las redes de distribución energética. La varilla de anclaje se entierra para contrarrestar las fuerzas desbalanceadas de las líneas de distribución.

Según la norma RA7-038 de EPM, la varilla de anclaje será totalmente galvanizada por inmersión en caliente, con dimensiones de 5/8" x 1.8 m y deberá cumplir con las especificaciones dadas en la norma NTC 2076 y deben estar libres de burbujas, áreas sin revestimiento, depósitos de escoria, manchas negras, excoriaciones y otro tipo de inclusiones que puedan causar interferencia en el uso específico del producto.

9.8.6. Tuercas hexagonales

Las tuercas se destinan para ensamblarse con el tornillo o perno, la norma RA7-069 de EPM especifican que las tuercas deben ser fabricadas de un acero de grado y calidad adecuados para cumplir con los siguientes requisitos de esta norma. El diámetro mínimo nominal de las tuercas hexagonales es de 3/8" hasta 3/4".

9.8.7. Guardacabos

Los guardacabos se utilizan para proteger los cables tensionados contra el fuerte doblamiento en los extremos. Según la norma RA7-023 de EPM los guardacabos deben tener las siguientes características:

- ✓ Los materiales de los guardacabos será una lámina de acero según norma NTC 6. El proceso de fabricación es por corte en el sentido y doblado de la lámina.
- ✓ Las laminas deben cumplir con los siguientes requisitos mecánicos:
Limite de fluencia: 24 kg/mm^2 y resistencia mínima a la tracción 42 kg/mm^2
Las láminas deben ser sometidas al ensayo de doblamiento especificado en la norma NTC 1.

El guardacabo a utilizar es para cable de acero galvanizado de 1/4".

9.8.8. Estribo

Elemento utilizado para derivaciones de circuitos a 13.2 kV, para conexión de transformadores, cortacircuitos, pararrayos y para la conexión de puesta a tierra temporal en el sistema de cable cubierto, etc. La barra deberá ser alambre de cobre estañado o cobre de alta dureza. Los conectores deberán ser de aluminio o bronce de alta conductividad. Para el sistema de cable cubierto el estribo deberá llevar una cubierta plástica protectora removible. La norma RA7-080 de EPM especifica las dimensiones

9.8.9. Varillas de puesta a tierra

Se utiliza para conformar la resistencia de conexión para puesta a tierra en redes de distribución primaria, secundaria, y en circuitos de potencia, control (instalaciones eléctricas en general) y en las acometidas, sistemas y equipos de los clientes. El electrodo de puesta a tierra es un elemento conductor o grupo de ellos en íntimo contacto con el suelo, para proporcionar una conexión eléctrica con el terreno. La norma RA7-017 de EPM se especifica las siguientes dimensiones geométricas:

- a. Las varillas serán de dos tipos de longitud: entera de 2,4 m o fraccionadas de una longitud de 1,2 m. cuando sea necesario mejorar la puesta a tierra incrementando la longitud de hincado. Cuando la varilla sea fraccionada la unión será por medio de un acople. El acople será cilíndrico y biselado en sus extremos y será de bronce de alta resistencia mecánica.
- b. El hincado de la varilla fraccionada se hará por medio de un tornillo sufridera de cabeza hexagonal con rosca M 16 x 2, de acero tipo SAE grado 5. La rosca no deberá tener ningún punto en el que se haga visible el acero. La longitud mínima de hincado es de 2,4 m.
- c. Los diámetros de las varillas de acero cubierto de cobre serán de media pulgada ($\phi 1/2"$) para suelo muy blando, de $5/8"$ para terreno semiduro y de $3/4"$ para terreno duro.
- d. Para las varillas de acero galvanizado en caliente el diámetro mínimo es de $\phi 5/8"$. Para las varillas de cobre es de $\phi 3/4"$ y para las de acero con chaqueta de acero inoxidable o para las varillas que sean de acero inoxidable el diámetro es de $\phi 1/2"$.
- e. Para las varillas de cobre y de hierro galvanizado en caliente se aceptarán también perfiles no redondos pero con un perímetro no menor de 40,6 mm. y espesor no mínimo de 9,5 mm.
- f. La varilla será de sección circular y terminada en la punta tal como se establece en las figuras que conforman la norma RA7-017 de EPM
- g. Las dimensiones de los electrodos tendrán en cuenta lo estipulado en la tabla N° 22 del RETIE.

10.PRESUPUESTO

CONSTRUCCIÓN DE REDES EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN PARA LA ELECTRIFICACIÓN RURAL DE LOS USUARIOS DE LA VEREDA LAS HORTENSIAS DEL CORREGIMIENTO EL LLANITO MUNICIPIO BARRANCABERMEJA.					
MEDIA TENSIÓN					
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	SUBTOTAL
36	Replanteo de línea. M.T. Hasta 34,5 kV.	MTL	4698	\$ 346,80	\$ 1 629 266,40
10048	Suministro, transporte e instalación de poste de concreto. 14 m. TR. 750 kg.	UND	2	\$ 1 397 800,00	\$ 2 795 600,00
10030	Suministro, transporte e instalación de poste de concreto. 12 m. TR. 510 Kg.	UND	21	\$ 1 021 100,00	\$ 21 443 100,00
20306	Preparación Concreto 2.500 psi.	m ³	23	\$ 281 440,00	\$ 6 473 120,00
10219	Suministro, transporte e instalación de herrajes en poste o torrecilla para dos hilos estructura de paso sencilla tipo-510 hasta 13.2 kV.	UND	6	\$ 184 590,00	\$ 1 107 540,00
10225	Suministro, transporte e instalación de herrajes en poste o torrecilla para dos hilos estructura de paso con ángulo tipo-512 hasta 13.2 kV.	UND	13	\$ 323 740,00	\$ 4 208 620,00
10231	Suministro, transporte e instalación de herrajes en poste o torrecilla para dos hilos estructura retención terminal tipo-514 hasta 13.2 kV.	UND	2	\$ 409 300,00	\$ 818 600,00
10237	Suministro, transporte e instalación de herrajes en poste o torrecilla para dos hilos estructura retención doble tipo-515 hasta 13.2 kV.	UND	2	\$ 602 960,00	\$ 1 205 920,00
10681	Suministro, transporte e instalación de herrajes y elementos para templete directo a tierra. Alta tensión hasta 13.2 KV. [Ref. estructura 1].	UND	19	\$ 105 900,00	\$ 2 012 100,00
10750	Suministro, transporte e instalación de un conductor ACSR No. 2. AWG. para Alta Tensión.	MTL	10000	\$ 2 485,00	\$ 24 850 000,00
41701	Suministro, transporte e instalación de una caja cortacircuito de 15 kV 100 A. 110 kV-BL.	UND	4	\$ 107 750,00	\$ 431 000,00
41704	Suministro, transporte e instalación de un pararrayo de 10 o 12 kV. 10 kA.	UND	4	\$ 108 360,00	\$ 433 440,00
999992	Certificación	UND	1	\$ 3 190 000,00	\$ 3 190 000,00
999995	Suministro, transporte e instalación de valla publicitaria para obra de electrificación rural	UND	1	\$ 627 300,00	\$ 627 300,00
TOTAL ACTIVIDADES MEDIA TENSIÓN					\$ 71 225 606,40
BAJA TENSIÓN					
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	SUBTOTAL
39	Replanteo de red. Baja Tensión.	MTL	3750	\$ 338,80	\$ 1 270 500,00
10006	Suministro, transporte e instalación de poste de concreto. 8 m. TR. 510 kg.	UND	50	\$ 565 700,00	\$ 28 285 000,00
20306	Preparación Concreto 2.500 psi.	m ³	50	\$ 281 440,00	\$ 14 072 000,00
999995	Suministro, transporte e instalación de herrajes en poste o torrecilla para estructura RA4-001	UND	46	\$ 33 564,00	\$ 1 543 944,00
999994	Suministro, transporte e instalación de herrajes en poste o torrecilla para estructura RA4-002	UND	8	\$ 69 874,00	\$ 558 992,00
999993	Suministro, transporte e instalación de herrajes en poste o torrecilla para estructura RA4-003	UND	12	\$ 36 038,00	\$ 432 456,00
999992	Suministro, transporte e instalación de herrajes en poste o torrecilla para estructura RA4-004	UND	1	\$ 87 348,00	\$ 87 348,00
10687	Suministro, transporte e instalación de herrajes y elementos para templete directo a tierra. Baja tensión. [Ref. estructura 2].	UND	20	\$ 77 800,00	\$ 1 556 000,00
10693	Suministro, transporte e instalación de herrajes y elementos para bajante a tierra. Baja tensión.	UND	1	\$ 199 196,00	\$ 199 196,00
43529	Suministro, transporte e instalación de cable trenzado triplex 600 V 2x4+4 Neutro en ACSR Desnudo	MTL	3650	\$ 8 812,00	\$ 32 163 800,00

43530	Suministro, transporte e instalación de cable dúplex 600 V 4+4 Neutro en ACSR Desnudo	MTL	100	\$ 4 262,00	\$ 426 200,00
TOTAL ACTIVIDADES BAJA TENSIÓN					\$ 80 595 436,00
INSTALACIONES INTERNAS					
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	SUBTOTAL
42800	Suministro, transporte e instalación de un contador de medida directa monofásico bifilar de 15 (60) A.	UND	2	\$ 222 512,00	\$ 445 024,00
42806	Suministro, transporte e instalación de materiales para salida a 110 V para tomacorriente.	UND	30	\$ 34 079,00	\$ 1 022 370,00
42807	Suministro, transporte e instalación de materiales para salida a 110 V para luz con interruptor.	UND	45	\$ 33 180,00	\$ 1 493 100,00
43190	Suministro, transporte e instalación de accesorios para acometida monofásica en cable concéntrico cobre aislado 2x8 AWG.	UND	2	\$ 167 920,00	\$ 335 840,00
43346	Suministro, transporte e instalación de cableado concéntrico 1*8+8 AWG para acometida monofásica bifilar	UND	2	\$ 214 778,00	\$ 429 556,00
43268	Suministro, transporte e instalación de contador de medida directa bifásico trifilar de 15 (60) A.	UND	13	\$ 354 846,00	\$ 4 612 998,00
43273	Suministro, transporte e instalación de accesorios para acometida trifilar en cable concéntrico cobre aislado 3x8 AWG.	UND	13	\$ 171 070,00	\$ 2 223 910,00
43342	Suministro, transporte e instalación de cruce de acometida de acometida aérea para contador de medida directa bifásica trifilar en cable concéntrico 2*8+8	UND	13	\$ 246 178,00	\$ 3 200 314,00
TOTAL ACTIVIDADES DE INSTALACIONES INTERNAS					\$ 13 763 112,00
SUBESTACIONES					
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	SUBTOTAL
43048	Suministro, transporte e instalación de sistema de contrapeso para mejoramiento de resistividad de puestas a tierras para transformadores de distribución. (en cable de cobre)	UND	5	\$ 183 760,00	\$ 918 800,00
43524	Suministro, transporte e instalación de transformador autoprotegido monofásico de 5 kVA, 150 kV Bill 13200/240/120 V	UND	4	\$ 1 728 500,00	\$ 6 914 000,00
43525	Suministro, transporte e instalación de transformador autoprotegido monofásico de 10 kVA 150 Kv Bill 13,2/240/120 V	UND	1	\$ 2 133 580,00	\$ 2 133 580,00
43544	Suministro, transporte e instalación de macromedia baja tensión para transformador monofásico con medidor electromecánico	UND	5	\$ 416 831,00	\$ 2 084 155,00
43528	Suministro, transporte e instalación de herrajes y protecciones para transformadores monofásico AUTOPROTEGIDO hasta 13,2 kV.	UND	5	\$ 518 212,00	\$ 2 591 060,00
TOTAL ACTIVIDADES DE SUBESTACIONES					\$ 14 641 595,00
CONCEPTO				SUBTOTAL	
				ALTA TENSIÓN	\$ 71 225 606,40
				BAJA TENSIÓN	\$ 80 595 436,00
				INSTALACIONES INTERNAS	\$ 13 763 112,00
				SUBESTACIONES	\$ 14 641 595,00
				Costo directo del presupuesto	\$ 180 225 749,40
				Costo indirecto del presupuesto (20%)	\$ 36 045 149,88
Costo total del presupuesto				\$ 216 270 899,28	

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
36	REPLANTEO DE LÍNEA M.T. HASTA 35,4 kV.				
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
EQUIPO					
EQUIPO DE MEDIDA		U	1	\$ 47	\$ 47
				<i>SUBTOTAL EQUIPO</i>	\$ 47
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
TRANSPORTE					
TRANSPORTE VARIOS		U	1,0	\$ 10	\$ 10
				<i>SUBTOTAL TRANSPORTE</i>	\$ 10
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MANO DE OBRA					
TOPÓGRAFO		H	0,014	\$ 12 600	\$ 176
CADENEROS		H	0,014	\$ 8 100	\$ 113
				<i>SUBTOTAL MANO DE OBRA</i>	\$ 290
					TOTAL COSTO DIRECTO
					\$ 347
10048	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE POSTE DE CONCRETO. 14 m. TR. 750 kg.				
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MATERIALES					
POSTE DE CONCRETO DE 14 m TENSIÓN DE 750 CARGA DE ROTURA		U	1	\$ 1 252 800	\$ 1 252 800
				<i>SUBTOTAL MATERIALES</i>	\$ 1 252 800
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
EQUIPO					
				<i>SUBTOTAL EQUIPO</i>	
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
TRANSPORTE					
TRANSPORTE POSTE		U	1,00	\$ 85 000	\$ 85 000
GRÚA MECÁNICA		U	0,10	\$ 140 000	\$ 14 000
CAMIONETA		U	0,08	\$ 85 000	\$ 6 800
				<i>SUBTOTAL TRANSPORTE</i>	\$ 105 800
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MANO DE OBRA					
INGENIERO		H	0,50	\$ 19 200	\$ 9 600
MAESTRO		H	2,00	\$ 9 500	\$ 19 000
AYUDANTE		H	2,00	\$ 5 300	\$ 10 600
				<i>SUBTOTAL MANO DE OBRA</i>	\$ 39 200
					TOTAL COSTO DIRECTO
					\$ 1 397 800

10030		SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE POSTE DE CONCRETO. 12 m. TR. 510 kg.			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
MATERIALES					
POSTE DE CONCRETO DE 12 m TENSIÓN DE 510 CARGA DE ROTURA	U	1	\$ 681 100	\$ 681 100	
<i>SUBTOTAL MATERIALES</i>				\$ 681 100	
DESCRIPCIÓN	TARIFA	RENDIMIENTO	V/UNITARIO		
EQUIPO					
<i>SUBTOTAL EQUIPO</i>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
TRANSPORTE					
TRANSPORTE POSTE	U	1,00	\$ 280 000	\$ 280 000	
GRÚA MECÁNICA	U	0,10	\$ 140 000	\$ 14 000	
CAMIONETA	U	0,08	\$ 85 000	\$ 6 800	
<i>SUBTOTAL TRANSPORTE</i>				\$ 300 800	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
MANO DE OBRA					
INGENIERO	H	0,5	\$ 19 200	\$ 9 600	
MAESTRO	H	2,0	\$ 9 500	\$ 19 000	
AYUDANTE	H	2,0	\$ 5 300	\$ 10 600	
<i>SUBTOTAL MANO DE OBRA</i>				\$ 39 200	
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 1 021 100	
20306		PREPARACIÓN EN CONCRETO 2500 PSI			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
MATERIALES					
AGUA	L	170	\$ 200	\$ 34 000	
ARENA LAVADA	m ³	0,8	\$ 40 000	\$ 32 000	
TRITURADO	m ³	0,75	\$ 52 000	\$ 39 000	
CEMENTO	kg	350	\$ 400	\$ 140 000	
<i>SUBTOTAL MATERIALES</i>				\$ 245 000	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
EQUIPO					
HERRAMIENTAS OBRA CIVIL	U	0,3	\$ 10 000	\$ 3 000	
<i>SUBTOTAL EQUIPO</i>				\$ 3 000	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
TRANSPORTE					
CAMIONETA	U	0,08	85000	6800	
<i>SUBTOTAL TRANSPORTE</i>				6 800	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
MANO DE OBRA					
MAESTRO	H	1,8	\$ 9 500	17100	
AUXILIAR	H	1,8	\$ 5 300	9540	
<i>SUBTOTAL MANO DE OBRA</i>				26 640	
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 281 440	

10219	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE HERRAJES EN POSTE O TORRECILLA PARA DOS HILOS ESTRUCTURA DE PASO SENCILLA TIPO-510 HASTA 13.2 kV.			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MATERIALES				
AISLADOR TIPO PIN ANSI 55-4	U	2	\$ 11 000	\$ 22 000
ARANDELA DE PRESIÓN DE 1/2"	U	2	\$ 150	\$ 300
ARANDELA DE PRESIÓN DE 5/8"	U	2	\$ 200	\$ 400
CRUCETA METÁLICA DE ÁNGULO GALVANIZADO DE 64X64X5 mm 2,0 m.	U	1	\$ 68 000	\$ 68 000
DIAGONAL RECTA DE ÁNGULO DE HIERRO GALVANIZADO DE 38X38X5 mm 68 cm	U	2	\$ 12 000	\$ 24 000
ESPIGO DE ACERO GALVANIZADO	U	2	\$ 5 600	\$ 11 200
PERNO DE MAQUINA DE 1/2x1 1/2	U	2	\$ 700	\$ 1 400
PERNO DE MAQUINA DE 5/8x8	U	2	\$ 2 700	\$ 5 400
ACCESORIOS	U	10	\$ 100	\$ 1 000
SUBTOTAL MATERIALES				\$ 133 700
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
EQUIPO				
HERRAMIENTAS MENORES	U	0,3	\$ 10 000	\$ 3 000
SUBTOTAL EQUIPO				\$ 3 000
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
TRANSPORTE				
CAMIONETA	U	0,25	\$ 85 000	\$ 21 250
SUBTOTAL TRANSPORTE				\$ 21 250
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MANO DE OBRA				
MAESTRO	H	1,8	\$ 9 500	\$ 17 100
AUXILIAR	H	1,8	\$ 5 300	\$ 9 540
SUBTOTAL MANO DE OBRA				\$ 26 640
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 184 590
10225	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE HERRAJES EN POSTE O TORRECILLA PARA DOS HILOS ESTRUCTURA DE PASO CON ÁNGULO TIPO-512 HASTA 13.2 kV.			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MATERIALES				
AISLADOR TIPO PIN ANSI 55-4	U	4	\$ 11 000	\$ 44 000
ARANDELA DE PRESIÓN DE 1/2"	U	4	\$ 150	\$ 600
ARANDELA DE PRESIÓN DE 5/8"	U	10	\$ 200	\$ 2 000
CRUCETA METÁLICA DE ÁNGULO GALVANIZADO DE 64X64X5 mm 2.0 m.	U	2	\$ 68 000	\$ 136 000
DIAGONAL RECTA DE ÁNGULO DE HIERRO GALVANIZADO DE 38X38X5 mm 68 cm	U	4	\$ 12 000	\$ 48 000
ESPIGO DE ACERO GALVANIZADO	U	4	\$ 5 600	\$ 22 400
PERNO DE MAQUINA DE 1/2x1 1/2	U	4	\$ 700	\$ 2 800
PERNO DE MAQUINA DE 5/8x8	U	2	\$ 2 700	\$ 5 400
ACCESORIOS	U	10	\$ 100	\$ 1 000
SUBTOTAL MATERIALES				\$ 262 200

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
EQUIPO				
HERRAMIENTAS MENORES	U	0,6	\$ 10 000	\$ 6 000
<i>SUBTOTAL EQUIPO</i>				\$ 6 000
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
TRANSPORTE				
CAMIONETA	U	0,34	\$ 85 000	\$ 28 900
<i>SUBTOTAL TRANSPORTE</i>				\$ 28 900
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MANO DE OBRA				
MAESTRO	H	1,8	\$ 9 500	\$ 17 100
AUXILIAR	H	1,8	\$ 5 300	\$ 9 540
<i>SUBTOTAL MANO DE OBRA</i>				\$ 26 640
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 323 740

10231	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE HERRAJES EN POSTE O TORRECILLA PARA DOS HILOS ESTRUCTURA RETENCIÓN TERMINAL TIPO-514 HASTA 13.2 kV.			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MATERIALES				
AISLADOR TIPO PIN ANSI 52-4	U	4	\$ 30 000	\$ 120 000
ARANDELA DE PRESIÓN DE 1/2"	U	4	\$ 150	\$ 600
ARANDELA DE PRESIÓN DE 5/8"	U	10	\$ 200	\$ 2 000
TUERCA DE OJO ALARGADA DE 5/8	U	2	\$ 5 500	\$ 11 000
CRUCETA METÁLICA DE ÁNGULO GALVANIZADO DE 64X64X5 mm 2.0 m.	U	2	\$ 68 000	\$ 136 000
DIAGONAL RECTA DE ÁNGULO DE HIERRO GALVANIZADO DE 38X38X5 mm 68 cm	U	4	\$ 12 000	\$ 48 000
GRAPA DE RETENCIÓN EN ACERO TIPO PISTOLA	U	2	\$ 13 000	\$ 26 000
PERNO DE MAQUINA DE 1/2x1 1/2	U	4	\$ 700	\$ 2 800
PERNO DE MAQUINA DE 5/8x8	U	2	\$ 2 700	\$ 5 400
ESPARRAGO DE HIERRO GALVANIZADO DE 5/8x10	U	2	\$ 3 300	\$ 6 600
ACCESORIOS	U	10	\$ 100	\$ 1 000
<i>SUBTOTAL MATERIALES</i>				\$ 359 400
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
EQUIPO				
HERRAMIENTAS MENORES	U	0,5	\$ 10 000	\$ 5 000
<i>SUBTOTAL EQUIPO</i>				\$ 5 000
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
TRANSPORTE				
CAMIONETA	U	0,18	\$ 85 000	\$ 15 300
<i>SUBTOTAL TRANSPORTE</i>				\$ 15 300
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MANO DE OBRA				
MAESTRO	H	2	\$ 9 500	\$ 19 000
AUXILIAR	H	2	\$ 5 300	\$ 10 600
<i>SUBTOTAL MANO DE OBRA</i>				\$ 29 600
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 409 300

10237	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE HERRAJES EN POSTE O TORRECILLA PARA DOS HILOS ESTRUCTURA RETENCIÓN DOBLE TIPO-515 HASTA 13.2 kV.			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MATERIALES				
AISLADOR TIPO PIN ANSI 52-4	U	8	\$ 30 000	\$ 240 000
ARANDELA DE PRESIÓN DE 1/2"	U	4	\$ 150	\$ 600
ARANDELA DE PRESIÓN DE 5/8"	U	10	\$ 200	\$ 2 000
TUERCA DE OJO ALARGADA DE 5/8	U	4	\$ 5 500	\$ 22 000
CRUCETA METÁLICA DE ÁNGULO GALVANIZADO DE 64X64X5 mm 2.0 m.	U	2	\$ 68 000	\$ 136 000
DIAGONAL RECTA DE ÁNGULO DE HIERRO GALVANIZADO DE 38X38X5 mm 68 cm	U	4	\$ 12 000	\$ 48 000
GRAPA DE RETENCIÓN EN ACERO TIPO PISTOLA	U	4	\$ 13 000	\$ 52 000
PERNO DE MAQUINA DE 1/2x1 1/2	U	4	\$ 700	\$ 2 800
PERNO DE MAQUINA DE 5/8x8	U	2	\$ 2 700	\$ 5 400
ESPARRAGO DE HIERRO GALVANIZADO DE 5/8x10	U	2	\$ 3 300	\$ 6 600
CONECTOR DE RANURAS PARALELAS DE UN PERNO CALIBRE 2 AWG	U	4	\$ 2 500	\$ 10 000
ACCESORIOS	U	10	\$ 100	\$ 1 000
SUBTOTAL MATERIALES				\$ 526 400
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
EQUIPO				
HERRAMIENTAS MENORES	U	1	\$ 10 000	\$ 10 000
SUBTOTAL EQUIPO				\$ 10 000
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
TRANSPORTE				
CAMIONETA	U	0,4	\$ 85 000	\$ 34 000
SUBTOTAL TRANSPORTE				\$ 34 000
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MANO DE OBRA				
MAESTRO	H	2,2	\$ 9 500	\$ 20 900
AUXILIAR	H	2,2	\$ 5 300	\$ 11 660
SUBTOTAL MANO DE OBRA				\$ 32 560
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 602 960

10681	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE HERRAJES Y ELEMENTOS PARA TEMPLETE DIRECTO A TIERRA. ALTA TENSIÓN HASTA 13.2 kV.			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MATERIALES				
GRAPA PRENSORA 3 PERNOS PARA CABLE DE ACERO 1/4"	U	4	\$ 5 900	\$ 23 600
GUARDACABO PARA CABLE DE ACERO 1/2"	U	1	\$ 800	\$ 800
VARILLA DE ANCLAJE GALVANIZADA DE 5/8x1,80	U	1	\$ 18 500	\$ 18 500
ARANDELA CUADRADA PLANA DE 4x4x5/8"	U	1	\$ 2 500	\$ 2 500
CABLE DE ACERO GALVANIZADO DE 1/4 SÚPER GX	m	16	\$ 1 100	\$ 17 600
AISLADOR TIPO TENSOR A 13.2 kV DE 4.1/4" ANSI 54-2	U	1	\$ 6 050	\$ 6 050

VIGUETA DE CONCRETO PARA ANCLAJE 0,16x0,16x0,24 - 2.500 Psi	U	1	\$ 3 700	\$ 3 700
<i>SUBTOTAL MATERIALES</i>				\$ 72 750
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
EQUIPO				
HERRAMIENTAS MENORES	U	0,5	\$ 10 000	\$ 5 000
<i>SUBTOTAL EQUIPO</i>				\$ 5 000
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
TRANSPORTE				
CAMIONETA	U	0,07	\$ 85 000	\$ 5 950
<i>SUBTOTAL TRANSPORTE</i>				\$ 5 950
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MANO DE OBRA				
MAESTRO	H	1,5	\$ 9 500	\$ 14 250
AUXILIAR	H	1,5	\$ 5 300	\$ 7 950
<i>SUBTOTAL MANO DE OBRA</i>				\$ 22 200
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 105 900

10699	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE HERRAJES Y ELEMENTOS PARA BAJANTE A TIERRA. ALTA TENSIÓN TRIFÁSICA.			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MATERIALES				
VARILLA COBRE 5/8 x2,4 m	U	2	\$ 94 050	\$ 188 100
CONECTOR BIMETÁLICO 6-2/0 AWG	U	1	\$ 4 810	\$ 4 810
CONECTOR PARA VARILLA A TIERRA	U	2	\$ 5 250	\$ 10 500
CABLE DE COBRE DESNUDO 4 AWG 7 HILOS	m	12	\$ 4 307	\$ 51 684
CINTA BANDIT DE 5/8	m	3	\$ 2 300	\$ 6 900
HEBILLA PARA CINTA BANDIT	U	3	\$ 590	\$ 1 770
TUBO METÁLICO GALVANIZADO 1/2" x 3 m	U	1	\$ 23 000	\$ 23 000
<i>SUBTOTAL MATERIALES</i>				\$ 286 764
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
EQUIPO				
HERRAMIENTAS MENORES	U	0,5	\$ 10 000	\$ 5 000
<i>SUBTOTAL EQUIPO</i>				\$ 5 000
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
TRANSPORTE				
CAMIONETA	U	0,07	\$ 85 000	\$ 5 950
<i>SUBTOTAL TRANSPORTE</i>				\$ 5 950
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MANO DE OBRA				
MAESTRO	H	1,2	\$ 9 500	\$ 11 400
AUXILIAR	H	1,2	\$ 5 300	\$ 6 360
<i>SUBTOTAL MANO DE OBRA</i>				\$ 17 760
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 315 474

10750	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE UN CONDUCTOR ACSR No. 2 AWG PARA ALTA TENSIÓN			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MATERIALES				
CABLE DE ALUMINIO ACSR # 2 AWG SPARROW	m	1	\$ 1 050	\$ 1 050
SUBTOTAL MATERIALES				\$ 1 050
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
EQUIPO				
HERRAMIENTAS CABLE	U	0,01	\$ 10 000	\$ 100
SUBTOTAL EQUIPO				\$ 100
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
TRANSPORTE				
CAMIONETA	U	0,007	\$ 85 000	\$ 595
SUBTOTAL TRANSPORTE				\$ 595
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MANO DE OBRA				
MAESTRO	H	0,05	\$ 9 500	\$ 475
AUXILIAR	H	0,05	\$ 5 300	\$ 265
SUBTOTAL MANO DE OBRA				\$ 740
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 2 485

41701	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE UNA CAJA CORTACIRCUITOS DE 15 kV 100 A. 10 kV- BIL.			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MATERIALES				
CAJA CORTACIRCUITOS 15 kV, 100 A	U	1	\$ 81 600	\$ 81 600
HILO FUSIBLE 2 A	U	1	\$ 2 350	\$ 2 350
SUBTOTAL MATERIALES				\$ 83 950
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
EQUIPO				
HERRAMIENTAS MENORES	U	0,5	\$ 10 000	\$ 5 000
SUBTOTAL EQUIPO				\$ 5 000
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
TRANSPORTE				
CAMIONETA	U	0,08	\$ 85 000	\$ 6 800
SUBTOTAL TRANSPORTE				\$ 6 800
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MANO DE OBRA				
MAESTRO	H	1,2	\$ 9 500	\$ 11 400
AUXILIAR	H	1,2	\$ 5 300	\$ 6 360
SUBTOTAL MANO DE OBRA				\$ 17 760
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 113 510

41704		SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE UN PARARRAYO DE 10 O 12 KV. 10 kA			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
MATERIALES					
PARARRAYO TIPO DISTRIBUCIÓN DE 12 KV. 10 kA	U	1	\$ 78 800	\$ 78 800	
SUBTOTAL MATERIALES				\$ 78 800	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
EQUIPO					
HERRAMIENTAS MENORES	U	0,5	\$ 10 000	\$ 5 000	
SUBTOTAL EQUIPO				\$ 5 000	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
TRANSPORTE					
CAMIONETA	U	0,08	\$ 85 000	\$ 6 800	
SUBTOTAL TRANSPORTE				\$ 6 800	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
MANO DE OBRA					
MAESTRO	H	1,2	\$ 9 500	\$ 11 400	
AUXILIAR	H	1,2	\$ 5 300	\$ 6 360	
SUBTOTAL MANO DE OBRA				\$ 17 760	
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 108 360	

999992		CERTIFICACIÓN			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
MATERIALES					
SUBTOTAL MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
EQUIPO					
MEDIDA DE TIERRA	U	0,5	\$ 40 000	\$ 20 000	
SUBTOTAL EQUIPO				\$ 20 000	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
TRANSPORTE					
CAMIONETA	U	2	\$ 85 000	\$ 170 000	
SUBTOTAL TRANSPORTE				\$ 170 000	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
MANO DE OBRA					
ENTIDAD CERTIFICADORA	U	1	\$ 3 000 000	\$ 3 000 000	
SUBTOTAL MANO DE OBRA				\$ 3 000 000	
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 3 190 000	

999998		VALLA PUBLICITARIA PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
MATERIALES					
VALLA PUBLICITARIA	U	1	\$ 600 000	\$ 600 000	
SUBTOTAL MATERIALES				\$ 600 000	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
EQUIPO					
HERRAMIENTAS MENORES	U	0,5	\$ 10 000	\$ 5 000	
SUBTOTAL EQUIPO				\$ 5 000	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
TRANSPORTE					
CAMIONETA	U	0,2	\$ 85 000	\$ 17 000	
SUBTOTAL TRANSPORTE				\$ 17 000	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
MANO DE OBRA					
AUXILIAR	H	1	\$ 5 300	\$ 5 300	
SUBTOTAL MANO DE OBRA				\$ 5 300	
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 627 300	

39		REPLANTEO RED BAJA TENSIÓN			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
EQUIPO					
EQUIPO DE MEDIDA	U	1	\$ 40	\$ 40	
SUBTOTAL EQUIPO				\$ 40	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
TRANSPORTE					
TRANSPORTE VARIOS	U	0,9	\$ 10	\$ 9	
SUBTOTAL TRANSPORTE				\$ 9	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
MANO DE OBRA					
TOPÓGRAFO	H	0,014	\$ 12 600	\$ 176	
CADENEROS	H	0,014	\$ 8 100	\$ 113	
SUBTOTAL MANO DE OBRA				\$ 290	
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 339	

10006	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE POSTE DE CONCRETO. 8 m TR 510 kg			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MATERIALES				
POSTE DE CONCRETO DE 8 m TENSIÓN DE ROTURA 510 kg	U	1	\$ 336 400	\$ 336 400
<i>SUBTOTAL MATERIALES</i>				\$ 336 400
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
EQUIPO				
<i>SUBTOTAL EQUIPO</i>				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
TRANSPORTE				
TRANSPORTE POSTE	U	1,000	\$ 85 000	\$ 85 000
GRÚA MECÁNICA	U	0,500	\$ 140 000	\$ 70 000
CAMIONETA	U	0,500	\$ 85 000	\$ 42 500
<i>SUBTOTAL TRANSPORTE</i>				\$ 197 500
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MANO DE OBRA				
INGENIERO	H	0,500	\$ 19 200	\$ 9 600
MAESTRO	H	1,500	\$ 9 500	\$ 14 250
AYUDANTE	H	1,500	\$ 5 300	\$ 7 950
<i>SUBTOTAL MANO DE OBRA</i>				\$ 31 800
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 565 700
20306	PREPARACIÓN EN CONCRETO 2500 PSI			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MATERIALES				
AGUA	L	170	\$ 200	\$ 34 000
ARENA LAVADA	m ³	0,80	\$ 40 000	\$ 32 000
TRITURADO	m ³	0,75	\$ 52 000	\$ 39 000
CEMENTO	KG	350	\$ 400	\$ 140 000
<i>SUBTOTAL MATERIALES</i>				\$ 245 000
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
EQUIPO				
HERRAMIENTAS OBRA CIVIL	U	0,30	\$ 10 000	\$ 3 000
<i>SUBTOTAL EQUIPO</i>				\$ 3 000
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
TRANSPORTE				
CAMIONETA	U	0,08	\$ 85 000	\$ 6 800
<i>SUBTOTAL TRANSPORTE</i>				\$ 6 800
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MANO DE OBRA				
MAESTRO	H	1,80	\$ 9 500	\$ 17 100
AUXILIAR	H	1,80	\$ 5 300	\$ 9 540
<i>SUBTOTAL MANO DE OBRA</i>				\$ 26 640
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 281 440

999995	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE HERRAJES EN POSTE O TORRECILLA PARA ESTRUCTURA RA4-001			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MATERIALES				
PERCHAS DE 1 PUESTO TIPO TP	U	1	\$ 5 900	\$ 5 900
AISLADOR TIPO CARRETE	U	1	\$ 2 354	\$ 2 354
PERNO DE MAQUINA DE 5/8 x 8	U	2	\$ 2 700	\$ 5 400
ARANDELA PLANA DE 5/8	U	2	\$ 580	\$ 1 160
ARANDELA DE PRESIÓN DE 5/8"	U	2	\$ 200	\$ 400
ACCESORIOS	U	20	\$ 100	\$ 2 000
SUBTOTAL MATERIALES				\$ 15 214
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
EQUIPO				
HERRAMIENTAS MENORES	U	0,1	\$ 10 000	\$ 1 000
SUBTOTAL EQUIPO				\$ 1 000
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
TRANSPORTE				
CAMIONETA	U	0,03	\$ 85 000	\$ 2 550
SUBTOTAL TRANSPORTE				\$ 2 550
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MANO DE OBRA				
MAESTRO	H	1	\$ 9 500	\$ 9 500
AUXILIAR	H	1	\$ 5 300	\$ 5 300
SUBTOTAL MANO DE OBRA				\$ 14 800
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 33 564

999994	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE HERRAJES EN POSTE O TORRECILLA PARA ESTRUCTURA RA4-002			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MATERIALES				
PERCHAS DE 1 PUESTO TIPO TP	U	1	\$ 5 900	\$ 5 900
AISLADOR TIPO CARRETE	U	1	\$ 2 354	\$ 2 354
PERNO DE MAQUINA DE 5/8 x 8	U	1	\$ 2 700	\$ 2 700
CINTA BANDIT DE 5/8	m	3	\$ 2 300	\$ 6 900
HEBILLA PARA CINTA BANDIT	U	3	\$ 590	\$ 1 770
CONECTOR DE COMPRESIÓN PARA 6 A 1/0 DERIVACIÓN 6 A 1/0	U	3	\$ 10 300	\$ 30 900
ACCESORIOS	U	10	\$ 100	\$ 1 000
SUBTOTAL MATERIALES				\$ 51 524

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
EQUIPO				
HERRAMIENTAS MENORES	U	0,1	\$ 10 000	\$ 1 000
<i>SUBTOTAL EQUIPO</i>				\$ 1 000
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
TRANSPORTE				
CAMIONETA	U	0,03	\$ 85 000	\$ 2 550
<i>SUBTOTAL TRANSPORTE</i>				\$ 2 550
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MANO DE OBRA				
MAESTRO	H	1	\$ 9 500	\$ 9 500
AUXILIAR	H	1	\$ 5 300	\$ 5 300
<i>SUBTOTAL MANO DE OBRA</i>				\$ 14 800
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 69 874

999993	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE HERRAJES EN POSTE O TORRECILLA PARA ESTRUCTURA RA4-003			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MATERIALES				
PERCHAS DE 1 PUESTO TIPO TP	U	1	\$ 5 900	\$ 5 900
AISLADOR TIPO CARRETE	U	2	\$ 2 354	\$ 4 708
PERNO DE MAQUINA DE 5/8 x 8	U	2	\$ 2 700	\$ 5 400
ARANDELA PLANA DE 5/8	U	2	\$ 565	\$ 1 130
ARANDELA DE PRESIÓN DE 5/8"	U	2	\$ 200	\$ 400
ACCESORIOS	U	10	\$ 100	\$ 1 000
<i>SUBTOTAL MATERIALES</i>				\$ 18 538
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
EQUIPO				
HERRAMIENTAS MENORES	U	0,10	\$ 10 000	\$ 1 000
<i>SUBTOTAL EQUIPO</i>				\$ 1 000
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
TRANSPORTE				
CAMIONETA	U	0,02	\$ 85 000	\$ 1 700
<i>SUBTOTAL TRANSPORTE</i>				\$ 1 700
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MANO DE OBRA				
MAESTRO	H	1	\$ 9 500	\$ 9 500
AUXILIAR	H	1	\$ 5 300	\$ 5 300
<i>SUBTOTAL MANO DE OBRA</i>				\$ 14 800
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 36 038

999992	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE HERRAJES EN POSTE O TORRECILLA PARA ESTRUCTURA RA4-004			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MATERIALES				
PERCHAS DE 1 PUESTO TIPO TP	U	2	\$ 5 900	\$ 11 800
AISLADOR TIPO CARRETE	U	2	\$ 2 354	\$ 4 708
PERNO DE MAQUINA DE 5/8 x 8	U	2	\$ 2 700	\$ 5 400
ARANDELA PLANA DE 5/8	U	2	\$ 580	\$ 1 160
ARANDELA DE PRESIÓN DE 5/8"	U	2	\$ 200	\$ 400
CINTA BANDIT DE 5/8	m	3	\$ 2 300	\$ 6 900
HEBILLA PARA CINTA BANDIT	U	3	\$ 590	\$ 1 770
CONECTOR DE COMPRESIÓN PARA 6 A 1/0	U	3	\$ 10 300	\$ 30 900
ACCESORIOS	U	20	\$ 100	\$ 2 000
SUBTOTAL MATERIALES				\$ 65 038
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
EQUIPO				
HERRAMIENTAS MENORES	U	0,2	\$ 10 000	\$ 2 000
SUBTOTAL EQUIPO				\$ 2 000
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
TRANSPORTE				
CAMIONETA	U	0,03	\$ 85 000	\$ 2 550
SUBTOTAL TRANSPORTE				\$ 2 550
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MANO DE OBRA				
MAESTRO	H	1,2	\$ 9 500	\$ 11 400
AUXILIAR	H	1,2	\$ 5 300	\$ 6 360
SUBTOTAL MANO DE OBRA				\$ 17 760
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 87 348

10687	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE HERRAJES Y ELEMENTOS PARA TEMPLETE DIRECTO A TIERRA. BAJA TENSIÓN. [REF. ESTRUCTURA 2]			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MATERIALES				
GRAPA PRENSORA 3 PERNOS PARA CABLE DE ACERO 1/4"	U	2	\$ 5 900	\$ 11 800
GUARDACABO PARA CABLE DE ACERO 1/2"	U	1	\$ 800	\$ 800
VARILLA DE ANCLAJE GALVANIZADA DE 5/8x1,80	U	1	\$ 18 500	\$ 18 500
ARANDELA CUADRADA PLANA DE 4x4x5/8"	U	1	\$ 2 500	\$ 2 500
CABLE DE ACERO GALVANIZADO DE 1/4 SÚPER	m	12	\$ 1 100	\$ 13 200
VIGUETA DE CONCRETO PARA ANCLAJE 0,16x0,16x0,24 - 2.500 Psi	U	1	\$ 3 700	\$ 3 700
SUBTOTAL MATERIALES				\$ 50 500

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
EQUIPO				
HERRAMIENTAS CABLE	U	0,40	\$ 10 000	\$ 4 000
<i>SUBTOTAL EQUIPO</i>				\$ 4 000
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
TRANSPORTE				
CAMIONETA	U	0,10	\$ 85 000	\$ 8 500
<i>SUBTOTAL TRANSPORTE</i>				\$ 8 500
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MANO DE OBRA				
MAESTRO	H	1,00	\$ 9 500	\$ 9 500
AUXILIAR	H	1,00	\$ 5 300	\$ 5 300
<i>SUBTOTAL MANO DE OBRA</i>				\$ 14 800
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 77 800

10693	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE HERRAJES Y ELEMENTOS PARA BAJANTE A TIERRA, BAJA TENSIÓN			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MATERIALES				
VARILLA COOPERWELD DE 5/8x2,40 m PARA CONEXIÓN A TIERRA	U	1	\$ 94 050	\$ 94 050
CONECTOR BIMETÁLICO 6-2/0 AWG	U	1	\$ 4 810	\$ 4 810
CONECTOR PARA VARILLA A TIERRA	U	1	\$ 5 250	\$ 5 250
CABLE DE COBRE DESNUDO 4 AWG 7 HILOS	m	8	\$ 4 307	\$ 34 456
CINTA BANDIT DE 5/8	m	3	\$ 2 300	\$ 6 900
HEBILLA PARA CINTA BANDIT	U	3	\$ 590	\$ 1 770
TUBO METÁLICO GALVANIZADO 1/2" x 3 m	U	1	\$ 23 000	\$ 23 000
<i>SUBTOTAL MATERIALES</i>				\$ 170 236
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
EQUIPO				
HERRAMIENTAS MENORES	U	0,40	\$ 10 000	\$ 4 000
<i>SUBTOTAL EQUIPO</i>				\$ 4 000
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
TRANSPORTE				
CAMIONETA	U	0,07	\$ 85 000	\$ 5 950
<i>SUBTOTAL TRANSPORTE</i>				\$ 5 950
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MANO DE OBRA				
MAESTRO	H	1,20	\$ 9 500	\$ 11 400
AUXILIAR	H	1,20	\$ 5 300	\$ 6 360
<i>SUBTOTAL MANO DE OBRA</i>				\$ 17 760
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 199 196

43530 SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE CABLE TRENZADO DÚPLEX 600 V. 4+4 NEUTRO EN ACSR DESNUDO				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MATERIALES				
CABLE TRENZADO DÚPLEX 600 V. 4+4 NEUTRO EN ACSR DESNUDO	m	1	\$ 2 720	\$ 2 720
<i>SUBTOTAL MATERIALES</i>				\$ 2 720
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
EQUIPO				
HERRAMIENTAS MENORES	U	0,01	\$ 10 000	\$ 100
<i>SUBTOTAL EQUIPO</i>				\$ 100
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
TRANSPORTE				
CAMIONETA	U	0,01	\$ 85 000	\$ 850
<i>SUBTOTAL TRANSPORTE</i>				\$ 850
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MANO DE OBRA				
MAESTRO	H	0,04	\$ 9 500	\$ 380
AUXILIAR	H	0,04	\$ 5 300	\$ 212
<i>SUBTOTAL MANO DE OBRA</i>				\$ 592
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 4 262

43529 SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE CABLE TRENZADO TRIPLEX 600 V. 2x4+4 NEUTRO EN ACSR DESNUDO				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MATERIALES				
CABLE TRENZADO TRIPLEX 600 V. 2x4+4 NEUTRO EN ACSR DESNUDO	m	1	\$ 7 270	\$ 7 270
<i>SUBTOTAL MATERIALES</i>				\$ 7 270
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
EQUIPO				
HERRAMIENTAS MENORES	U	0,01	\$ 10 000	\$ 100
<i>SUBTOTAL EQUIPO</i>				\$ 100
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
TRANSPORTE				
CAMIONETA	U	0,01	\$ 85 000	\$ 850
<i>SUBTOTAL TRANSPORTE</i>				\$ 850
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MANO DE OBRA				
MAESTRO	H	0,04	\$ 9 500	\$ 380
AUXILIAR	H	0,04	\$ 5 300	\$ 212
<i>SUBTOTAL MANO DE OBRA</i>				\$ 592
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 8 812

42800	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE UN CONTADOR DE MEDIDA DIRECTA MONOFÁSICO BIFILAR DE 15 (60) A.			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
VARILLA COOPERWELD DE 5/8x2,4 m	U	1	\$ 94 050	\$ 94 050
ALAMBRE CU Nº 8	m	3	\$ 2 349	\$ 7 047
BREAKER AUTOMÁTICO 1x20 A	U	1	\$ 9 966	\$ 9 966
CAJA CONTADOR MONOFÁSICO	U	1	\$ 25 899	\$ 25 899
CONTADOR MONOFÁSICO BIFILAR 15 (60)A	U	1	\$ 63 000	\$ 63 000
ACCESORIOS	U	5	\$ 100	\$ 500
SUBTOTAL MATERIALES				\$ 200 462
EQUIPO				
EQUIPO DE MEDIDA	U	0,300	\$ 10 000	\$ 3 000
SUBTOTAL EQUIPO				\$ 3 000
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
TRANSPORTE				
CAMIONETA	U	0,050	\$ 85 000	\$ 4 250
SUBTOTAL TRANSPORTE				\$ 4 250
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MANO DE OBRA				
MAESTRO	H	1,000	\$ 9 500	\$ 9 500
AUXILIAR	H	1,000	\$ 5 300	\$ 5 300
SUBTOTAL MANO DE OBRA				\$ 14 800
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 222 512
42806	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE MATERIALES PARA SALIDA A 110 V PARA TOMACORRIENTE			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MATERIALES				
TUBO PVC 1/2 x3 m	U	3	\$ 2 000	\$ 6 000
ADAPTADOR PVC 1/2	U	4	\$ 140	\$ 560
ALAMBRE DE COBRE # 12 AWG	m	15	\$ 700	\$ 10 500
TOMA DOBLE CON POLO A TIERRA ARBITRAE	U	1	\$ 3 899	\$ 3 899
CAJA RECTANGULAR PLÁSTICA	U	1	\$ 370	\$ 370
ACCESORIOS	U	5	\$ 100	\$ 500
SUBTOTAL MATERIALES				\$ 21 829
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
EQUIPO				
HERRAMIENTAS MENORES	U	0,06	\$ 10 000	\$ 600
SUBTOTAL EQUIPO				\$ 600
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL

TRANSPORTE				
CAMIONETA	U	0,05	\$ 85 000	\$ 4 250
<i>SUBTOTAL TRANSPORTE</i>				\$ 4 250
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MANO DE OBRA				
MAESTRO	H	0,50	\$ 9 500	\$ 4 750
AUXILIAR	H	0,50	\$ 5 300	\$ 2 650
<i>SUBTOTAL MANO DE OBRA</i>				\$ 7 400
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 34 079
42807	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE MATERIALES PARA SALIDA A 110 V PARA LUZ CON INTERRUPTOR			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MATERIALES				
TUBO PVC 1/2 x3 m	U	3	\$ 2 000	\$ 6 000
ADAPTADOR PVC 1/2	U	4	\$ 140	\$ 560
ALAMBRE DE COBRE # 12	m	12	\$ 700	\$ 8 400
CAJA RECTANGULAR PLÁSTICA	U	1	\$ 370	\$ 370
CAJA OCTOGONAL PLÁSTICA	U	1	\$ 550	\$ 550
INTERRUPTOR SENCILLO ARBITRAE	U	1	\$ 3 250	\$ 3 250
PLAFÓN PLÁSTICO	U	1	\$ 1 300	\$ 1 300
ACCESORIOS	U	5	\$ 100	\$ 500
<i>SUBTOTAL MATERIALES</i>				\$ 20 930
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
EQUIPO				
HERRAMIENTAS MENORES	U	0,06	\$ 10 000	\$ 600
<i>SUBTOTAL EQUIPO</i>				\$ 600
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
TRANSPORTE				
CAMIONETA	U	0,05	\$ 85 000	\$ 4 250
<i>SUBTOTAL TRANSPORTE</i>				\$ 4 250
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MANO DE OBRA				
MAESTRO	H	0,50	\$ 9 500	\$ 4 750
AUXILIAR	H	0,50	\$ 5 300	\$ 2 650
<i>SUBTOTAL MANO DE OBRA</i>				\$ 7 400
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 33 180

43346	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE CABLEADO CONCÉNTRICO 1*8+8 AWG PARA ACOMETIDA MONOFÁSICA BIFILAR			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MATERIALES				
CABLE CON NEUTRO CONCÉNTRICO 2X8 AWG	m	10	\$ 5 360	\$ 53 600
CONECTOR CUÑA	U	3	\$ 9 600	\$ 28 800
CONECTOR DERIVACIÓN COMPRESIÓN TIPO H 2-14 ACSR-AWG	U	2	\$ 6 600	\$ 13 200
CAJA PLÁSTICA HERMÉTICA TIPO INTEMPERIE PARA MEDIDOR MONOFÁSICO CON BREAKER	U	1	\$ 28 000	\$ 28 000
GRAPA METÁLICA GALVANIZADA EN CALIENTE CON DOS ORIFICIOS.	U	4	\$ 200	\$ 800
AISLADOR DE PORCELANA TIPO CARRETE DE 54 MM. INCLUYE TORNILLO	U	2	\$ 2 354	\$ 4 708
PERCHA 1 PUESTO	U	1	\$ 5 900	\$ 5 900
CINTA BAND-IT DE 5/8	m	3	\$ 2 300	\$ 6 900
HEBILLA CINTA 5/8"	U	3	\$ 590	\$ 1 770
ACCESORIOS	U	10	\$ 1 000	\$ 10 000
SUBTOTAL MATERIALES				153 678
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
EQUIPO				
HERRAMIENTAS MENORES	U	0,60	\$ 10 000	\$ 6 000
SUBTOTAL EQUIPO				\$ 6 000
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
TRANSPORTE				
CAMIONETA	U	0,30	\$ 85 000	\$ 25 500
SUBTOTAL TRANSPORTE				\$ 25 500
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MANO DE OBRA				
MAESTRO	H	2,00	\$ 9 500	\$ 19 000
AUXILIAR	H	2,00	\$ 5 300	\$ 10 600
SUBTOTAL MANO DE OBRA				\$ 29 600
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 214 778

43190	SUMINISTRO TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE ACCESORIOS PARA ACOMETIDA MONOFÁSICA EN CABLE CONCÉNTRICO COBRE AISLADO 2x8 AWG			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MATERIALES				
TUBO PVC 3/4x3 m	U	2	\$ 2 600	\$ 5 200
TUBERÍA PVC CONDUFLEX DE 1/2" INCLUYE TERMINAL CONDUIT DE 1/2"	m	1	\$ 500	\$ 500
CURVA PVC 3/4	U	1	\$ 300	\$ 300
CAJA DISTRIBUCIÓN MONOFÁSICA 4 CIRCUITOS	U	1	\$ 19 750	\$ 19 750
CABLE FLEXIBLE 2XN° 12 TIPO NM CON GRAPAS	m	5	\$ 3 000	\$ 15 000
CABLE FLEXIBLE 3XN° 12 TIPO NM CON GRAPAS	m	5	\$ 3 800	\$ 19 000
BREAKER MONOPOLAR ATORNILLABLE DE 15 A TERMOMAGNÉTICO	U	3	\$ 10 000	\$ 30 000

CONECTOR DERIVACIÓN COMPRESIÓN TIPO H 2-6 ACSR-AWG	U	1	\$ 7 900	\$ 7 900
CINTA BANDIT DE 5/8	m	3	\$ 2 300	\$ 6 900
HEBILLA PARA CINTA BANDIT	U	3	\$ 590	\$ 1 770
ACCESORIOS	U	10	\$ 1 000	\$ 10 000
SUBTOTAL MATERIALES				\$ 116 320
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
EQUIPO				
HERRAMIENTAS MENORES	U	0,50	\$ 10 000	\$ 5 000
SUBTOTAL EQUIPO				\$ 5 000
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
TRANSPORTE				
CAMIONETA	U	0,20	\$ 85 000	\$ 17 000
SUBTOTAL TRANSPORTE				\$ 17 000
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MANO DE OBRA				
MAESTRO	H	2,00	\$ 9 500	\$ 19 000
AUXILIAR	H	2,00	\$ 5 300	\$ 10 600
SUBTOTAL MANO DE OBRA				\$ 29 600
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 167 920

43268	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE CONTADOR DE MEDIDA DIRECTA BIFÁSICO TRIFILAR DE 15 (60) A			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
VARILLA COOPERWELD DE 5/8x2,4 m	U	1	\$ 94 050	\$ 94 050
ALAMBRE CU Nº 8	m	3	\$ 2 349	\$ 7 047
BREAKER AUTOMÁTICO 2x30 A	U	1	\$ 20 500	\$ 20 500
CAJA CONTADOR MONOFÁSICO	U	1	\$ 25 899	\$ 25 899
CONTADOR MONOFÁSICO TRIFILAR 15(60) A	U	1	\$ 165 500	\$ 165 500
ACCESORIOS	U	5	\$ 1 000	\$ 5 000
SUBTOTAL MATERIALES				\$ 317 996
EQUIPO				
EQUIPO DE MEDIDA	U	0,30	\$ 10 000	\$ 3 000
SUBTOTAL EQUIPO				\$ 3 000
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
TRANSPORTE				
CAMIONETA	U	0,05	\$ 85 000	\$ 4 250
SUBTOTAL TRANSPORTE				\$ 4 250
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MANO DE OBRA				
MAESTRO	H	2,00	\$ 9 500	\$ 19 000
AUXILIAR	H	2,00	\$ 5 300	\$ 10 600
SUBTOTAL MANO DE OBRA				\$ 29 600
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 354 846

43273	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE ACCESORIOS PARA ACOMETIDA TRIFILAR EN CABLE CONCÉNTRICO COBRE AISLADO 3x8 AWG			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MATERIALES				
TUBO PVC 1"x3 m	U	2	\$ 4 100	\$ 8 200
TUBERÍA PVC CONDUFLEX DE 1/2" INCLUYE TERMINAL CONDUIT DE 1/2"	m	1	\$ 500	\$ 500
CURVA PVC 1"	U	1	\$ 450	\$ 450
CAJA DISTRIBUCIÓN MONOFÁSICA 4 CIRCUITOS	U	1	\$ 19 750	\$ 19 750
CABLE FLEXIBLE 2XN° 12 TIPO NM CON GRAPAS	m	5	\$ 3 000	\$ 15 000
CABLE FLEXIBLE 3XN° 12 TIPO NM CON GRAPAS	m	5	\$ 3 800	\$ 19 000
BREAKER MONOPOLAR ATORNILLABLE DE 15 A TERMOMAGNÉTICO	U	3	\$ 10 000	\$ 30 000
CONECTOR DERIVACIÓN COMPRESIÓN TIPO H 2-6 ACSR-AWG	U	1	\$ 7 900	\$ 7 900
CINTA BANDIT DE 5/8	m	3	\$ 2 300	\$ 6 900
HEBILLA PARA CINTA BANDIT	U	3	\$ 590	\$ 1 770
ACCESORIOS	U	10	\$ 1 000	\$ 10 000
SUBTOTAL MATERIALES				\$ 119 470
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
EQUIPO				
HERRAMIENTAS MENORES	U	0,50	\$ 10 000	\$ 5 000
SUBTOTAL EQUIPO				\$ 5 000
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
TRANSPORTE				
CAMIONETA	U	0,20	\$ 85 000	\$ 17 000
SUBTOTAL TRANSPORTE				\$ 17 000
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MANO DE OBRA				
MAESTRO	H	2,00	\$ 9 500	\$ 19 000
AUXILIAR	H	2,00	\$ 5 300	\$ 10 600
SUBTOTAL MANO DE OBRA				\$ 29 600
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 171 070

43342	SUMINISTRO TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE CRUCE ACOMETIDA AÉREA PARA CONTADOR DE MEDIDA DIRECTA BIFÁSICO TRIFILAR EN CABLE CONCÉNTRICO DE 2*8+8 AWG			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MATERIALES				
CABLE CON NEUTRO CONCÉNTRICO 3X8 AWG	m	10	\$ 8 500	\$ 85 000
CONECTOR CUÑA	U	3	\$ 9 600	\$ 28 800
CONECTOR DERIVACIÓN COMPRESIÓN TIPO H 2-14 ACSR-AWG	U	2	\$ 6 600	\$ 13 200
CAJA PLÁSTICA HERMÉTICA TIPO INTEMPERIE PARA MEDIDOR MONOFÁSICO CON BREAKER	U	1	\$ 28 000	\$ 28 000

GRAPA METÁLICA GALVANIZADA EN CALIENTE CON DOS ORIFICIOS.	U	4	\$ 200	\$ 800
AISLADOR DE PORCELANA TIPO CARRETE DE 54 MM. INCLUYE TORNILLO	U	2	\$ 2 354	\$ 4 708
PERCHA 1 PUESTO	U	1	\$ 5 900	\$ 5 900
CINTA BAND-IT DE 5/8	m	3	\$ 2 300	\$ 6 900
HEBILLA CINTA 5/8"	U	3	\$ 590	\$ 1 770
ACCESORIOS	U	10	\$ 1 000	\$ 10 000
SUBTOTAL MATERIALES				\$ 185 078
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
EQUIPO				
HERRAMIENTAS MENORES	U	0,60	\$ 10 000	\$ 6 000
SUBTOTAL EQUIPO				\$ 6 000
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
TRANSPORTE				
CAMIONETA	U	0,30	\$ 85 000	\$ 25 500
SUBTOTAL TRANSPORTE				\$ 25 500
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MANO DE OBRA				
MAESTRO	H	2,00	\$ 9 500	\$ 19 000
AUXILIAR	H	2,00	\$ 5 300	\$ 10 600
SUBTOTAL MANO DE OBRA				\$ 29 600
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 246 178
43048	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE SISTEMA DE CONTRAPESO PARA MEJORAMIENTO DE RESISTIVIDAD DE PUESTAS A TIERRAS PARA TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN . (EN CABLE DE COBRE)			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
VARILLA COOPERWELD DE 5/8x2,4 m	U	1	\$ 94 050	\$ 94 050
CONECTOR VARILLA COOPERWELD	U	1	\$ 12 700	\$ 12 700
CABLE COBRE CU Nº 2 DESNUDO	m	7	\$ 7 780	\$ 54 460
ACCESORIOS	U	5	\$ 100	\$ 500
SUBTOTAL MATERIALES				\$ 161 710
EQUIPO				
EQUIPO DE MEDIDA	U	0,3	\$ 10 000	\$ 3 000
SUBTOTAL EQUIPO				\$ 3 000
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
TRANSPORTE				
CAMIONETA	U	0,05	\$ 85 000	\$ 4 250
SUBTOTAL TRANSPORTE				\$ 4 250
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MANO DE OBRA				
MAESTRO	H	1,0	\$ 9 500	\$ 9 500
AUXILIAR	H	1,0	\$ 5 300	\$ 5 300
SUBTOTAL MANO DE OBRA				\$ 14 800
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 183 760

43524		SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE TRANSFORMADOR AUTOPROTEGIDO MONOFÁSICO DE 5 kVA, 150 kV BILL 13200/240/120 [V]			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
MATERIALES					
TRANF. MONOFÁSICO A 13,2 kV DE 5 kVA AUTOPROTEGIDO	U	1	\$ 1 600 000	\$ 1 600 000	
<i>SUBTOTAL MATERIALES</i>				\$ 1 600 000	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
EQUIPO					
HERRAMIENTAS MENORES	U	1,5	\$ 10 000	\$ 15 000	
<i>SUBTOTAL EQUIPO</i>				\$ 15 000	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
TRANSPORTE					
CAMIONETA	U	0,9	\$ 85 000	\$ 76 500	
<i>SUBTOTAL TRANSPORTE</i>				\$ 76 500	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
MANO DE OBRA					
MAESTRO	H	2,5	\$ 9 500	\$ 23 750	
AUXILIAR	H	2,5	\$ 5 300	\$ 13 250	
<i>SUBTOTAL MANO DE OBRA</i>				\$ 37 000	
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 1 728 500	
43525		SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE TRANSFORMADOR AUTOPROTEGIDO MONOFÁSICO DE 10 kVA, 150 kV BILL 13200/240/120 [V]			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
MATERIALES					
TRANF. MONOFÁSICO A 13,2 kV DE 10 kVA AUTOPROTEGIDO	U	1	\$ 2 005 080	\$ 2 005 080	
<i>SUBTOTAL MATERIALES</i>				\$ 2 005 080	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
EQUIPO					
HERRAMIENTAS MENORES	U	1,50	\$ 10 000	\$ 15 000	
<i>SUBTOTAL EQUIPO</i>				\$ 15 000	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
TRANSPORTE					
CAMIONETA	U	0,90	\$ 85 000	\$ 76 500	
<i>SUBTOTAL TRANSPORTE</i>				\$ 76 500	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
MANO DE OBRA					
MAESTRO	H	2,50	\$ 9 500	\$ 23 750	
AUXILIAR	H	2,50	\$ 5 300	\$ 13 250	
<i>SUBTOTAL MANO DE OBRA</i>				\$ 37 000	
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 2 133 580	

43544		SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE MACROMEDIA BAJA TENSIÓN PARA TRANSFORMADOR MONOFÁSICO CON MEDIDOR ELECTROMECAÁNICO			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
MATERIALES					
CAJA HERMÉTICA SENCILLA PARA INTEGRADOR	U	1	\$ 28 000	\$ 28 000	
CONTADOR ELÉCTRICO MONOFÁSICO TRIFILAR DE 15 A 100 [A]	U	1	\$ 190 000	\$ 190 000	
TUBO METÁLICO GALVANIZADO 3/4" CON CAPACETE	U	1	\$ 30 250	\$ 30 250	
CINTA BANDIT DE 5/8	m	4	\$ 2 300	\$ 9 200	
ALAMBRE COBRE CALIBRE N° 6 AWG	m	21	\$ 3 561	\$ 74 781	
ACCESORIOS	U	5	\$ 500	\$ 2 500	
SUBTOTAL MATERIALES				\$ 334 731	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
EQUIPO					
HERRAMIENTAS MENORES	U	1,00	\$ 10 000	\$ 10 000	
SUBTOTAL EQUIPO				\$ 10 000	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
TRANSPORTE					
CAMIONETA	U	0,50	\$ 85 000	\$ 42 500	
SUBTOTAL TRANSPORTE				\$ 42 500	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
MANO DE OBRA					
MAESTRO	H	2,00	\$ 9 500	\$ 19 000	
AUXILIAR	H	2,00	\$ 5 300	\$ 10 600	
SUBTOTAL MANO DE OBRA				\$ 29 600	
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 416 831	

43528		SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE HERRAJES Y PROTECCIONES PARA TRANSFORMADORES MONOFÁSICO AUTOPROTEGIDO HASTA 13,2 kV.			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL	
MATERIALES					
VARILLA COBRE 5/8 x2,4 m PARA CONEXIÓN A TIERRA	U	1	\$ 94 050	\$ 94 050	
ARANDELA DE PRESIÓN DE 1/2	U	2	\$ 150	\$ 300	
ARANDELA DE PRESIÓN DE 5/8	U	2	\$ 160	\$ 320	
CONECTOR DE TORNILLO PARA VARILLA A	U	1	\$ 4 100	\$ 4 100	
CABLE DE COBRE AISLADO 600 V # 4 AWG	m	7	\$ 5 230	\$ 36 610	
CABLE DE COBRE DESNUDO 4 AWG 7 HILOS	m	15	\$ 5 070	\$ 76 050	
CINTA BANDIT DE 5/8	m	3	\$ 2 300	\$ 6 900	
HEBILLA PARA CINTA BANDIT	U	3	\$ 590	\$ 1 770	
AISLADOR TIPO PIN ANSI 55-4	U	2	\$ 11 000	\$ 22 000	

ESPIGO DE ACERO GALVANIZADO	U	2	\$ 5 600	\$ 11 200
COLLARÍN UNA SALIDA 7"- 8"	U	2	\$ 12 600	\$ 25 200
TUBO METÁLICO GALVANIZADO 1/2" x 3 m	U	1	\$ 23 000	\$ 23 000
PARARRAYO TIPO DISTRIBUCIÓN DE 12 kV. 10 kA	U	1	\$ 78 800	\$ 78 800
PERNO DE MAQUINA DE 1/2x1 1/2	U	4	\$ 700	\$ 2 800
PERNO DE MAQUINA DE 5/8 x 2	U	2	\$ 1 241	\$ 2 482
PERNO DE MAQUINA DE 5/8 x10	U	2	\$ 3 065	\$ 6 130
SUBTOTAL MATERIALES				\$ 391 712
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
EQUIPO				
HERRAMIENTAS MENORES	U	1,00	\$ 10 000	\$ 10 000
SUBTOTAL EQUIPO				\$ 10 000
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
TRANSPORTE				
CAMIONETA	U	0,50	\$ 85 000	\$ 42 500
SUBTOTAL TRANSPORTE				\$ 42 500
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/R PARCIAL
MANO DE OBRA				
MAESTRO	H	5,00	\$ 9 500	\$ 47 500
AUXILIAR	H	5,00	\$ 5 300	\$ 26 500
SUBTOTAL MANO DE OBRA				\$ 74 000
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 518 212

11.CONCLUSIONES

- ✓ Con el desarrollo de este proyecto se intenta mostrar a la Universidad Industrial de Santander como una institución facilitadora de su personal para el desarrollo de proyectos que solo persiguen el bien social y el mejoramiento de la calidad de vida de las personas residentes en las zonas rurales del departamento de Santander.
- ✓ Desde el análisis económico se puede concluir que las necesidades de una comunidad se pueden cuantificar con el fin de poder satisfacerlas como lo son el poder contar con un servicio de energía seguro y confiable los cuales brinda la nueva tecnología de la ESSA E.S.P. Para garantizar a dicha población el incremento de las expectativas de vida.
- ✓ El objetivo principal de este proyecto se cumplió a cabalidad puesto que luego de analizar todas y cada una de las variables necesarias se realizó los cálculos eléctricos y mecánicos y el diseño de la red de distribución rural en media y baja tensión para entregar un proyecto que cumple con todos los requisitos técnicos y que va de la mano con el progreso y el mejoramiento de la calidad de vida de la población rural del departamento de Santander.
- ✓ Aunque la metodología de este trabajo de grado es practica social, también fomenta la investigación en los estudiantes, ya que se hace necesario buscar bases o referencias solidas al momento de justificar las decisiones tomadas referente a procedimientos matemáticos, selección de materiales, entre otros, permitiendo a su vez que el estudiante amplíe su conocimiento en un área específica y se relacione con la normatividad existente, tanto local como nacional, ya que al haber falta de información técnica en la norma de la ESSA, fue necesario revisar las normas de otras empresas electrificadoras.
- ✓ El presente trabajo se basó en la normatividad vigente y tuvo en cuenta cada detalle, para que al momento de su ejecución se encuentre toda la información necesaria para el correcto desarrollo del proyecto y que posteriormente llegue el servicio de energía eléctrica a los usuarios de una forma confiable. Permitiendo además al estudiante poner en práctica cada conocimiento adquirido durante el proceso formativo en la Universidad Industrial de Santander.

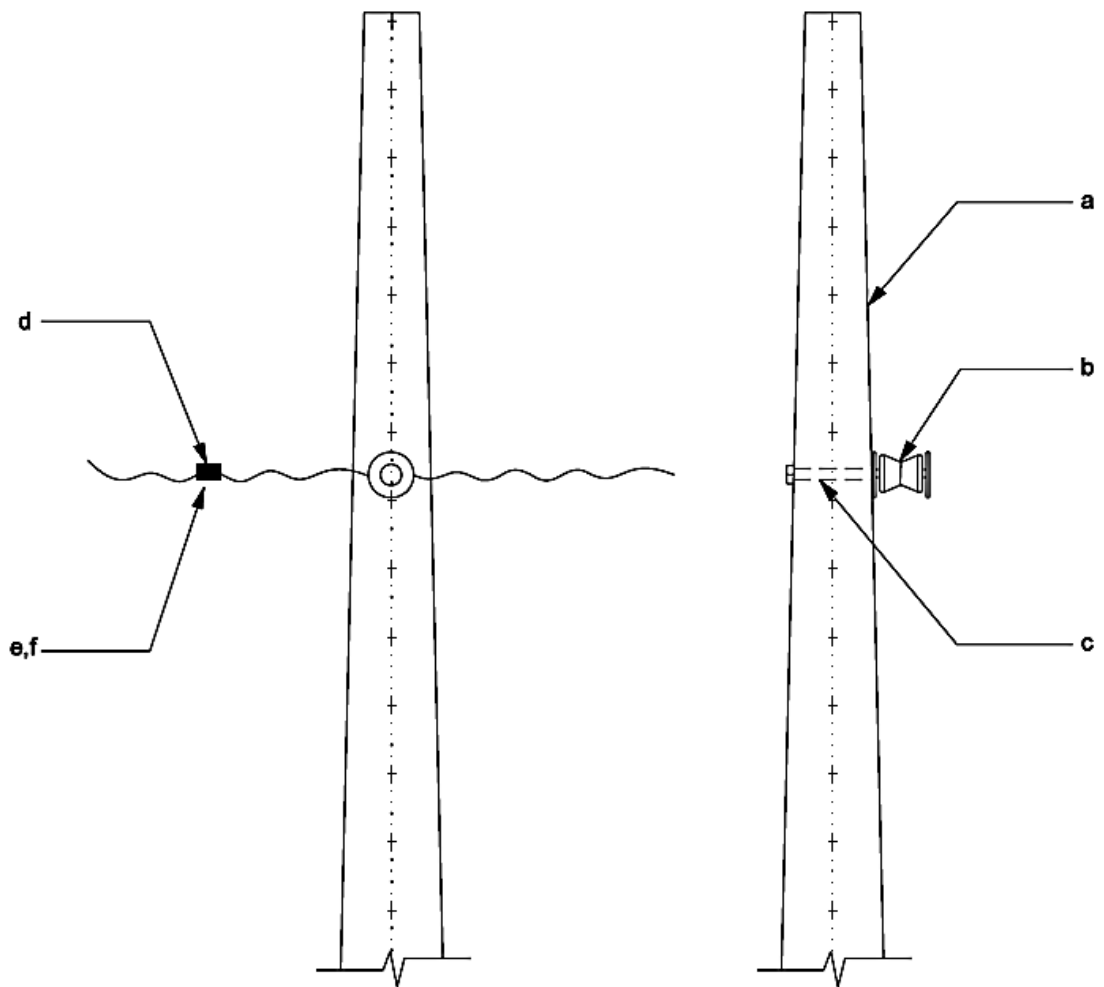
BIBLIOGRAFÍA

- ✓ CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS CONDUCTORES SELECCIONADOS: <http://www.centelsa.com.co/>
- ✓ CENTRALES ELÉCTRICAS DEL NORTE DE SANTANDER S.A. E.S.P. Tomo II, Cap. 3, Redes de media y baja tensión, 2008.
- ✓ CODENSA S.A. E.S.P. Normas de construcción y especificaciones técnicas para redes aéreas de distribución, 2001.
- ✓ CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO (NTC 2050), ICONTEC, 1998.
- ✓ COMPAÑÍA ENERGÉTICA DEL TOLIMA S.A. E.S.P., Criterios de diseño y normas para construcción de instalaciones de distribución y uso final de la energía, 2011.
- ✓ CURSO DE LÍNEAS AÉREAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA Y SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN. Ciro Jurado Jerez, 2009 y 2010.
- ✓ EMPRESA DE ENERGÍA DE BOYACÁ S.A. E.S.P., Norma de diseño de redes de distribución de energía eléctrica, 2010.
- ✓ EMPRESA DE ENERGÍA DEL PACÍFICO S.A. E.S.P., Criterios de diseño para redes de distribución, 2010.
- ✓ EMPRESA ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P., Norma para cálculo y diseño de sistemas de distribución, 2005.
- ✓ EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN, Normas técnicas para redes de distribución de energía eléctrica, 2008.
- ✓ INSTITUTO DE PLANIFICACIÓN Y PROMOCIÓN DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS, Criterios de planificación y diseño de sistemas de distribución de las zonas no interconectadas (ZNI) del país, 2002.
- ✓ NORMAS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE SUBTRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN, VOLUMEN III Y IV, Normas para construcción. Instituto Colombiano de Energía Eléctrica ICEL. 1971.
- ✓ REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE), Ministerio de Minas y Energía Colombiano, 2008.

ANEXOS

Anexo A - POSTERÍA

- RA4-001 SUSPENSIÓN SECUNDARIA

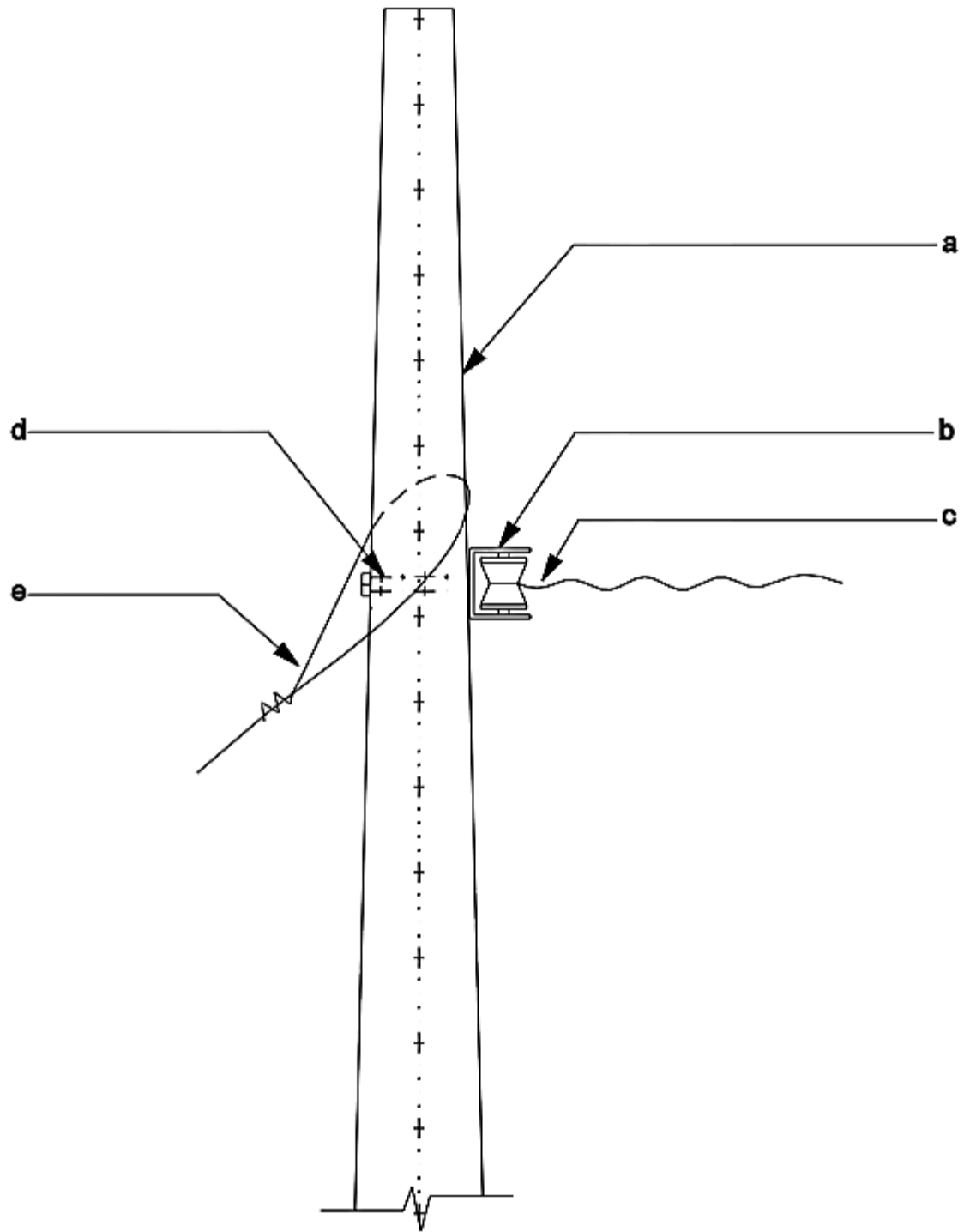


ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	REFERENCIA
a	Poste de concreto ó madera de 8 m.	–	Según proyecto
b	Aislador de porcelana tipo carrete	1	RA7-105
c	Tornillo para aislador tipo carrete de 81 mm.	1	RA7-049
d	Conector de compresión tipo derivación de aluminio (según calibre)	3	RA7-030
e	Cinta autofundente	–	–
f	Cinta plástica	–	–

NOTAS:

1. Dimensiones en milímetros.
2. Colocar dos tipos de encintado traslapado 50% para cada tipo de cinta.
3. Sí el poste es de 12.00 m, la longitud del tornillo para aislador es de 540 mm y su agujero de anclaje puede ser A12, A13, ó A14.
4. La longitud de empotramiento del poste (m)=10% de la altura total del poste + 0.60 m.
5. En zonas contaminadas o costeras utilizar poste de resina o plástico reforzado en fibra de vidrio RA7-036.
6. En caso de utilizar torrecilla metálica, emplear 1 tornillo de 1/2 x 1 1/2" galvanizado, en remplazo del tornillo para aislador carrete.
7. En zonas costeras o contaminadas emplear elementos metálicos extragalvanizados o en acero recubierto de cobre, según norma RA7-001.

- RA4-003 TERMINAL SECUNDARIA

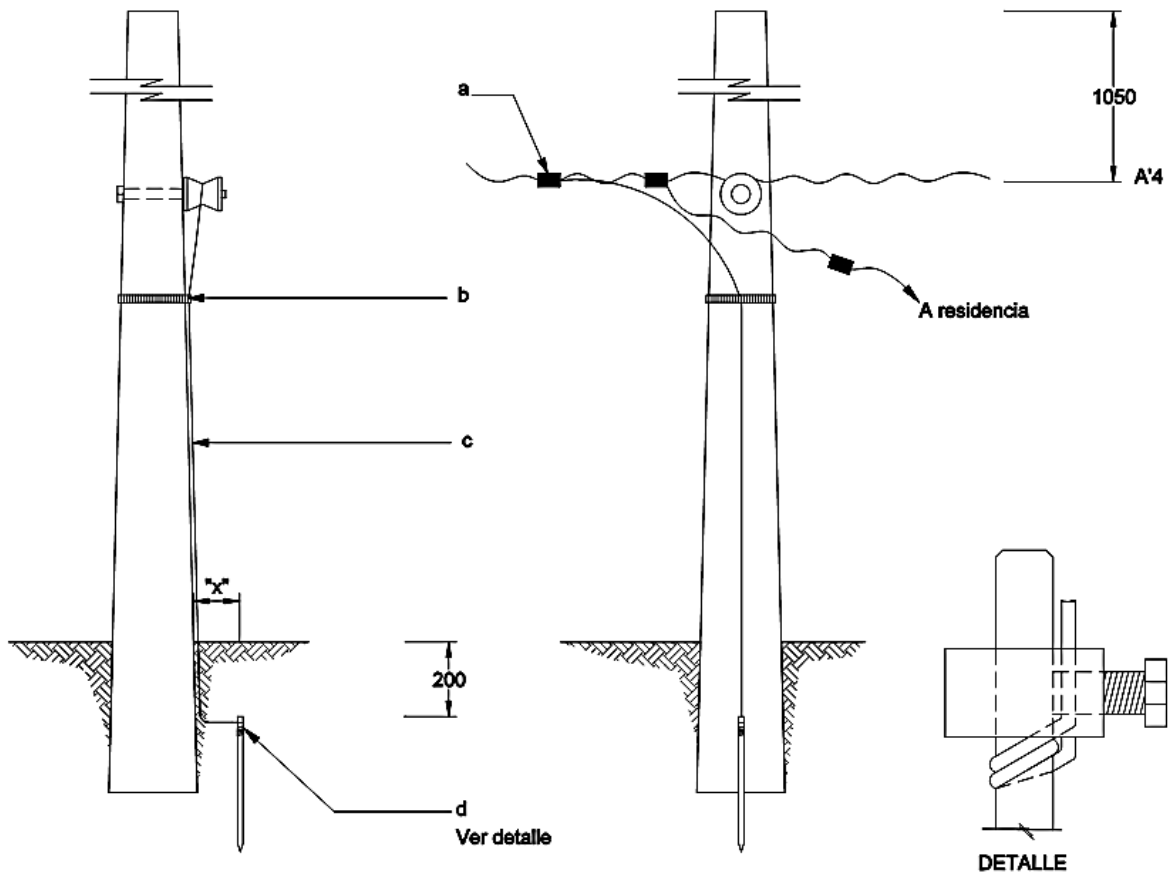


ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	REFERENCIA
a	Poste de concreto ó madera 8 m. (Nota 4)	–	Según proyecto
b	Percha acanalada	1	RA7-019
c	Aislador porcelana tipo carrete de 81 mm.	1	RA7-105
d	Tornillo de 15.9 (5/8") x 200 mm (8").	1	RA7-001
e	Instalación de viento (Nota 5)	–	Según proyecto

NOTAS:

1. Dimensiones en milímetros.
2. Sí el poste es de 12.00 m, la longitud del tornillo para aislador es de 540 mm y su agujero de anclaje puede ser A12, A13, ó A14.
3. La longitud de empotramiento del poste (m)=10% de la altura total del poste + 0.60 m.
4. En zonas contaminadas o costeras utilizar poste de resina o plástico reforzado en fibra de vidrio RA7-036.
5. En zonas contaminadas o costeras utilizar cables con hilos de acero recubierto de cobre.
6. En caso de utilizar torrecilla metálica, emplear 1 tornillo de 1/2 x 1 1/2" galvanizado, en remplazo del tornillo de 15.9x200 mm.
7. En zonas costeras o contaminadas emplear elementos metálicos extragalvanizados o en acero recubierto de cobre, según norma RA7-001.

- RA4-017 POSTE DE ACOMETIDA SECUNDARIA RURAL



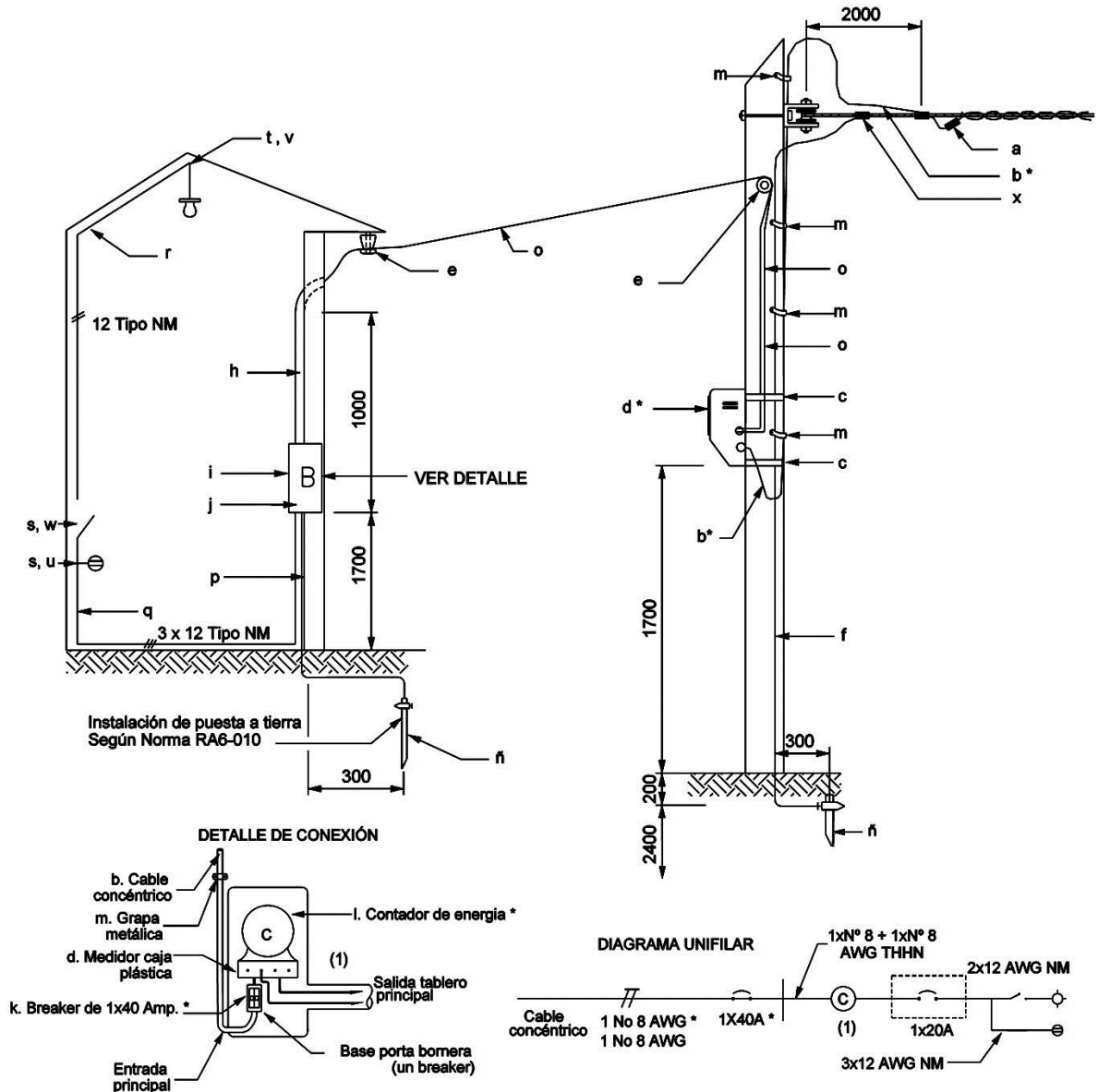
d	Varilla para puesta a tierra (L= 2.40 m)	1	RA7-017
c	Alambre de cobre N°4 AWG.	8 m.	
b	Correa Plástica	1	
a	Conector de compresión tipo derivación (calibre según proyecto)	1	RA7-030
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	REFERENCIA

NOTAS:

1. Dimensiones en milímetros.
2. "x" debe ser mayor a 600 mm, la varilla no debe quedar en el concreto.
3. Se debe garantizar una resistencia de tierra menor o igual a 5Ω . Si no se obtiene se debe reforzar por medio de mallas de tierra, varillas adicionales o cualquier otro medio que garantice este valor.

Anexo B. INSTALACIÓN DOMICILIARIA

- RA4-020 INSTALACIÓN DOMICILIARIA RESIDENCIAL – CASO 3B
INSTALACIÓN ACOMETIDA AÉREA RURAL



En la tabla siguiente, se detallan los materiales a utilizar en la acometida aérea rural:

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD DE OBRA	NORMA
a.	Conector derivación compresión. Tipo H: 2 a 14 ACSR AWG	2	Especificaciones Técnicas Garantizadas EPM
b.	Cable para acometidas apantallado con neutro concéntrico de cobre: 1 x No.8 + 8 AWG ⁽¹⁾	Aprox. 8 m	Especificaciones Técnicas Garantizadas EPM
c.	Cinta de acero inoxidable de 1/2" con hebilla.	2	Especificaciones Técnicas Garantizadas EPM
d.	Caja plástica hermética tipo intemperie para alojar medidor de energía monofásico con un solo breaker con knock out .	1	RA7-203
e.	Aislador de porcelana tipo carrete de 54 mm clase 53.1 incluye , tornillo goloso de 3/8 x 4" (105 mm.) cabeza grande con diámetro externo mayor de 23 mm	2	RA7-101
f.	Cable de acero con recubrimiento de cobre N°4 AWG aislado a 600 V, para puesta a tierra de la red secundaria	7 m.	RA6-010
h.	Tubería PVC conduflex de 1/2" incluye terminal conduit de 1/2"	1 m.	RETIE
i.	Tablero eléctrico de 4 circuitos	1	RETIE
j.	Interruptor automático termomagnético tipo enchufable 20 A. 120 V , 10 kA (1 polo)	1	RETIE
k.	Interruptor automático termomagnético tipo enchufable 40 A.120V, 10 kA (1 polo) ⁽²⁾	1	RETIE
l.	Contador electrónico monofásico bifilar Clase 1, 120V 10(60)A, 60Hz. ⁽³⁾	1	Especificaciones Técnicas Garantizadas EPM
m.	Grapa metálica galvanizada en caliente con dos orificios.	4	Especificaciones Técnicas Garantizadas EPM
ñ	Varilla de puesta a tierra de acero con recubrimiento de Cu de longitud 2.4 mts y diámetro 14 mm. Incluida la grapa correspondiente	2	Especificaciones Técnicas Garantizadas EPM
o	Alambre de cobre trenzado 2x N°8 AWG aislado en polietileno para 600 Voltios ⁽⁴⁾ , asegurado con grapas plásticas o metálicas.	30 m-l	Especificaciones Técnicas Garantizadas EPM
p	Alambre de cobre No. 8 AWG, aislado a 600 V, para la puesta a tierra del tablero de distribución de 4 circuitos, asegurado con grapas plásticas o metálicas.	2 m.	Especificaciones Técnicas Garantizadas EPM
q	Cable flexible 3xN° 12 tipo NM plano expuesto para asegurar con grapas plástica o metálicas. ⁽⁵⁾	5 m.	Especificaciones Técnicas Garantizadas EPM
r	Cable flexible 2xN° 12 tipo NM expuesto asegurado con grapas plásticas o metálicas. ⁽⁵⁾	5 m.	Especificaciones Técnicas Garantizadas EPM
s	Cajas plásticas de conexión rectangulares 2" x 4"	2	RETIE
t	Cajas plásticas de conexión octagonal.	1	RETIE
u	Tomacorriente doble con polo a tierra.	1	RETIE
v	Portalámpara de policarbonato.	1	RETIE
w	Interruptor termomagnético monopolar (15 A – 110 Voltios).	1	RETIE
x	Conector compresión derivación TIPO H: 2 -6 ACSR AWG	1	Especificaciones Técnicas Garantizadas EPM
y	Conector adaptador (terminal) de compresión para neutro de cable concéntrico (opcional. Ver nota 3.1); se utiliza solo cuando la acometida para un solo cliente, se deriva directamente del transformador de distribución	1	Especificaciones Técnicas Garantizadas EPM

(1) Utilizar cable concéntrico con neutro concéntrico apantallado calibre 2xN°8+1N°8 AWG.

(2) En sistemas de distribución trifilares 120/240V, utilizar dos interruptores termomagnéticos monopolares de 40 amperios (ó según proyecto).

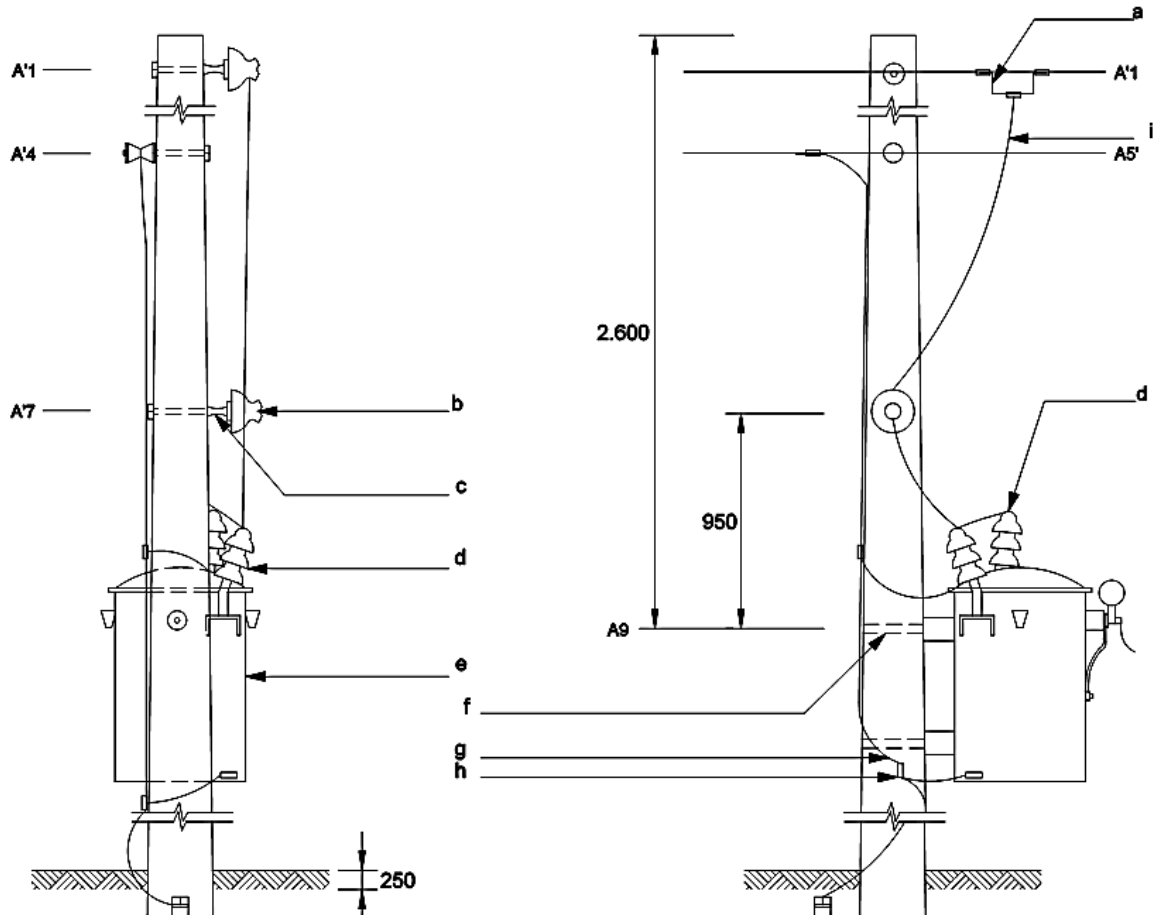
(3) En sistemas de distribución trifilares 120/240V, utilizar un contador monofásico trifilar 120/240 V.

(4) En sistemas de distribución trifilares 120/240V, utilizar (3) alambres de cobre N°8 AWG, THHN aislados en polietileno (90 metros lineales) o cable para acometidas apantallado con neutro concéntrico de cobre.

(5) Asegurados con grapas doble ala, de 5/16" para conductor 2N°12AWG y de 3/8" para conductor 3N°12AWG

Anexo C. MONTAJE TRANSFORMADOR AUTOPROTEGIDO

- RA3-029 MONTAJE DE TRANSFORMADOR AUTOPROTEGIDO



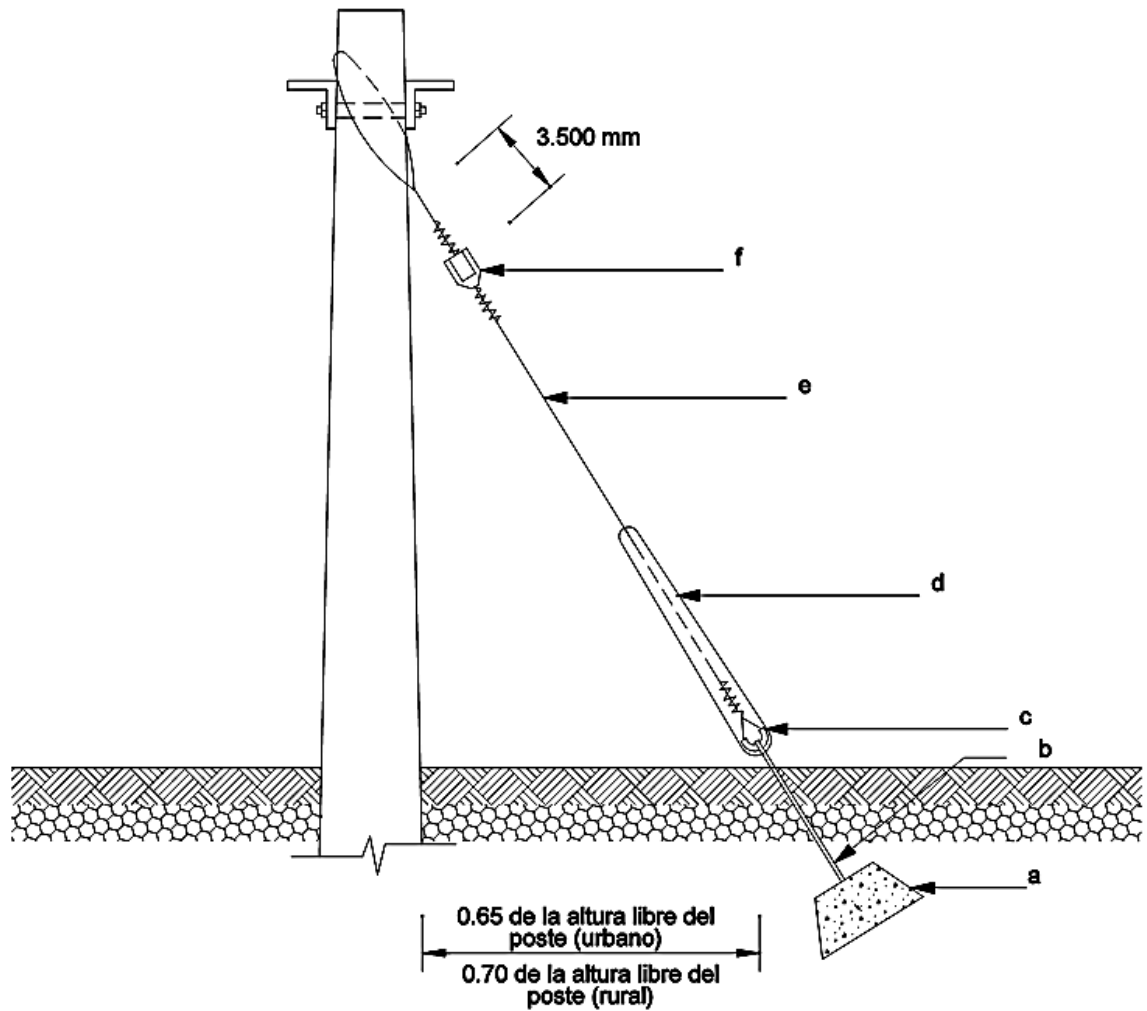
i	Alambre de cobre desnudo N°6	4.0 m.	
h	Conector de compresión de cobre tipo derivación	2	RA7-030
g	Puesta a tierra	1	RA7-010
f	Tornillo espaciador de 15.9 mm (5/8") x 300 mm.	2	RA7-001
e	Transformador monofásico a 7.62 kV.	1	RA7-060
d	Pararrayos óxido metálico (con sus herrajes)	1	RA7-108
c	Espigo para 13.2 kV (Le=228 mm)	1	RA7-009
b	Aislador de porcelana tipo pin para 13.2 kV.	1	RA7-007
a	Estribo	1	RA7-009
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	REFERENCIA

NOTAS:

1. Dimensiones en milímetro.
2. El bajante de tierra g, entra en el poste por el hueco f y sale por C1.
3. La capacidad del transformador no puede ser mayor de 75 kVA.
4. Si no es posible prensar, utilizar conector transversal en el estribo según norma RA7-079.

Anexo D. INSTALACIÓN VIENTO CONVENCIONAL

- RA6-001 INSTALACIÓN DE VIENTO CONVENCIONAL.

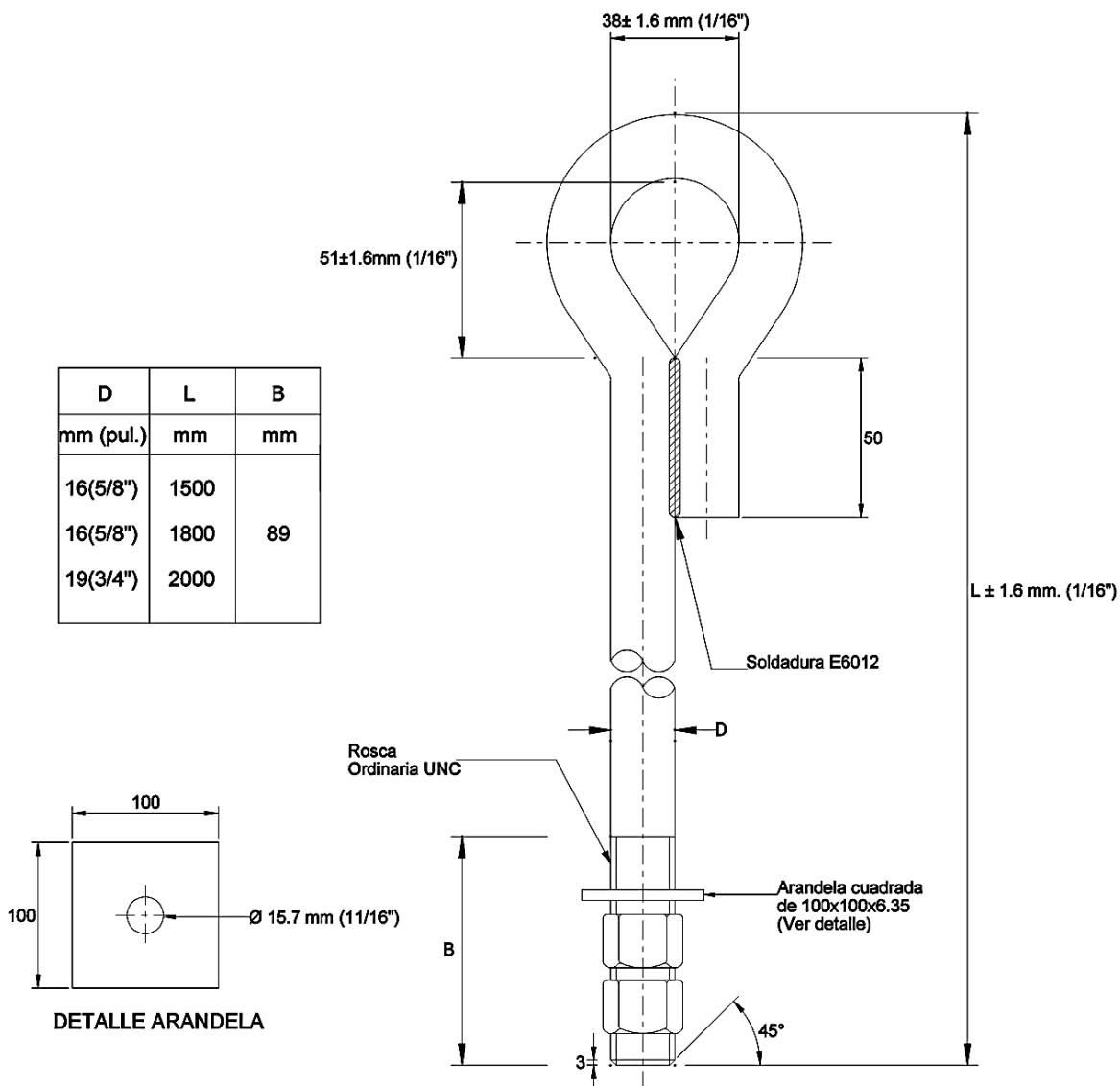


ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD		REFERENCIA
		Prima.	Secund.	
a	Bloque de anclaje	1	1	RA7-039
b	Varilla de anclaje	1	1	RA7-038
c	Guardacabos (Debe cubrir guardacabos)	1	1	RA7-023
d	Camisa protectora	—	—	RA7-022 (ver nota)
e	Cable super GX de 9.53 mm (3/8")	15 m.	11.00 m.	ASTM A475
f	Aislador de porcelana tipo (tensor)			Ver notas

NOTA:

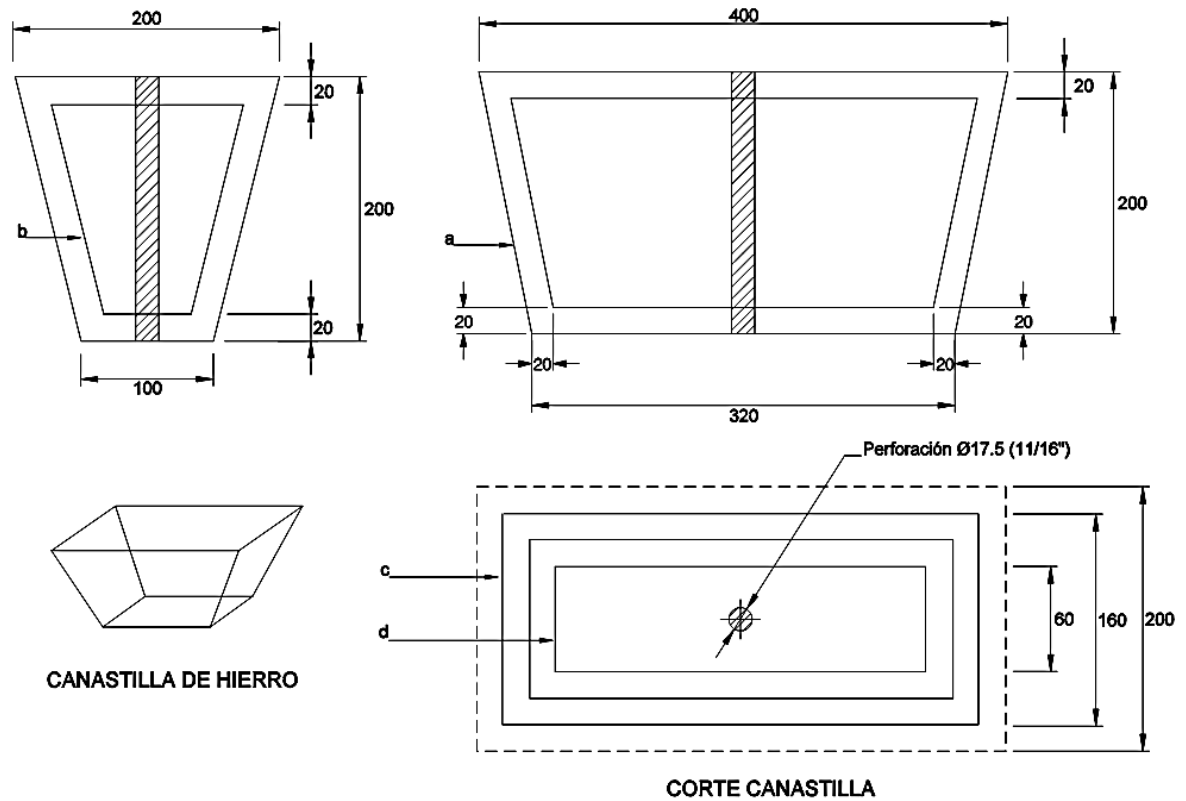
1. Dimensiones en milímetros.
2. Para línea primaria a 44 kV, utilizar aislador tensor de 171 mm, según ANSI C24.4 (1989).
3. Para línea primaria a 13.2 kV y 7.2 kV, utilizar aisladores tipo tensor de 108 mm. Según ANSI C29.4 (1989), para línea secundaria no se utilizará aislador tipo tensor.
4. La utilización de camisa protectora será a juicio de EE.PP.M.

- RA7-038 VARILLA Y BLOQUE DE ANCLAJE



NOTA:

1. Dimensiones en milímetros.



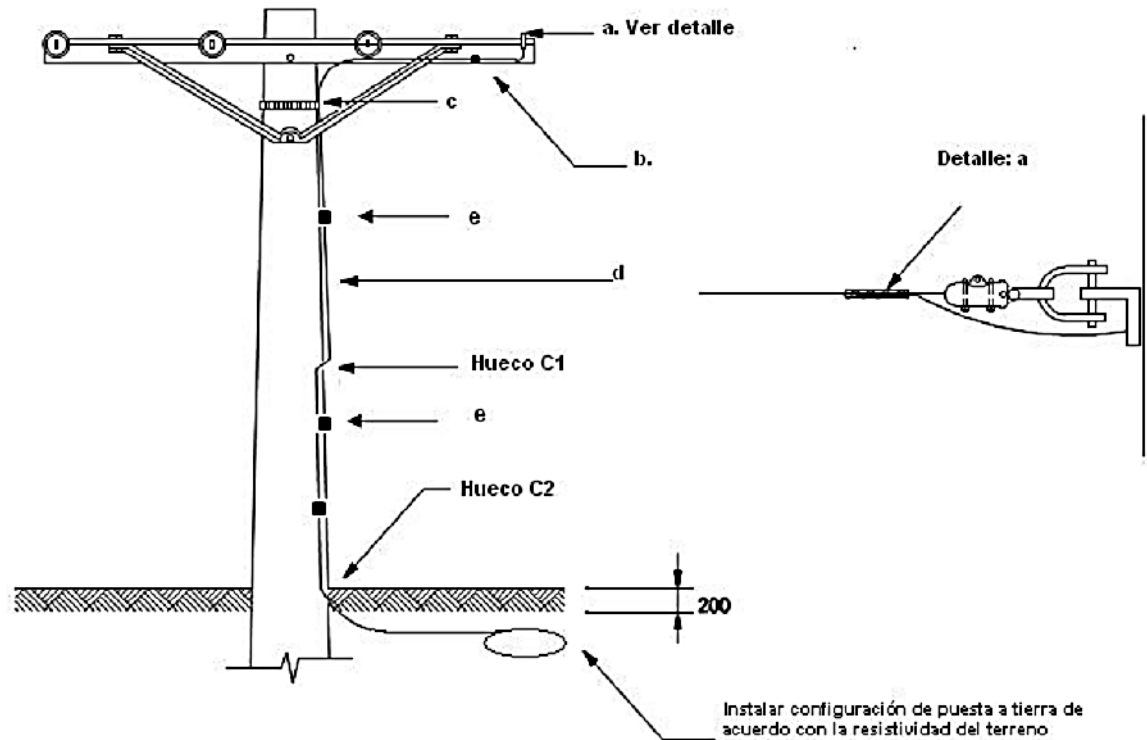
d	Varilla Ø9.5 (3/8")	4	Fy 2800 kgf/cm ²
c	Varilla Ø9.5 (3/8")	4	Fy 2800 kgf/cm ²
b	Varilla Ø6.35 (1/4")	4	Fy 2800 kgf/cm ²
a	Bloque de concreto	1	Fc' 210 kgf/cm ²
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	REFERENCIA

NOTAS:

1. Dimensiones en milímetros.
2. Concreto: F'c 210 kgf/cm²
Refuerzo: Fy 2800 kgf/cm²
3. La canastilla de hierro para el bloque de concreto, será construida con soldadura. Se efectuara con electrodos E-6012.
4. El bloque de anclaje y la varilla de anclaje (RA7-038), conforman la retenida para apoyos primarios y secundarios.

Anexo E. PUESTA A TIERRA

- RA6-010 PUESTA A TIERRA

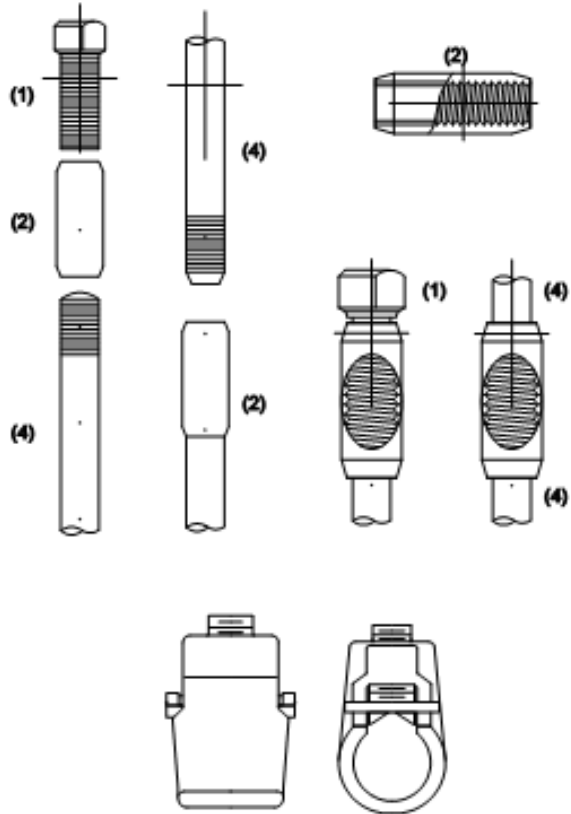
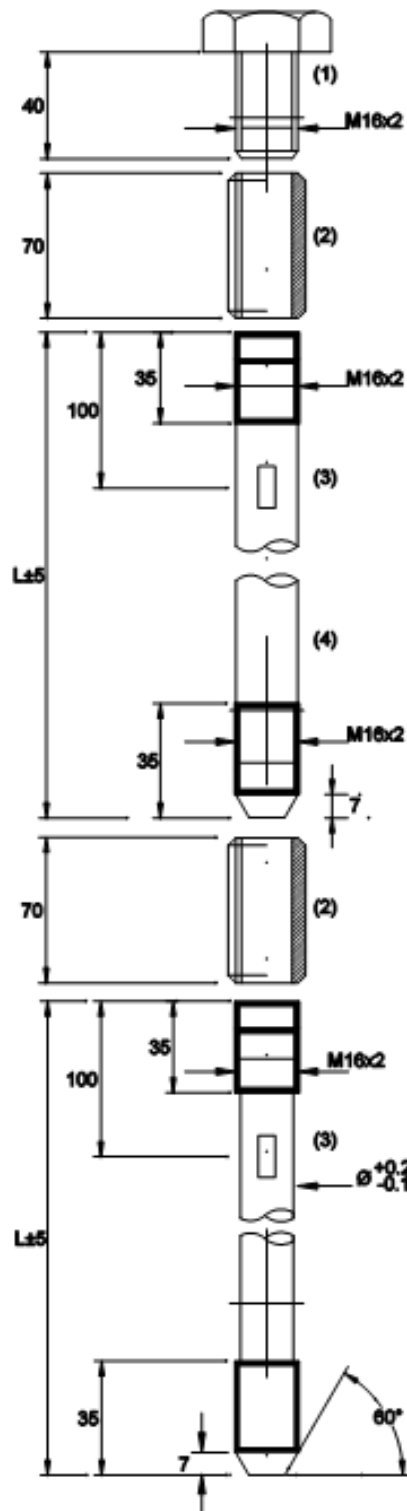


ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	REFERENCIA
a	Conector universal de tipo derivación (calibre según proyecto)	1	RA7-030
b	Conector para equipotencializar cruceta metálica	1	
c	Correa plástica	1	
d	Alambre de acero recubierto de cobre No. 4 AWG (cubierto)	12.0 m	
e	Grapa metálica galvanizada en caliente con dos orificios	6	

NOTAS:

1. Dimensiones en milímetros.
2. La bajante de puesta a tierra deberá unirse con estructura metálica del poste y los demás elementos metálicos tales como: cruceta, pernos, tornillos y anillos espaciadores, así como los vientos o retenidas.

- RA7-017 VARILLA PARA PUESTA A TIERRA



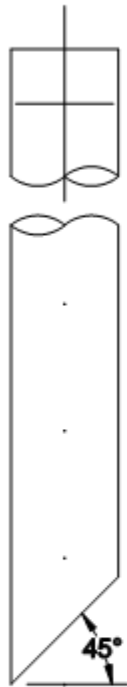
La grapa se seleccionará de acuerdo con la norma RA7-018

- (1) Tornillo sufridera
 - (2) Acople
 - (3) Lugar de marcación
 - (4) Varilla fraccionada
 - (5) Grapa de acuerdo a la Norma RA7-018
 - (6) Disposición del cable
- L = 1200 mm (Varilla fraccionada).

NOTAS:

1- Dimensiones en milímetros.

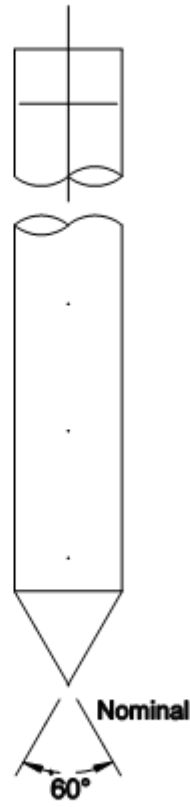
TIPO DE PUNTAS



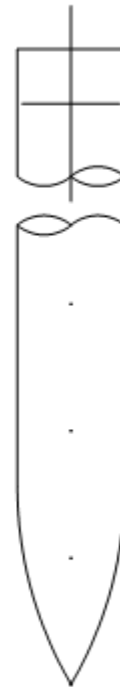
**TIPO
BISEL**



**PUNTA
PIRAMIDE
O DIAMANTE**



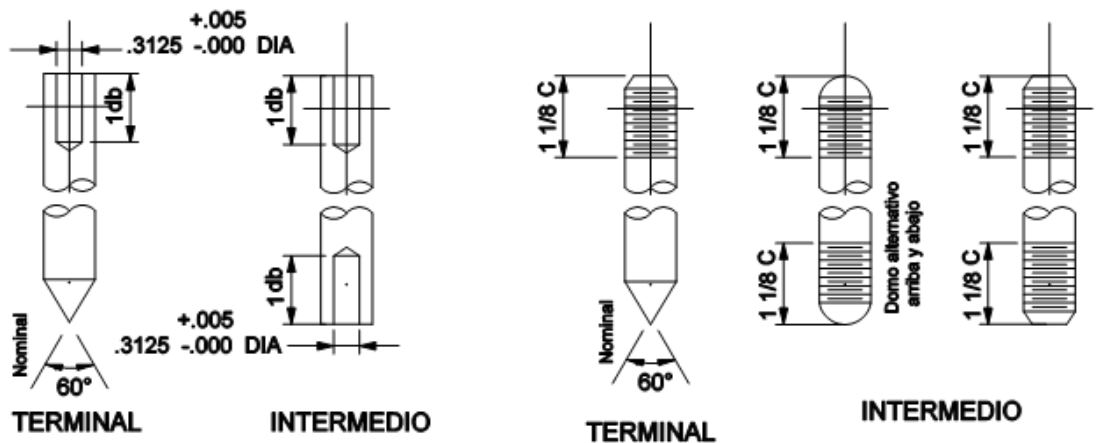
**PUNTA
CONO**



**TIPO
PROYECTIL**



GRAPA TÍPICA TIPO PERNO

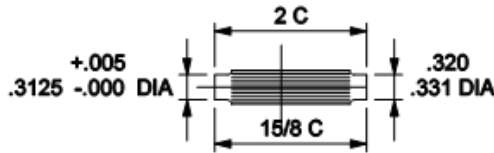


TERMINAL

INTERMEDIO

TERMINAL

INTERMEDIO



PIN DE ACOPLER OPCIONAL

Variaciones permisibles

a=1/6 c=1/16 e=3/16
b=1/32 d=1/8 x=0



ACOPLE

Una sola letra en la parte superior indica que es el mismo valor para + o -

$2C = 2 \pm 1/6$

Dos letras: la primera es para + y la segunda es para -

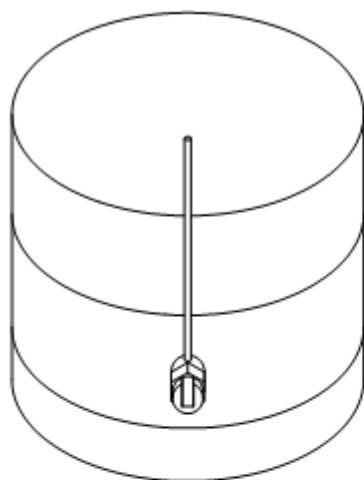
$1db = 1 + 1/8 - 1/32$

NOTA:
REQUIERE USO DE
TORNILLO SUFRIDOR

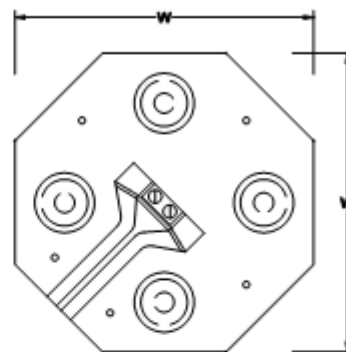
PUEDE SER ACAMPANADO
EN AMBOS EXTREMOS

VARILLAS DE PUESTA A TIERRA
ACCESORIOS DE ACERO GALVANIZADO

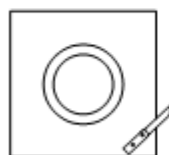
**PLACA METALICA DE PUESTA A TIERRA EN LA BASE DEL POSTE
(DIFERENTES DISEÑOS)**



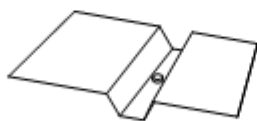
TIRA O LÁMINA



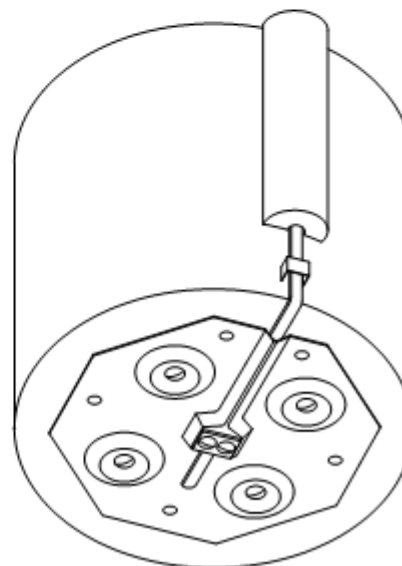
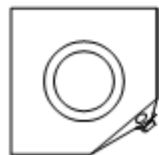
COBRE



ACERO GALVANIZADO

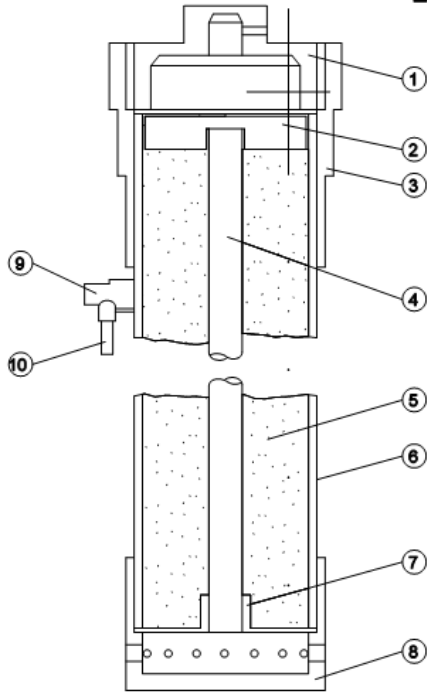


COBRE



**PLACA INSTALADA EN LA
BASE INFERIOR DEL POSTE**

ELECTRODO TIPO TUBO



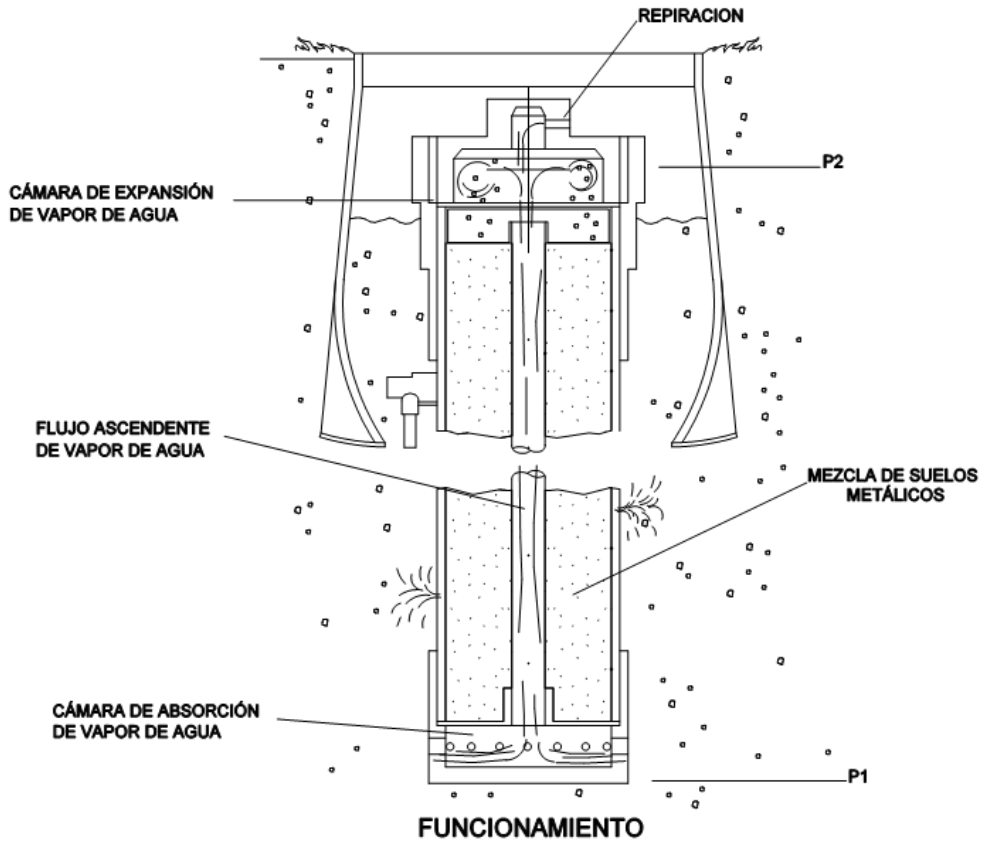
N°	
1	TAPA
2	CENTRALIZADOR
3	PESTAÑA SUPERIOR
4	TUBO DE COBRE 01/2"
5	SUELOS QUIMICOS(METALICOS)
6	TUBOS DE COBRE 02.5/8"
7	PESTAÑA INFERIOR
8	TAPON
9	CONECTOR SOLDADO
10	CABLE DE COBRE

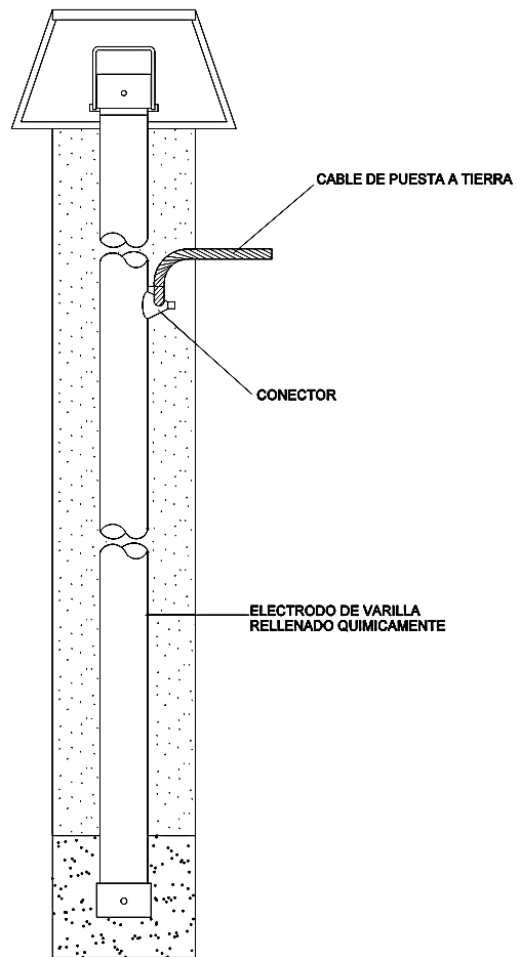
SISTEMA DE DOS TUBOS

Diámetro interno = 50.8 mm

Espesor = 2.03 mm

Longitud = 2400 mm





SISTEMA DE UN SÓLO TUBO

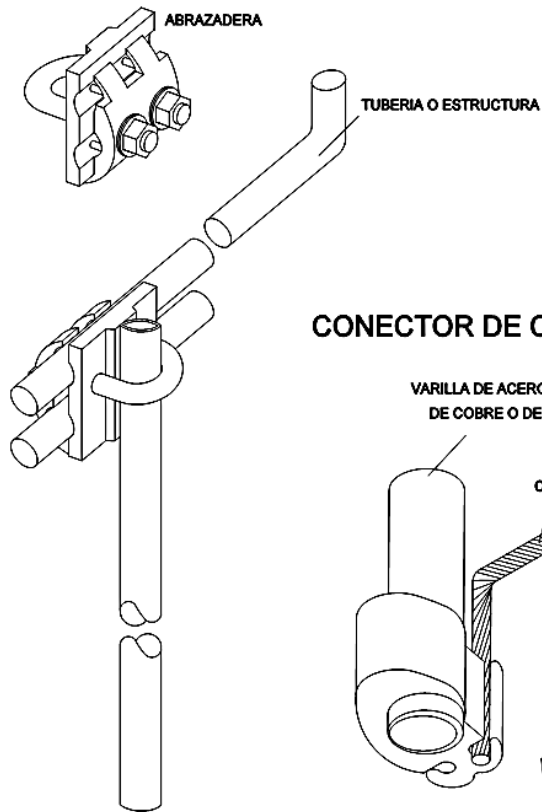
Diámetro interno = 50.8 mm

Espesor = 2.03 mm

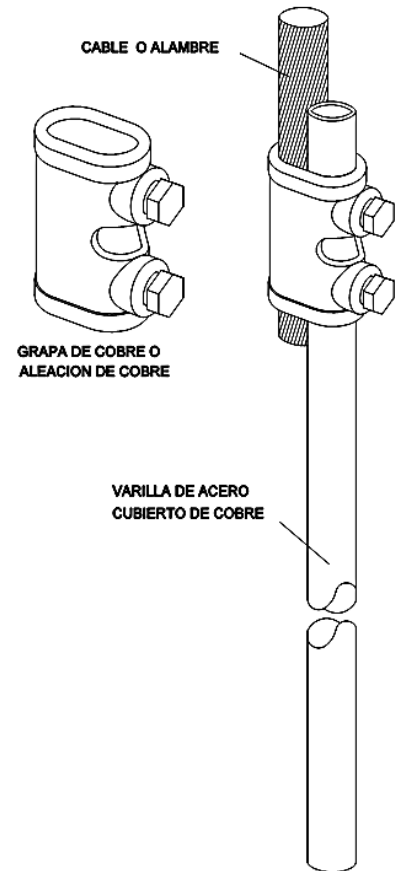
Longitud = 2400 mm

- RA7-018 CONECTORES PARA ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA

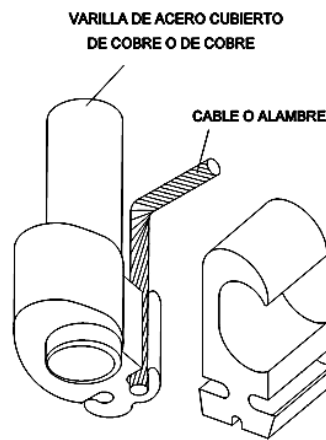
GRAPA TIPO ABRAZADERA



GRAPA DE DOBLE TORNILLO



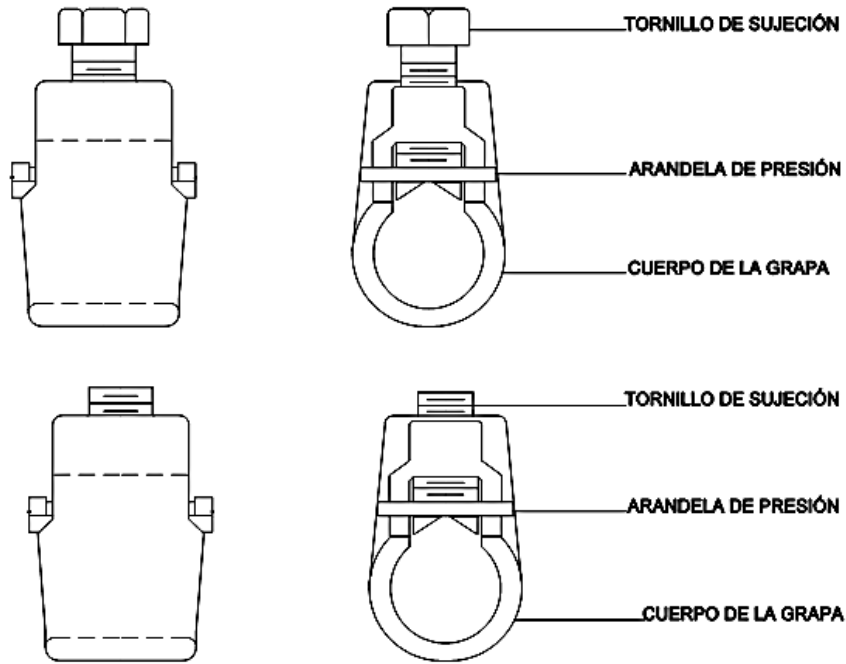
CONECTOR DE COMPRESIÓN



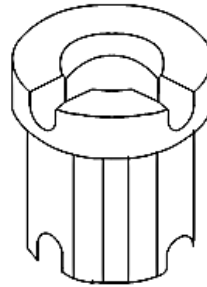
CONECTOR TIPO CUÑA



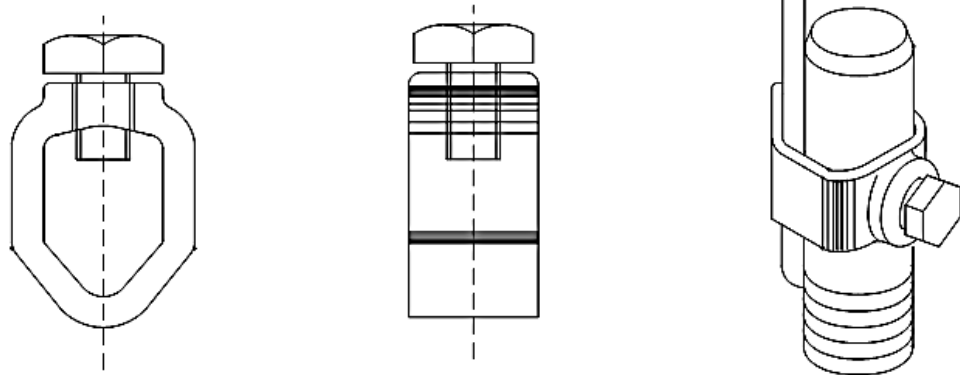
GRAPA PARA TRABAJO PESADO



CONECTOR DE CONEXIÓN ELÁSTICA TIPO CILINDRO

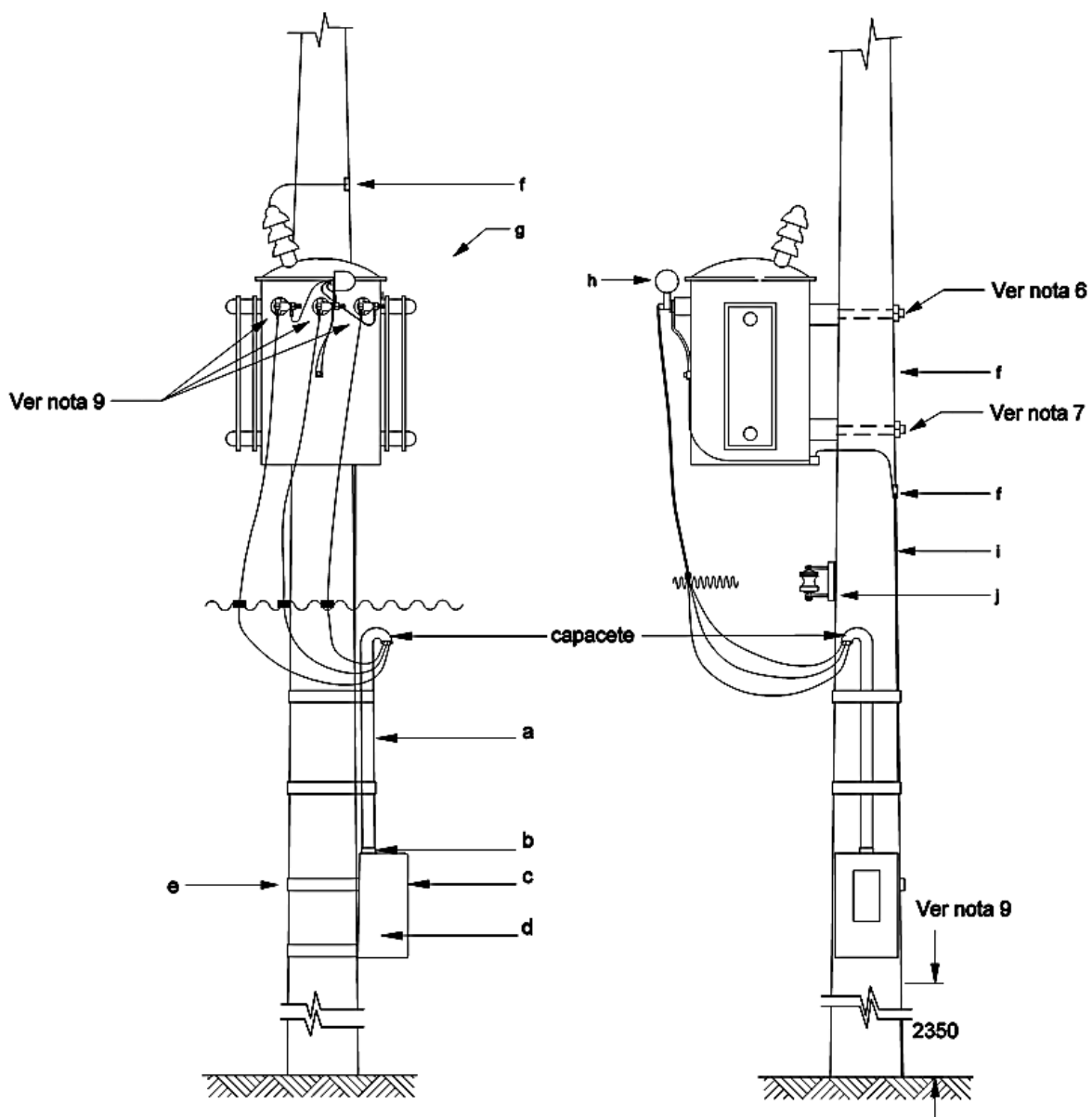


GRAPA DE UN TORNILLO



Anexo F. INTEGRADOR EN BAJA TENSIÓN PARA TRANSFORMADOR MONOFÁSICO.

- RA4-100 INTEGRADOR EN BAJA TENSIÓN PARA TRANSFORMADOR MONOFÁSICO.



ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	REFERENCIA
a	Tubería Metálica liviana y galvanizada conduit de 3/4" con capaceté.	3 m	NTC -170
b	Conector prensa estopa de 3/4"	1	UL - 514B
c	Caja hermetica sencilla para integrador	1	RA7 - 203
d	Contador electrico monofásico trifilar de 15 a 100 Amp	1	RA7 - 217
e	Cinta de acero inoxidable de 5/8"	4	
f	Conector de compresión de Cu tipo derivación N° 4-6	3	
i	Puesta a tierra	1	RA6-010
j	Percha	1	RA7-019
k	Cañuela con fusible dual según capacidad transformador	1	RA8-005
m	Tornillo espaciador de 15.9 mm (5/8") x 300 mm	1	RA8-005

ESQUEMA DE CONEXIÓN DEL CONTADOR 240 - 120 V. 1.5 - 6 A. 60 HZ.

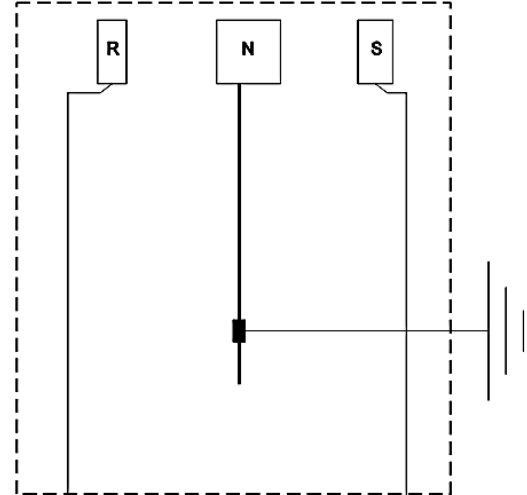
TRANSFORMADORES MONOFÁSICO

CAPACIDAD (KVA)	TIPO DE CONEXION	RELACION TRANSFORMADOR TC
1	Directa	-
5	Directa	-
10	Directa	-
15	Directa	-

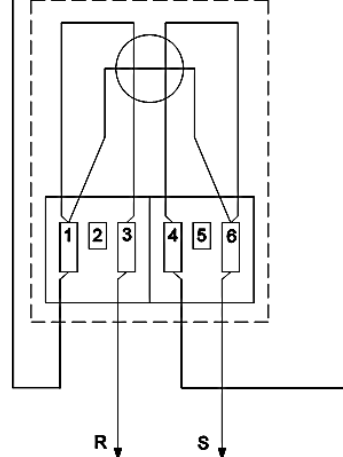
NOTAS

- 1- Este caso es para la conexión europea.
- 2- Para una conexión diferente del medidor se debe revisar el esquema de conexiones aquí mostrado.

BARRAJE DEL TRANSFORMADOR DE MONOFÁSICO



MEDIDOR MONOFÁSICO



NOTAS:

1. Dimensiones en milímetros.
2. Si la caja donde se está alojando el medidor es metálica, esta se debe aterrizar al sistema de puesta a tierra del transformador de distribución.
3. Cuando se usa conector prensa estopa en acero galvanizado en caliente, se debe utilizar pintura anticorrosiva en el tubo.
4. Para el cierre de la caja del medidor se colocara tornillo de seguridad EP y sello acrílico.
5. Para transformador de capacidad menor o igual a 15 kVA, se instalara medidor eléctrico monofásico, 3 hilos, 10 (100) A y se conectara de acuerdo con el diagrama de la placa característica del mismo.
6. Dejar suficiente longitud de rosca en el espaciador para alojamiento de un futuro transformador.
7. Si el transformador tiene un solo usuario, deberá colocarse la percha de retención secundaria.
8. El cortacircuitos se debe colocar respetando las distancias de seguridad y en posición que facilite su maniobrabilidad.
9. Todos los transformadores de distribución deberán tener protegidos sus bujes secundarios con una cubierta plástica, chaqueta termocontractil o autofundente para evitar vulnerabilidad al fraude.

Anexo G. HERRAJERÍA

- RA7-001 TORNILLOS Y PERNOS

PERNO

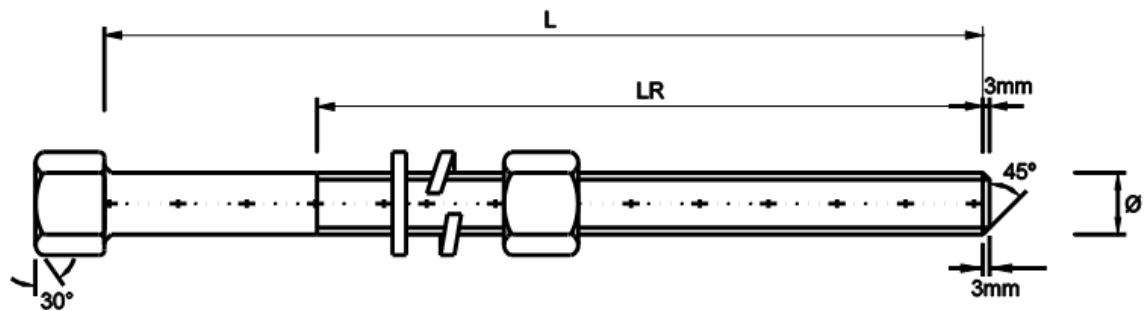


FIGURA 1

DIÁMETRO Ø		L		LR		HILOS POR PULGADA
mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	
9.5	3/8	13	1/2	13	1/2	16
13	1/2	19	3/4	13	3/4	13
		25	1	25	1	13
		38	1 1/2	38	1 1/2	13
		51	2	45	1 3/4	13
		102	4	45	1 3/4	13
16	5/8	152	6	45	1 3/4	13
		38	1 1/2	38	1 1/2	11
		102	4	45	1 3/4	11
		152	6	102	4	11
		203	8	102	4	11
		254	10	102	4	11
		300	12	152	6	11
		358	14	152	6	11
19	3/4	406	16	152	6	11
		457	18	152	6	11
		51	2	45	1 3/4	10
		102	4	45	1 3/4	10
		152	6	102	4	10
		203	8	102	4	10
		254	10	152	6	10
		305	12	152	6	10
19	3/4	358	14	152	6	10
		406	16	152	6	10

NOTAS:

- 1- Dimensiones en milímetros.
- 2- Las medidas de los diámetros son antes de galvanizar.
- 3- Consultar especificaciones técnicas y características técnicas garantizadas de EPM.

TORNILLO ESPACIADOR

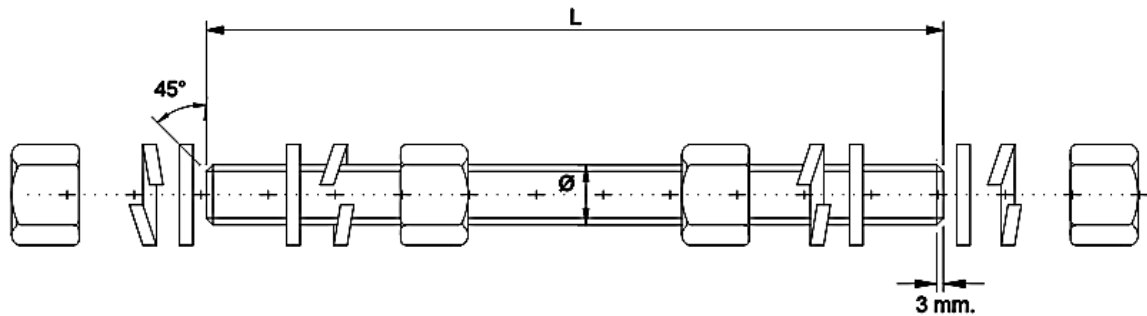


FIGURA 2

\varnothing NOMINAL mm (Pulg)	L mm	PULGADAS	HILOS POR PULGADA
13 (1/2)	305	12	13
13 (1/2)	406	16	
16 (5/8)	38	1 1/2	11
16 (5/8)	203	8	
16 (5/8)	254	10	
16 (5/8)	305	12	
16 (5/8)	356	14	
16 (5/8)	406	16	
16 (5/8)	457	18	
16 (5/8)	508	20	
16 (5/8)	610	24	
19 (3/4)	254	10	
19 (3/4)	305	12	
19 (3/4)	356	14	
19 (3/4)	406	16	
19 (3/4)	457	18	

NOTAS:

- 1- Dimensiones en milímetros.
- 2- Las medidas de los diámetros son antes de galvanizar.

TORNILLO CARRUAJE

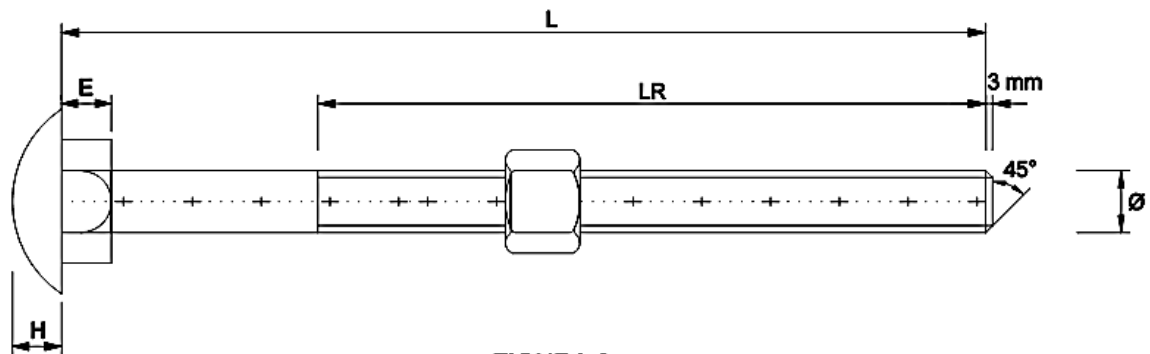
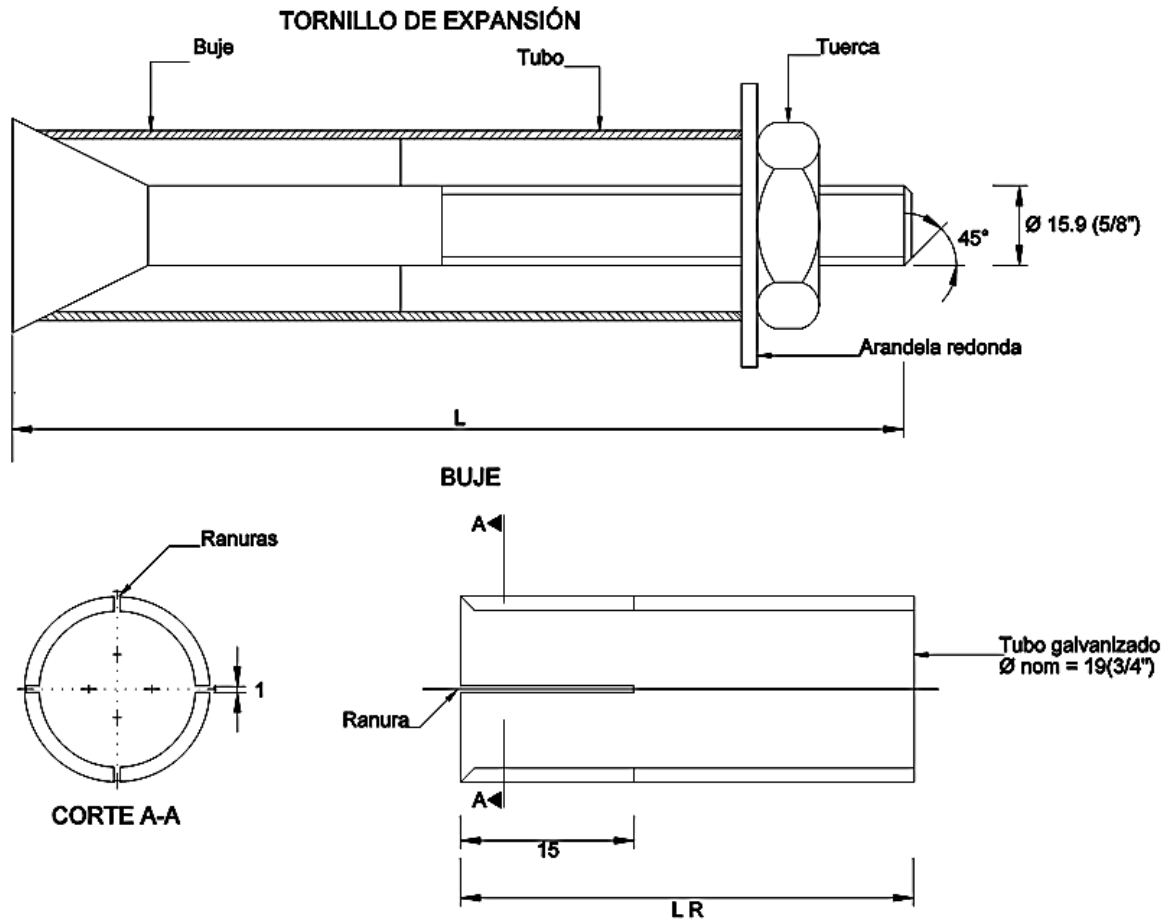


FIGURA 3

DIAMETRO Ø		L	
mm	pulg.	mm	pulg.
13	1/2	38	1 1/2
		50	2
		62	2 1/2
		75	3
		100	4
		110	4 1/2
		125	5
16	5/8	38	1 1/2
		50	2
		62	2 1/2
		75	3
		100	4
		125	5
		150	6

NOTAS:

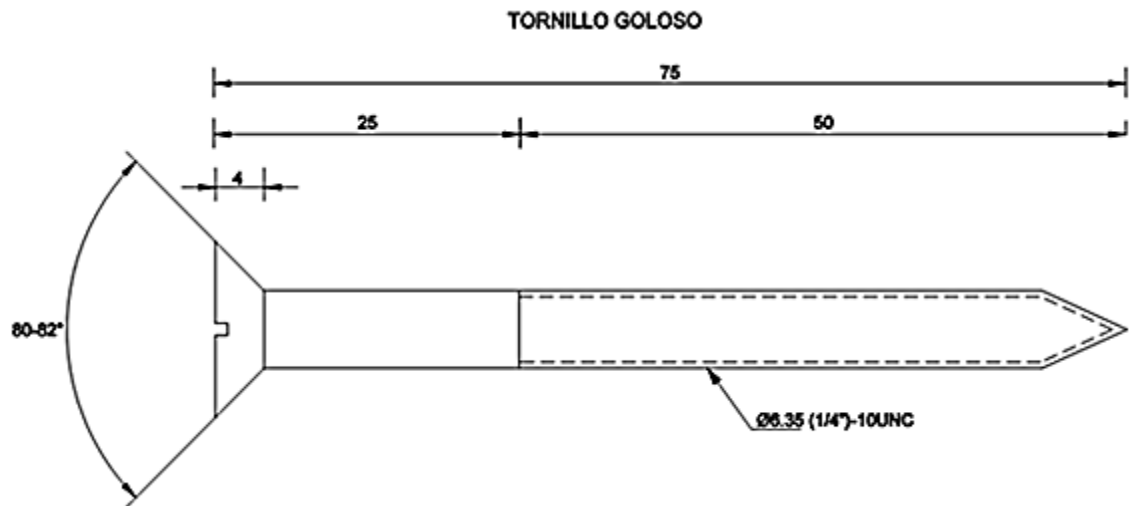
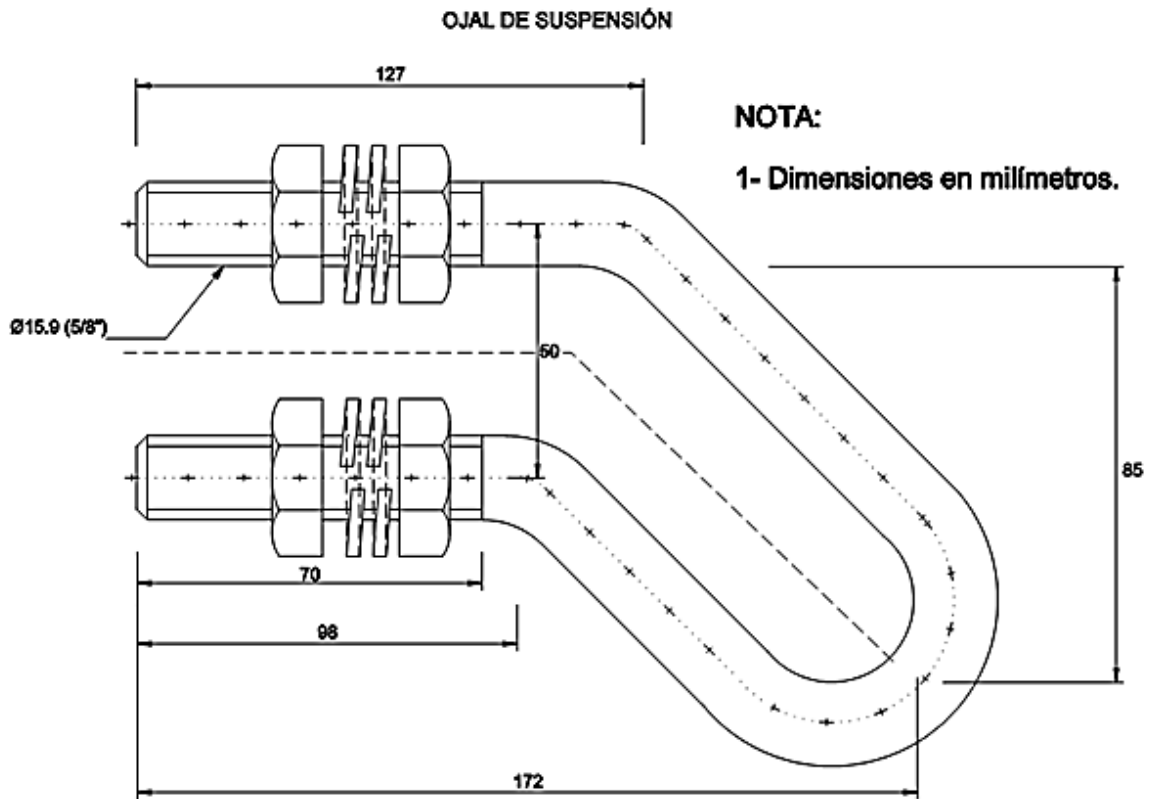
- 1- Dimensiones en milímetros.
- 2- Las medidas de los diámetros son antes de galvanizar
- 3- La parte roscada del tornillo LR será igual a la distancia L menos media pulgada
- 4- Las dimensiones H y E se especifican en la tabla 2



Ø NOMINAL mm (pulg)	Ø MAYOR		Ø MEDIO		Ø MENOR		L	LR	HILOS POR PULG
	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín			
15.9(5/8")	15.53	15.53	14.34	14.20	13.00	12.70	75	38	11
15.9(5/8")	15.53	15.53	14.34	14.20	13.00	12.70	100	50	11
15.9(5/8")	15.53	15.53	14.34	14.20	13.00	12.70	150	75	11

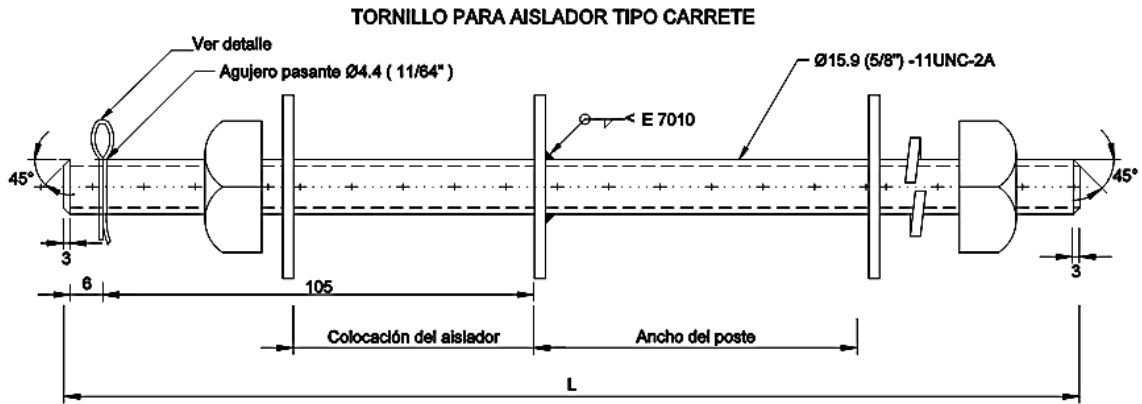
NOTAS:

1. Dimensiones en milímetros.
2. Las medidas de los diámetros son antes de galvanizar.
3. Arandela según norma RA7-015.
4. Tuerca según norma RA7-069.

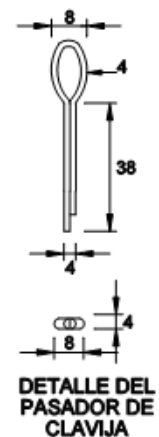


NOTAS:

1. Dimensiones en milímetros
2. Material: acero ASTM – A 576 grado 1010
3. Uso: fijación del aislador tipo carrete N° 5



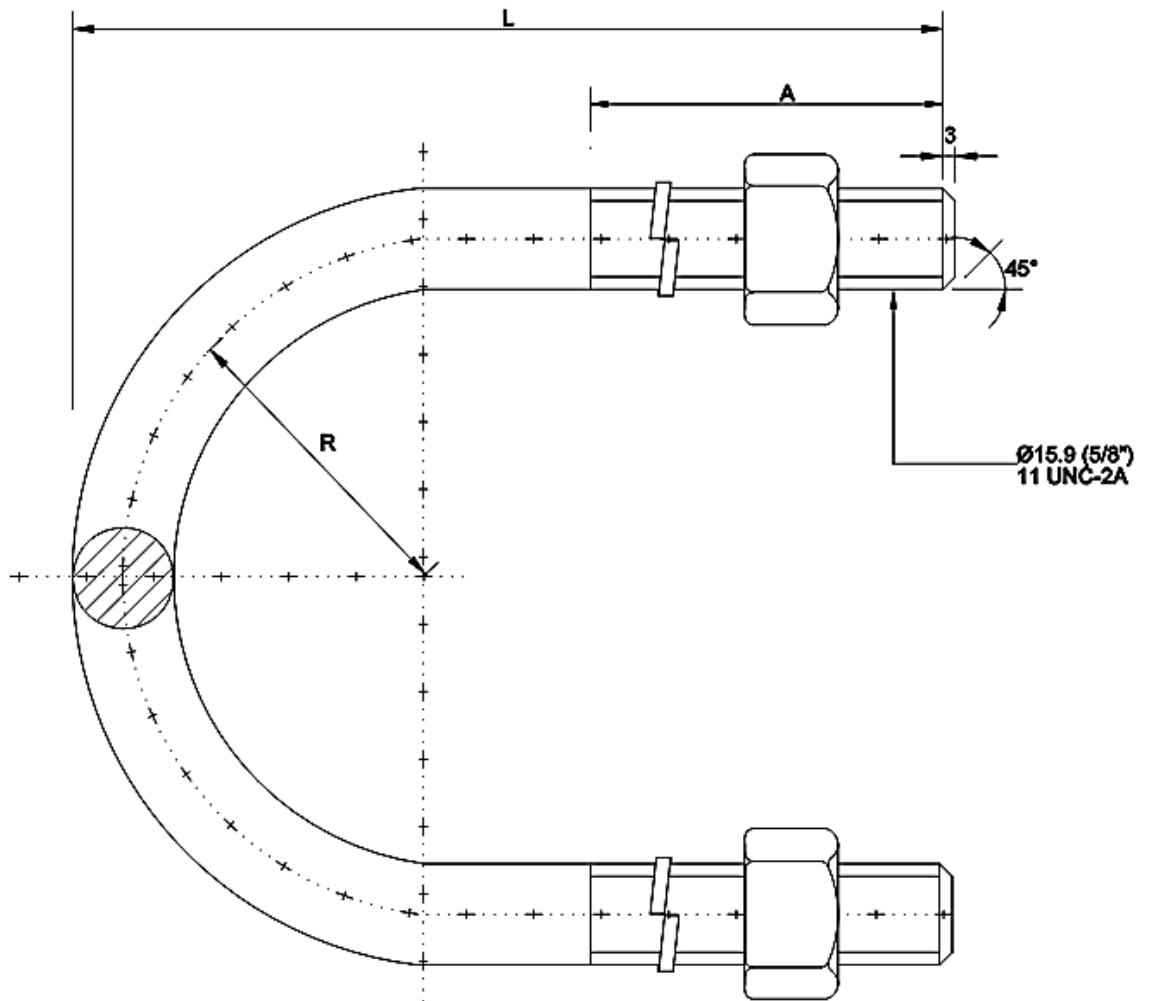
LONGITUD DEL TORNILLO (L)	USOS DEL TORNILLO SEGÚN SU LONGITUD
315 mm	PRIMARIA EN POSTES DE 12 m SECUNDARIA EN POSTES DE 9 m.
540 mm	SECUNDARIA EN POSTES DE 12 m



NOTAS:

1. Dimensiones en milímetros.
2. Material: acero ASTM-A576, grado 1020
3. El tornillo será galvanizado en caliente según la norma ASTM-A 153
4. Todo tornillo para carrete debe ir acompañado de dos (2) tuercas preferiblemente cuadradas, dos (2) arandelas redondas y una arandela de presión diseñadas según norma RA7-015; y un pasador de clavija diseñada según el detalle.
5. Máxima fuerza de flexión aplicada al centro del espacio destinado al aislador sin que haya deformación: 190 kgf, sin que haya rotura: 260 kgf. Máxima fuerza de tracción sin que haya deformación: 3500 kgf, sin que haya rotura 6000 kgf.
6. Usos con su aislador tipo carrete se utiliza como punto de suspensión de la línea neutro en redes primarias monofásicas, suspensión de las redes secundarias en cuádruplex y derivaciones en T de las mismas.

PERNO EN U

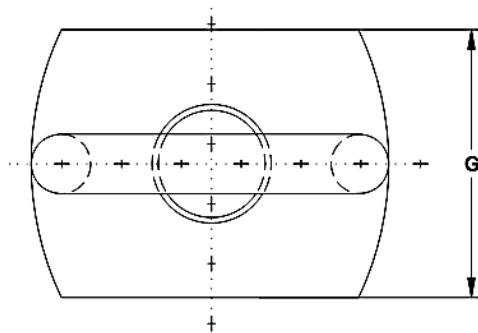
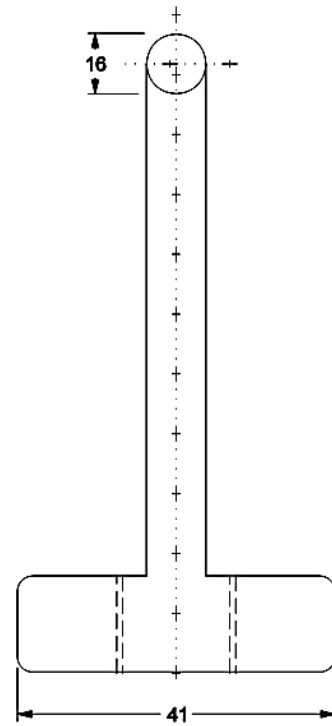
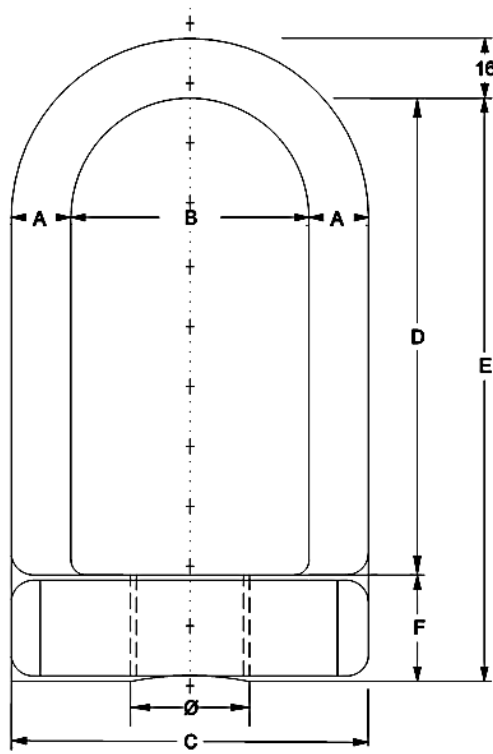


RADIO (R)	L	A	LOCALIZACIÓN EN EL POSTE
100	250	100	A1-A7
140	350	150	A8-A18

NOTAS:

1. Dimensiones en milímetros.

• RA7-003 TUERCA DE OJO



Ø D	
mm	Pulg.
16	5/8
19	3/4

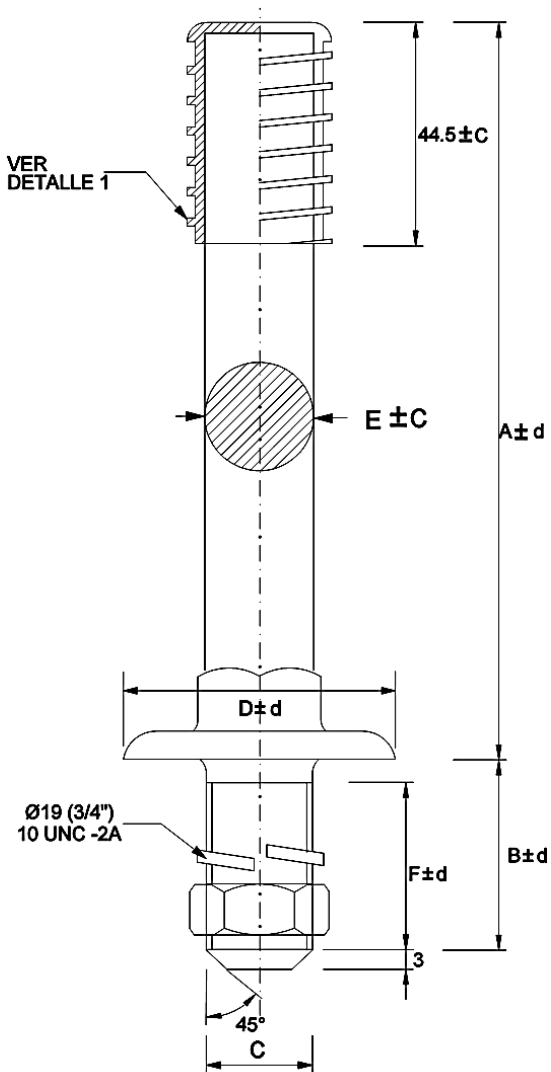
REF	DIMENSIONES EN mm. Y PULGADAS							
	A	B	C	D	E	F	G	Ø
2512	16	35	67	83	105	22	41	16

NOTAS:

1. Dimensiones en milímetros.

- RA7-009 ESPIGO PARA 13.2 Kv y 44 kv

ESPIGO PARA CRUCETA METÁLICA EN 13.2 KV

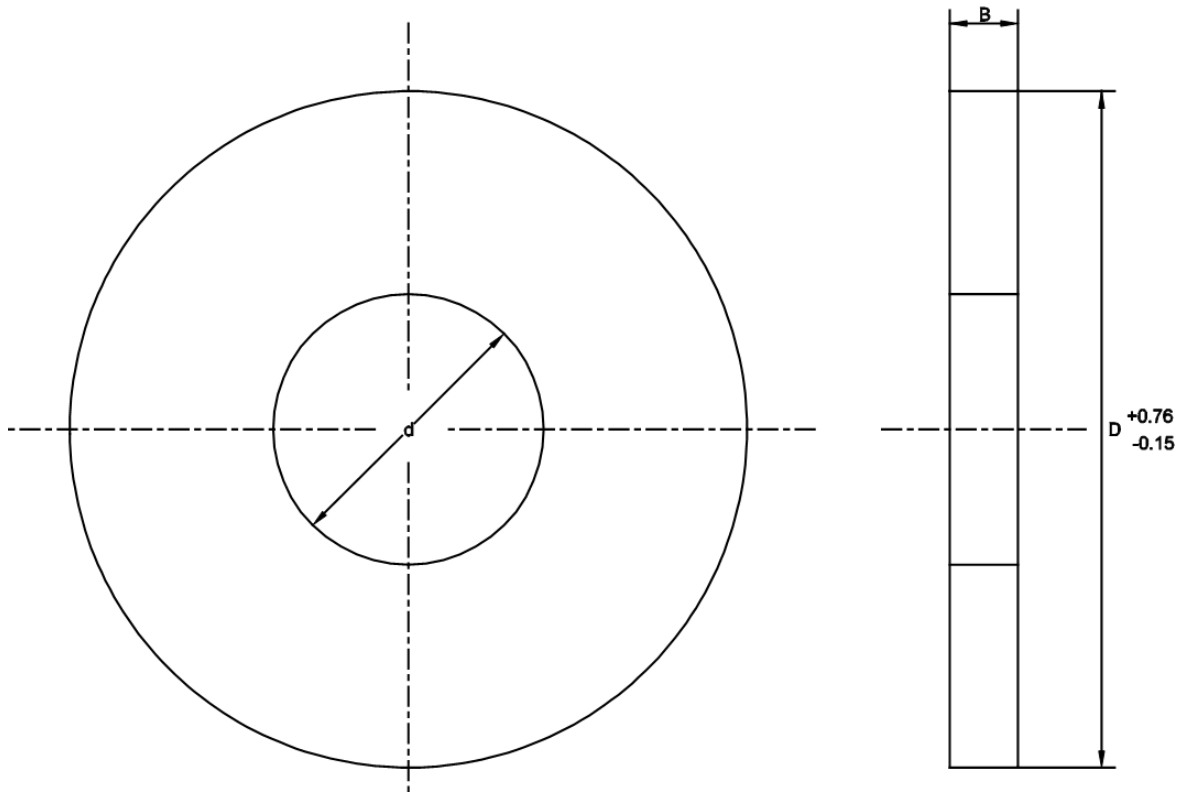


DIMENSIONES DE ESPIGOS PARA 13.2 KV

ITEM	A		B		C		D		E		F		NOTAS
	ALTURA		LONGITUD		DIÁMETRO NOMINAL DE LA ROSCA		DIÁMETRO DE LA BASE		SECCIÓN		LONGITUD DE LA ROSCA		
	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	
1	203	8	38	1 1/2	19	3/4	50	2	19	3/4	32	1 1/4	(1)
2	150	6	38	1 1/2	19	3/4	50	2	19	3/4	32	1 1/4	(1)
3	150	6	175	7	19	3/4	50	2	19	3/4	100	4	(2)
4	150	6	228	9	19	3/4	50	2	19	3/4	100	4	(3)
5	150	6	305	12	19	3/4	50	2	19	3/4	150	6	(3)

(1) Para cruzeta metálica (2) Para cruzeta de madera o fibra de vidrio y poste de madera (3) Para poste de concreto

• RA7-015 ARANDELA REDONDA

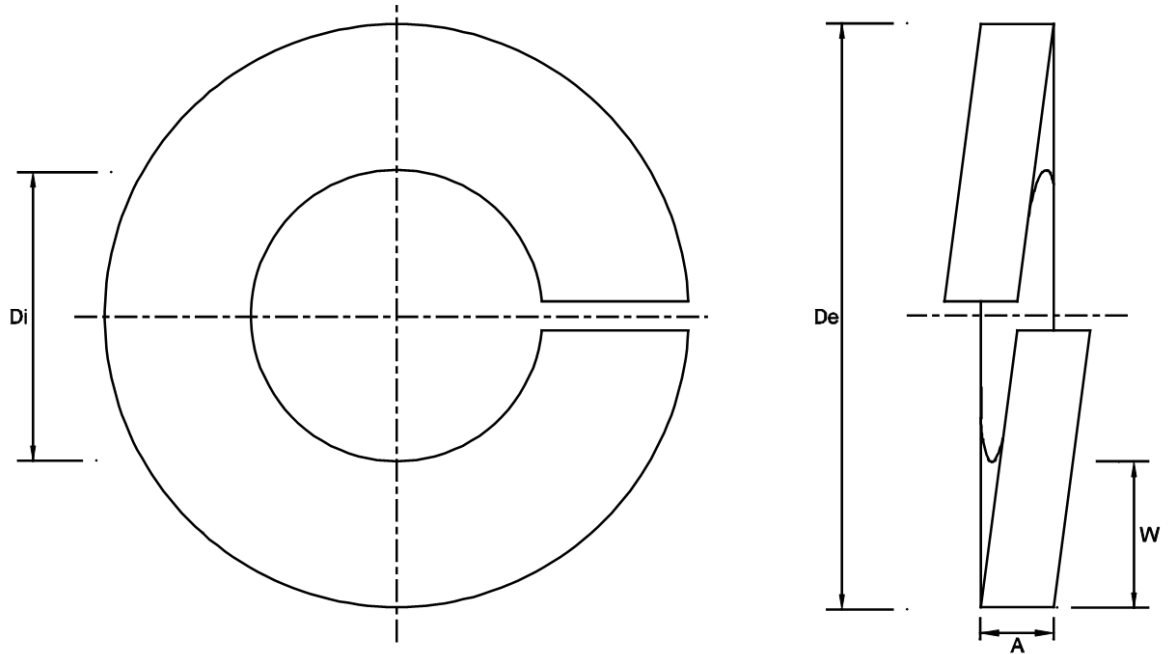


Tipo	Ø PERNO		d				D				B			
	mm	pulg.	mm	pulg.	Tol. +	Tol. -	mm	pulg.	mín.	máx.	mm	pulg.	máx.	mín.
0	9.6	3/8	11.1	7/16	0.38	0.13	25.4	1	0	0.4	20	13/16	2.4	1.2
1	13	1/2	14.3	9/16	0.38	0.13	35	1-3/8	0	0.4	2.8	7/64	3.6	2.2
2	16	5/8	17.5	11/16	0.76	0.18	44	1-3/8	0	0.4	3.2	1/8	3.8	2.7
3	19	3/4	20.6	13/16	0.76	0.18	51	2	0	0.4	4.0	5/32	4.6	3.5

NOTAS:

1. Dimensiones en milímetros.

- RA7-083 ARANDELA DE PRESIÓN

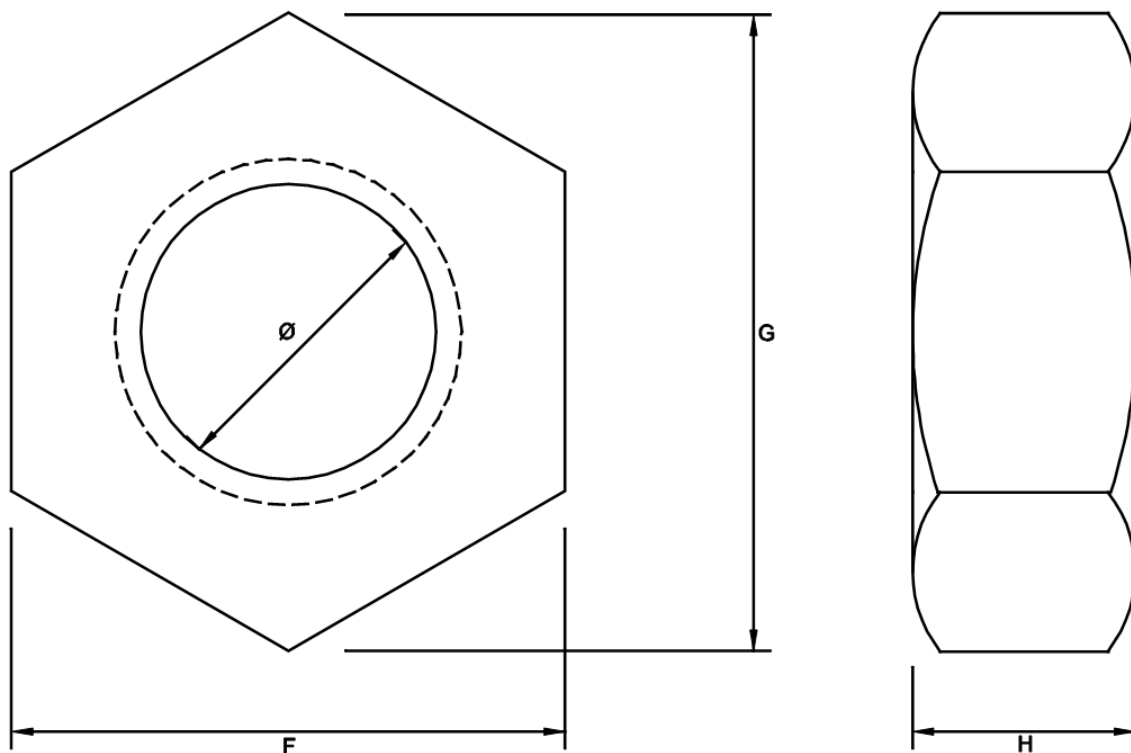


DIÁMETRO NOMINAL	Di DIÁMETRO INTERIOR		REGULAR		
			De DIÁMETRO EXTERIOR	A ESPESOR REGULAR	W ANCHO DE SECCIÓN
	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Mín.
mm (pulg)	mm	mm	mm	mm	mm
9.53 (3/8")	9.91	9.65	17.35	2.39	3.58
12.70 (1/2")	13.16	12.85	22.17	3.18	4.34
15.88 (5/8")	16.51	16.13	27.41	3.96	5.16
19.05 (3/4")	19.69	19.30	32.28	4.78	5.96

NOTAS:

1. Dimensiones en milímetros.

• RA7-069 TUERCA HEXAGONAL



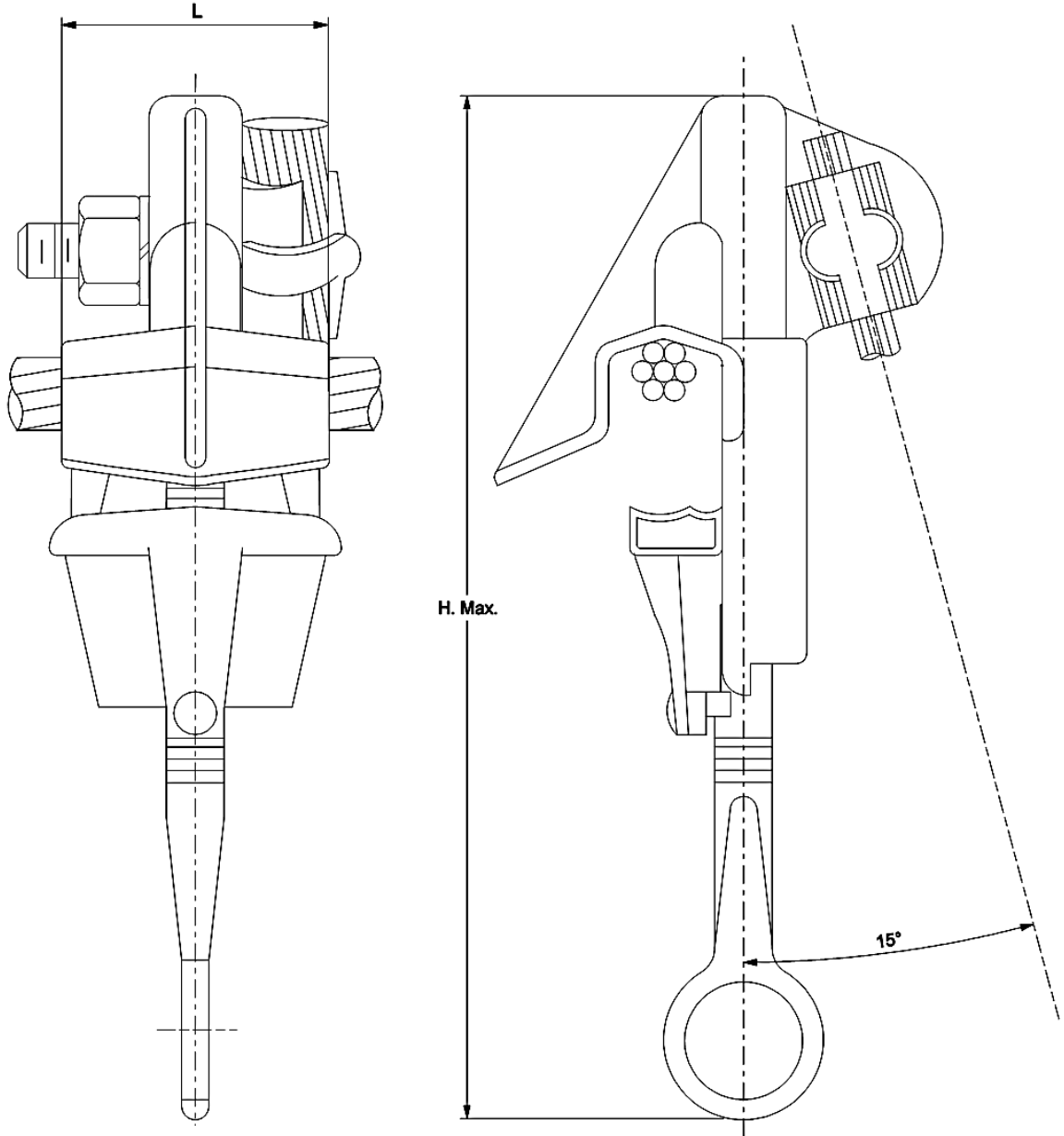
DIÁMETRO NOMINAL mm (pulg)	DIÁMETRO MAYOR		DIÁMETRO MEDIO		DIÁMETRO MENOR		ALTURA H		DISTANCIA ENTRE CARAS F		DISTANCIA ENTRE ARISTAS G		HILOS POR PULGADA
	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	
9.5 (3/8)		9.93	9.04	8.89	8.56	8.20	8.56	8.13	14.29	14.00	16.51	15.95	16
12.7 (1/2)		13.21	12.09	11.94	11.53	11.10	11.38	10.85	19.05	18.69	22.00	21.34	13
15.9 (5/8)		16.41	15.09	14.91	14.40	13.92	14.20	13.59	23.81	23.42	27.51	26.70	11
19.0 (3/4)		19.58	18.14	17.93	17.37	16.84	16.89	15.67	28.58	27.64	32.99	31.50	10

NOTAS:

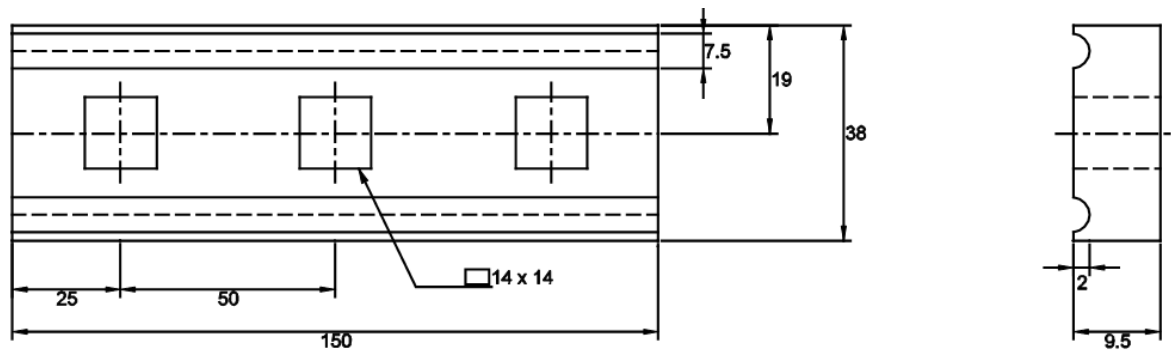
1. Dimensiones en milímetros.
2. Las dimensiones son antes del galvanizado.

- RA7-079 GRAPA LÍNEA VIVA

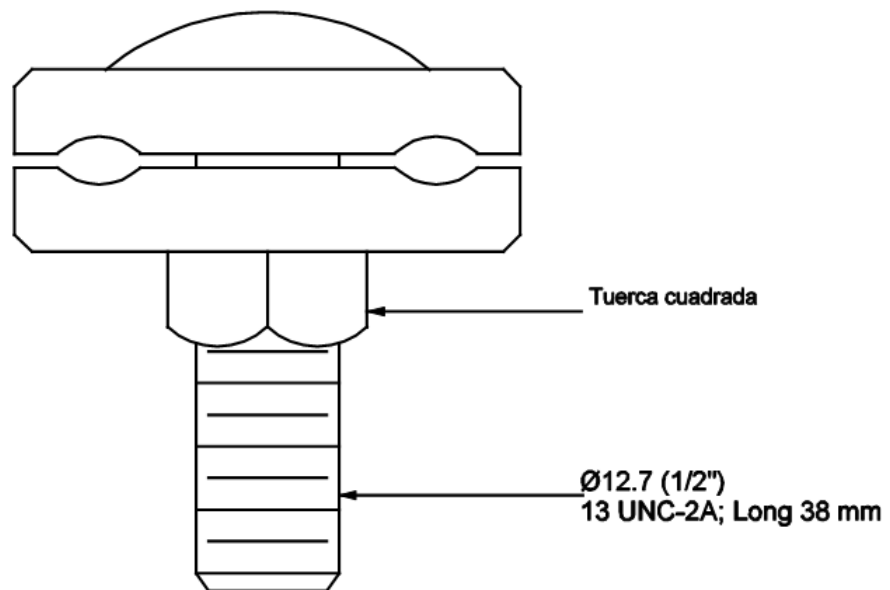
CONECTOR TRANSVERSAL



- RA7-098 GRAPA PRENSORA



VISTA B - B

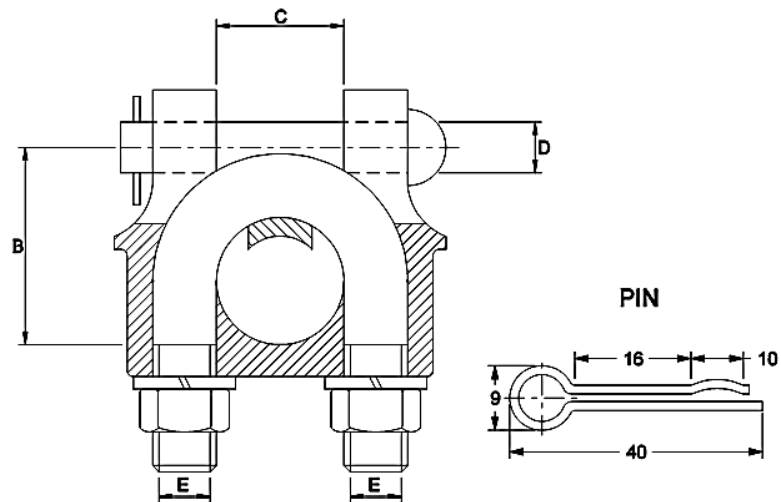
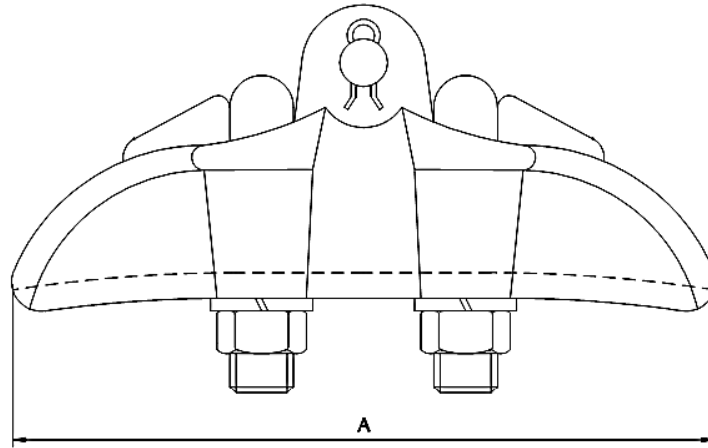


NOTAS:

1. Dimensiones en milímetros.
2. Material: lamina de acero AISI 1020, tornillo de acero AISI 1010, tuerca de acero ASTM A - 307.
3. Galvanizado: en caliente según norma ASTM A - 153.
4. Usos: amarre de cables desde calibre 6.35 (1/4") hasta calibre 11 (7/16").

- RA7-024 GRAPAS DE RETENCIÓN Y SUSPENSIÓN

GRAPA DE SUSPENSIÓN

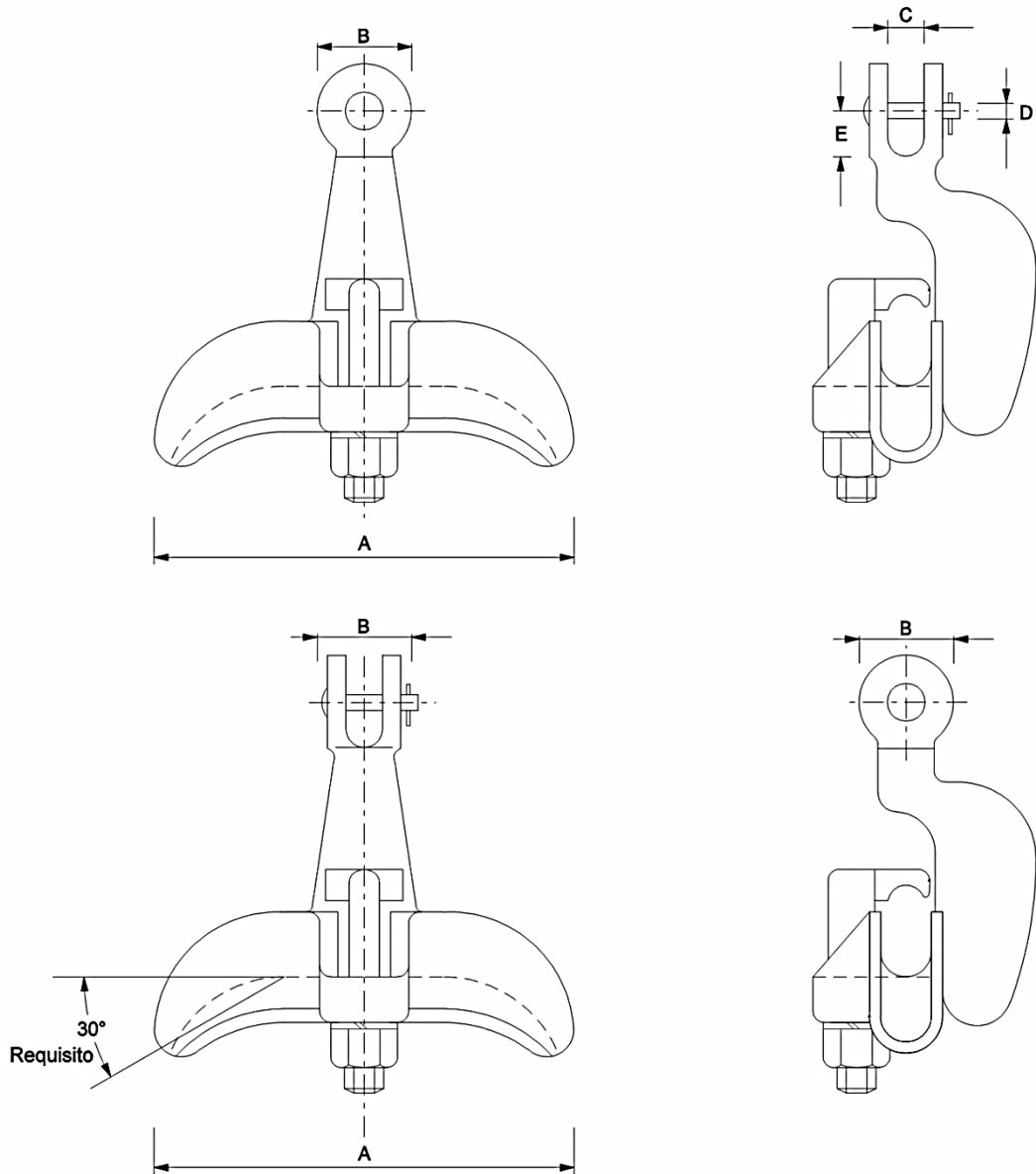


Diámetro conductor mm		Calibre AWG-KCM ACSR		Dimensiones				
mín.	máx.	mín.	máx.	A	B	C	D	E
6	12	4	2/0	140	55	20	16	13
12	16	2/0	266.8	180	60	20	16	13
16	23	266.8	500	180	60	25	16	13

NOTAS:

1. Dimensiones en milímetros.

GRAPA DE SUSPENSIÓN PARA ÁNGULO

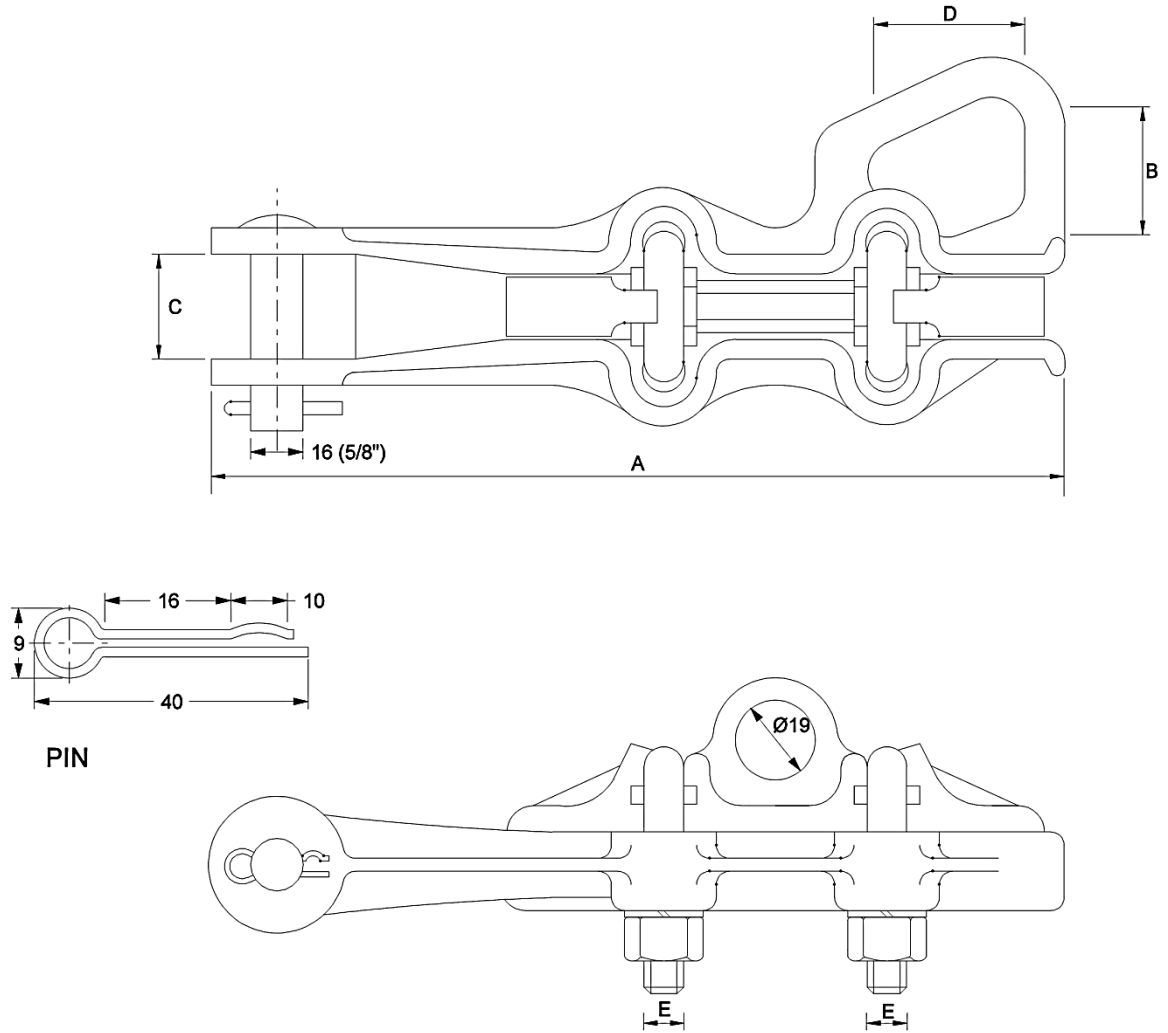


Calibre del conductor (mm)	Dimensiones				
	A	B	C	D	E
6 a 12	140	55	20	16	13
12 a 16	180	60	20	16	13

NOTAS:

1. Dimensiones en milímetros.

GRAPA TERMINAL TIPO RECTA

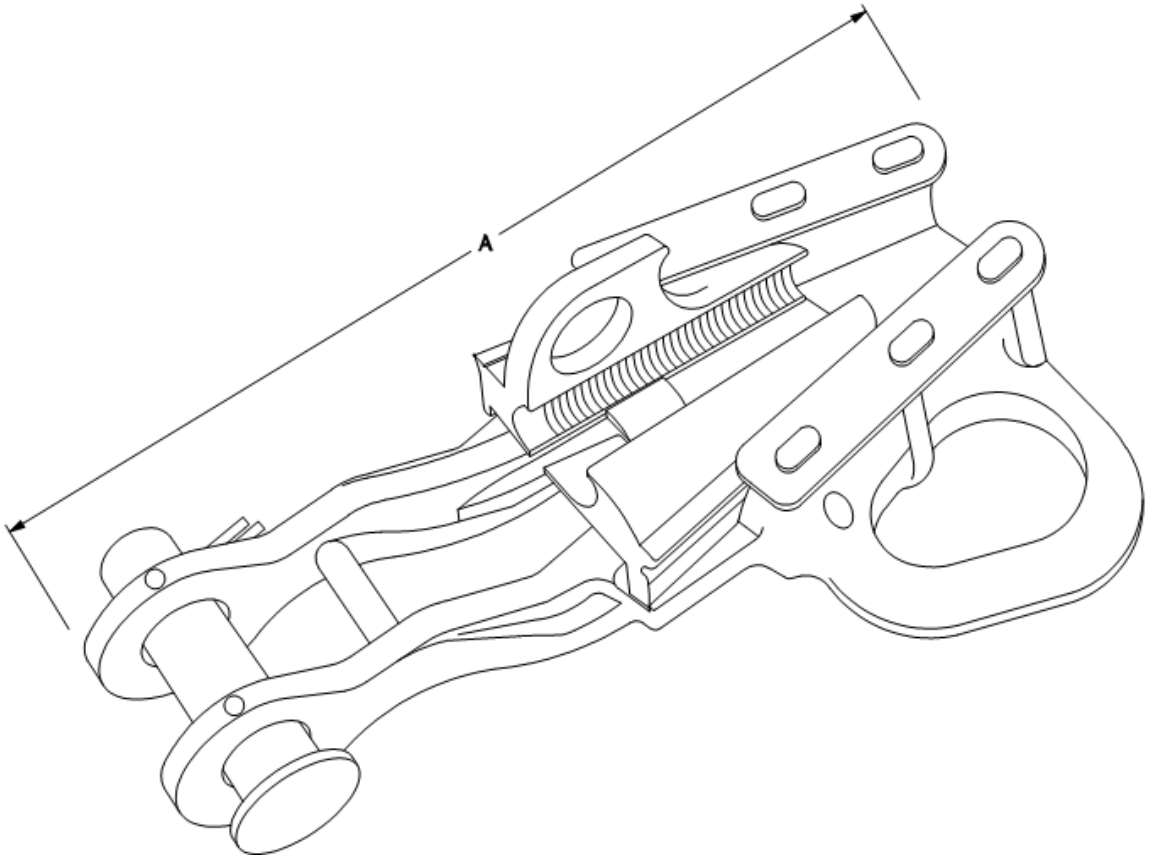


Diámetro Conductor mm.		Calibre AWG-KCM ACSR		Dimensiones				
mín.	máx.	mín.	máx.	A	B	C	D	E
6	12	4	2/0	200	22	20	30	13
12	16	2/0	266.5	230	25	20	30	13

NOTAS:

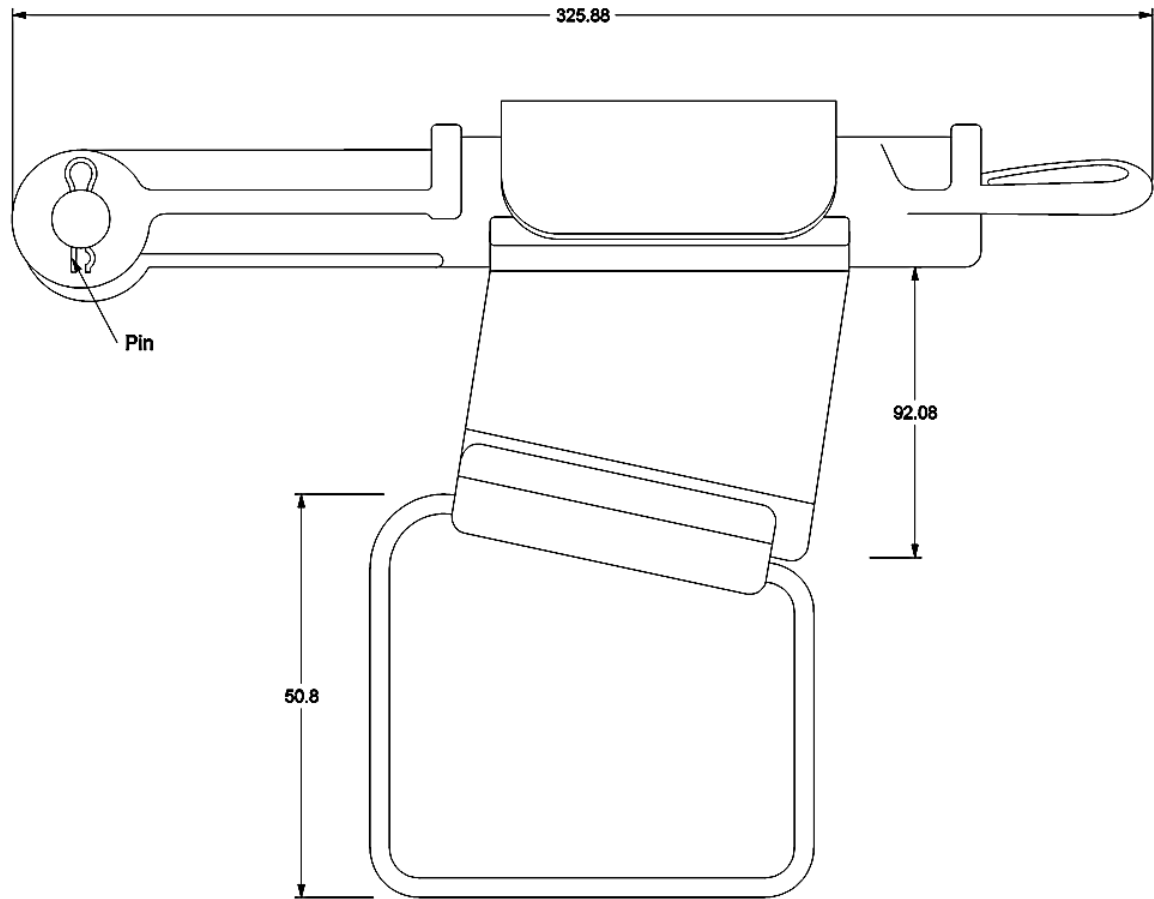
1. Dimensiones en milímetros.

GRAPA TERMINAL TIPO RECTA SIN PERNOS



Rango conductores		Dimensiones
ACSR	Aluminio	mm
No.4	2/0	5.8 - 11.68
No.4	4/0	5.8 - 14.5

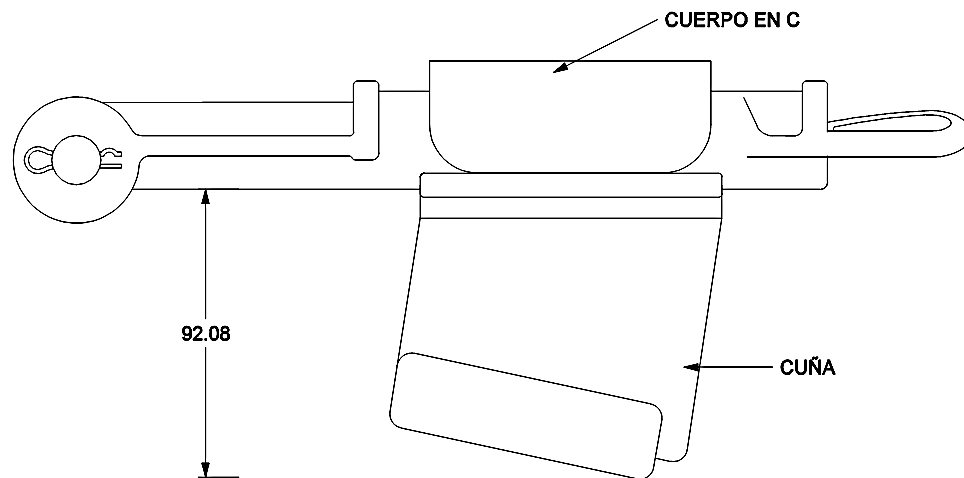
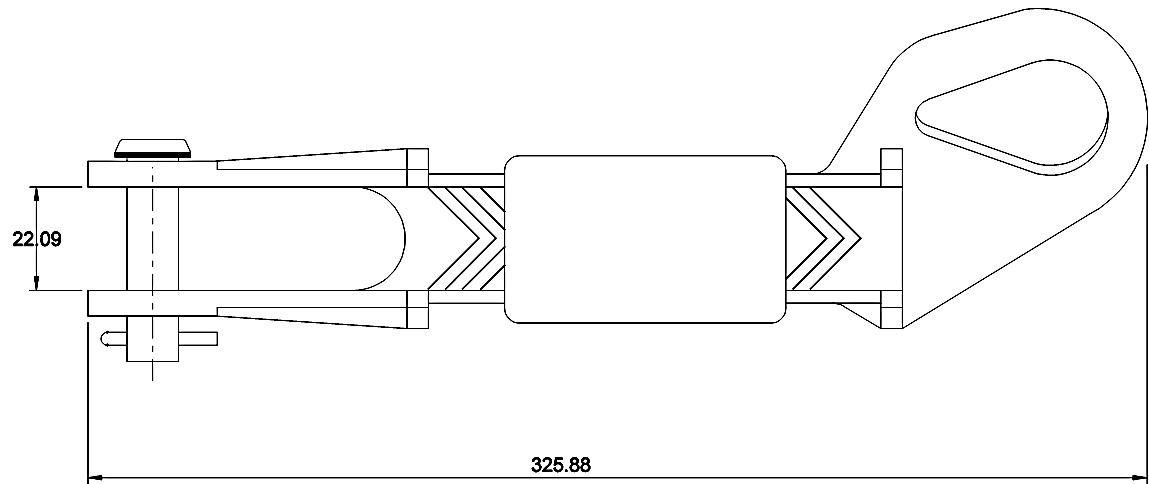
GRAPA TERMINAL TIPO RECTA CON CONECTOR CUÑA Y ESTRIBO



NOTAS:

1. Dimensiones en milímetros.

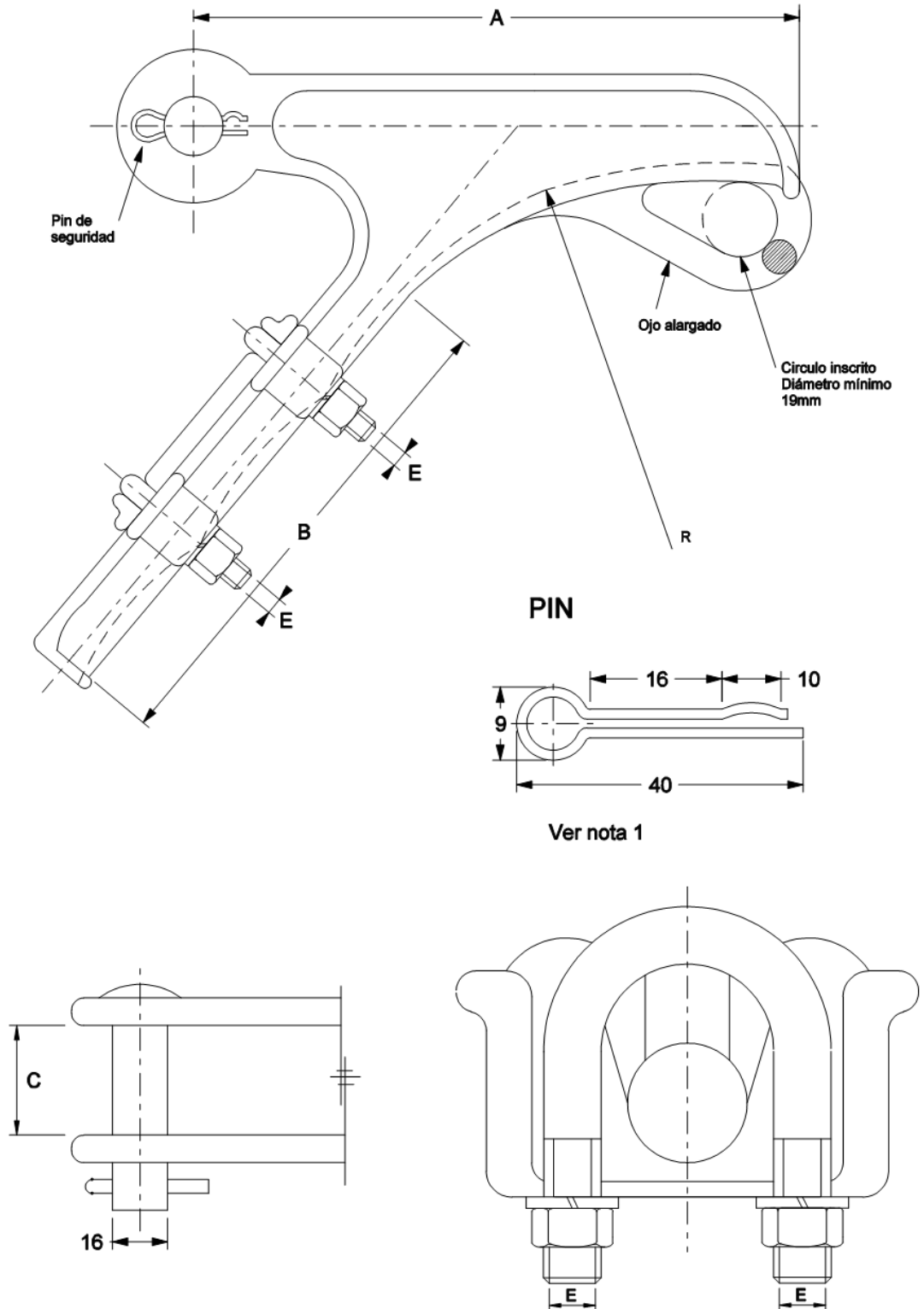
GRAPA TERMINAL TIPO RECTA CON CONECTOR CUÑA Y ESTRIBO



NOTAS:

1. Dimensiones en milímetros.

GRAPA TIPO PISTOLA DE DOS PERNOS EN U



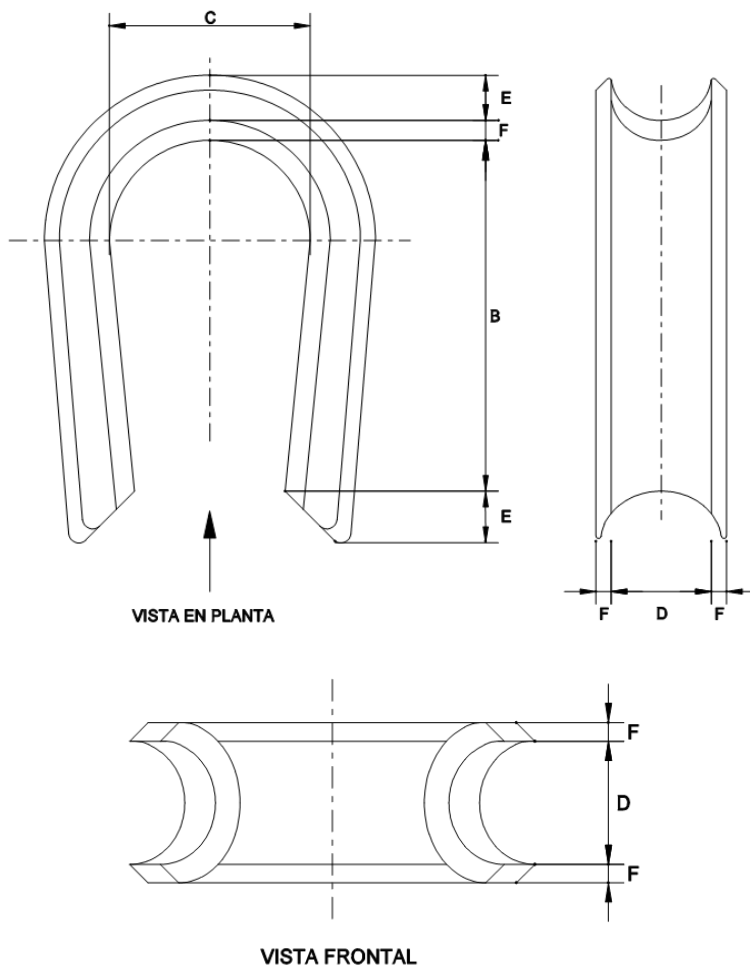
Diámetro del Pin	Dimensiones en pulgadas		
	A	B	D
5/8"	1 1/8"	3/16"	1,1/2"

Rango del Calibre	A	B	C	R	E
4 - 2/0	100	125	19	65	13
2/0 - 4/0	120	160	22	90	13

NOTAS:

1. Dimensiones en milímetros.

• RA7-023 GUARDACABOS

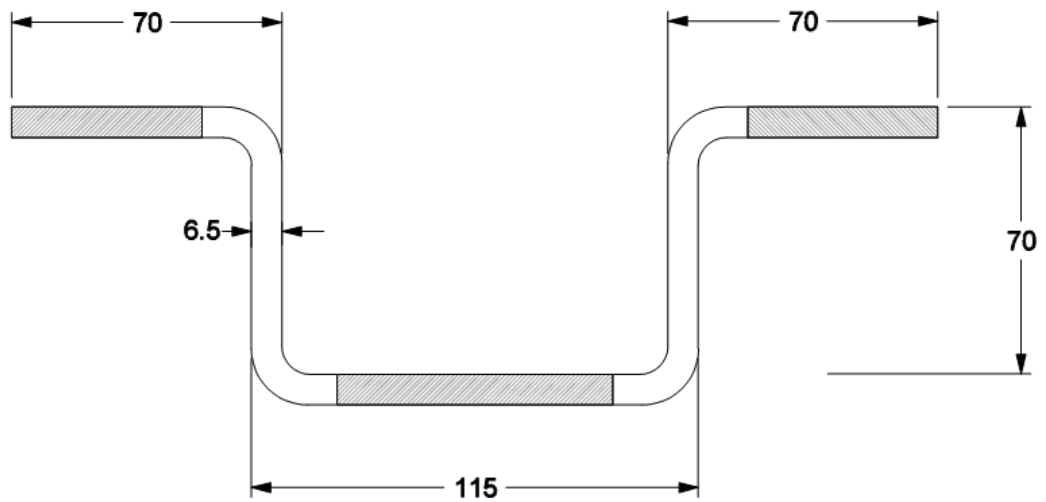
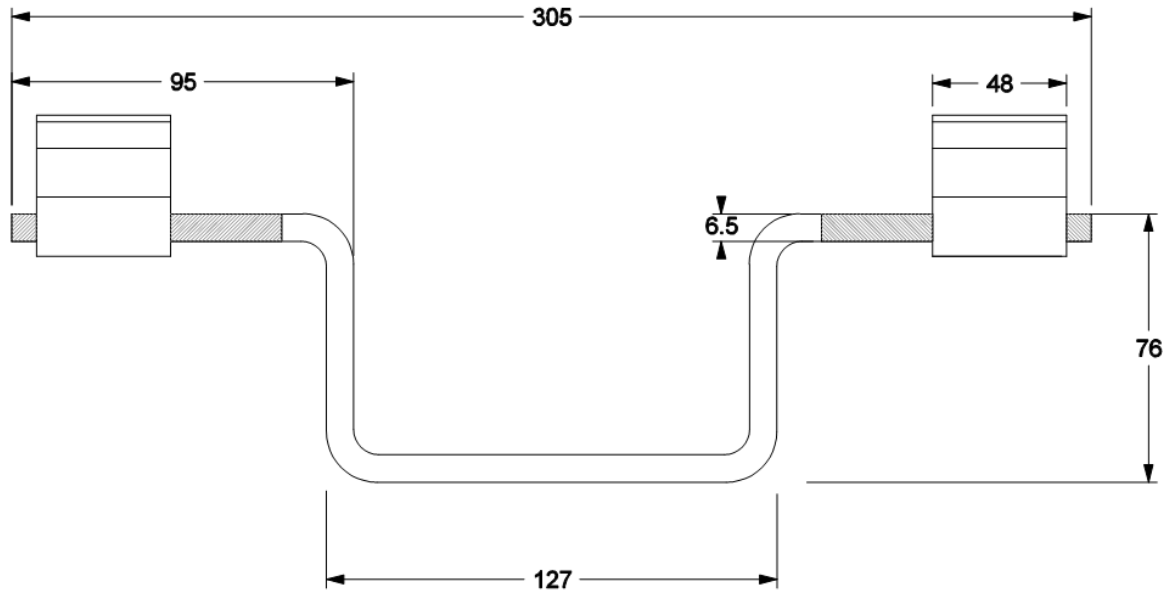


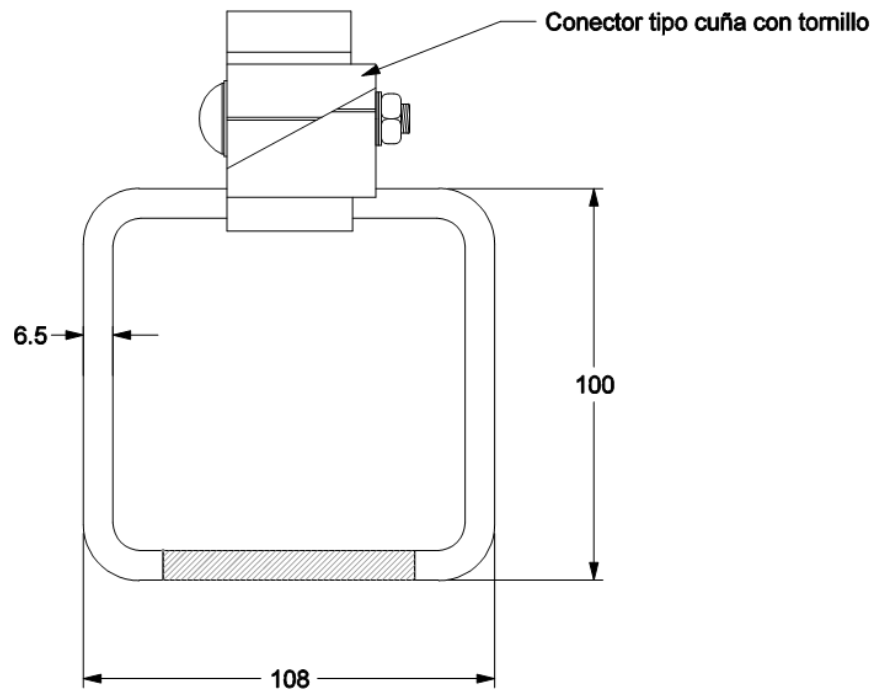
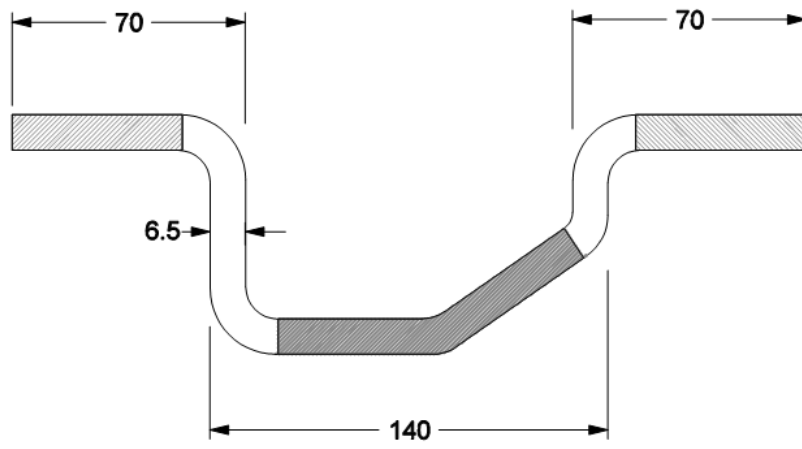
TIPO	Diámetro		B (mínimo)		C (mínimo)		D (mínimo)		D (máximo)		E (mínimo)		F (mínimo)	
	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.
1	6	1/4	41.3	1 5/8	19.1	3/4	7.1	9/32	7.9	5/16	4.8	3/16	1.6	1/16
2	8	5/16	47.6	1 7/8	25.4	1	8.7	11/32	9.5	3/8	7.1	9/32	2.0	5/64
3	10	3/8	54.0	2 1/8	28.6	1 1/8	10.3	13/32	11.1	7/16	6.7	17/64	2.8	7/64
4	11	7/16	57.2	2 1/4	31.8	1 1/4	11.9	15/32	12.7	1/2	7.9	5/16	3.2	1/8
5	13	1/2	66.7	2 5/8	38.1	1 1/2	13.5	17/32	15.9	5/8	9.5	3/8	3.6	9/64
6	14	9/16	69.9	2 3/4	38.1	1 1/2	15.1	19/32	15.9	5/8	9.5	3/8	3.6	9/64
7	16	5/8	82.6	3 1/4	44.5	1 3/4	16.7	21/32	17.5	11/16	10.3	13/32	4.0	5/32
8	19	3/4	95.3	3 3/4	50.8	2	19.8	25/32	20.6	13/16	12.7	1/2	5.6	7/32
9	22	7/8	108.0	4 1/4	57.2	2 1/4	23.8	15/16	25.4	1	14.3	9/16	5.6	7/32
10	25	1	114.3	4 1/2	63.5	2 1/2	27.0	1 1/16	29.4	1 5/32	18.3	23/32	6.4	1/4

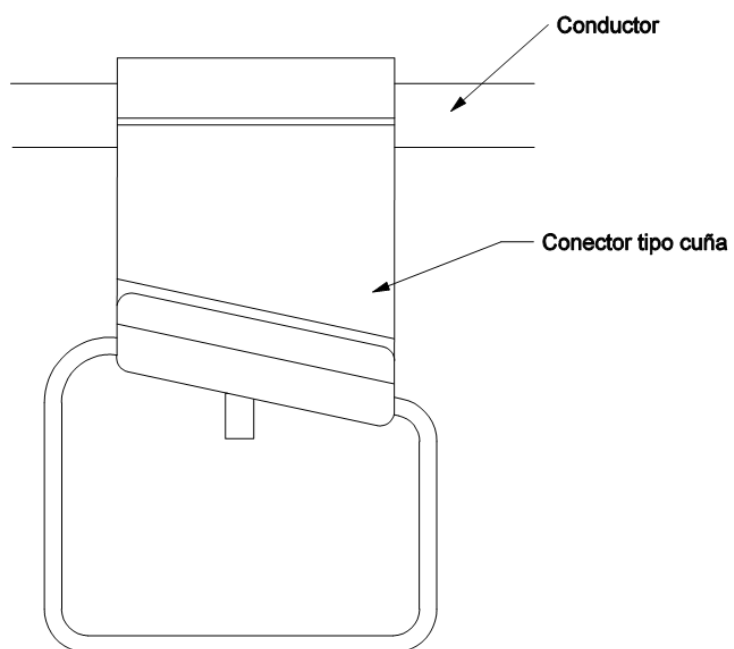
NOTAS:

1. Dimensiones en milímetros.
2. Diámetro se refiere al ojo de la varilla del anclaje
3. En las redes el guardacabos que más se utiliza es el tipo 7.

- RA7-080 ESTRIBO



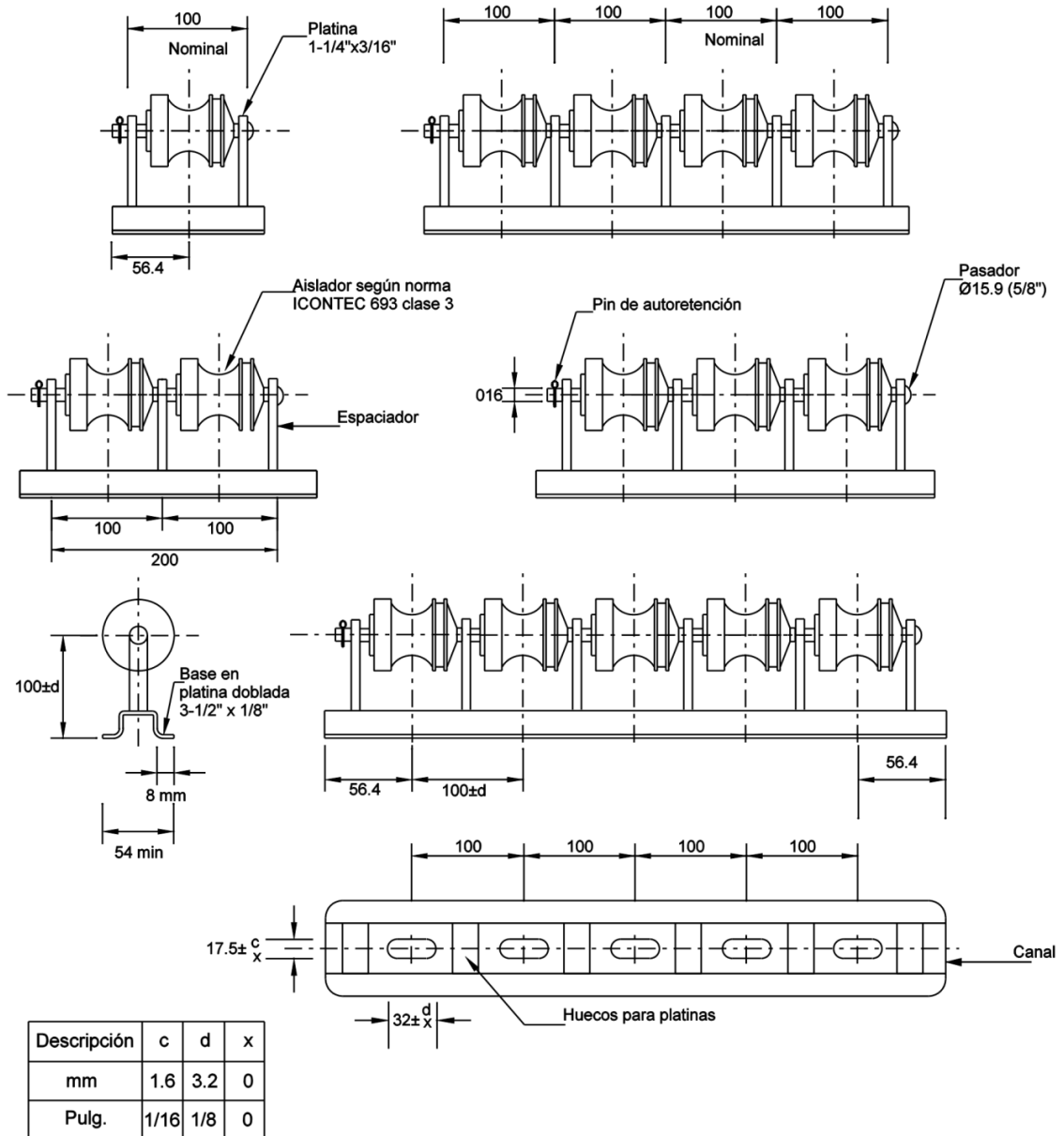




NOTAS:

1. Dimensiones en milímetros.

● RA7-019 PERCHA

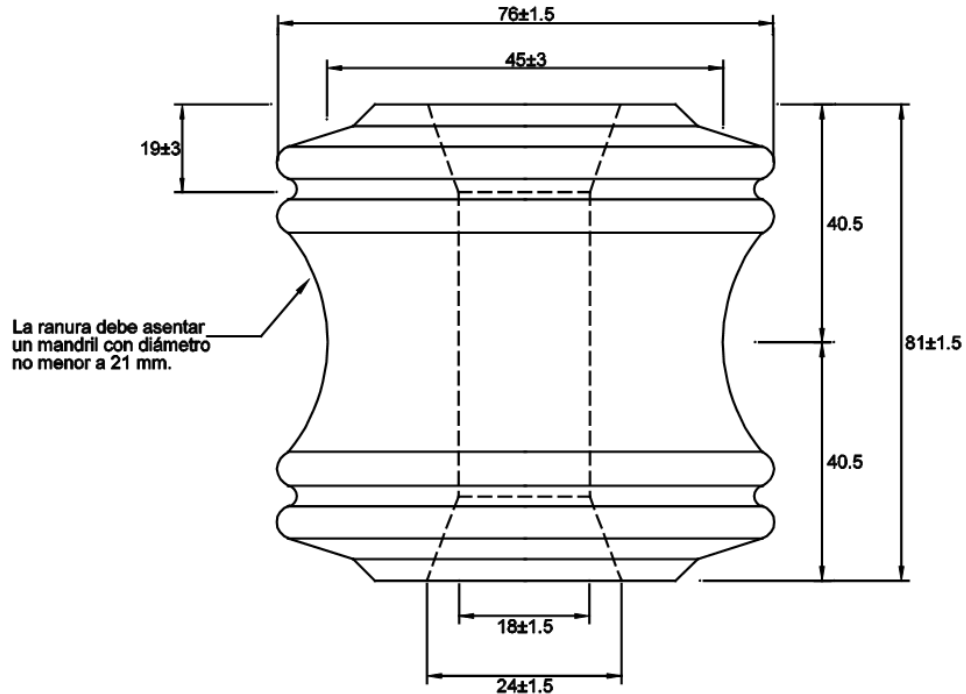


NOTAS:

1. Dimensiones en milímetros.
2. En esta norma se utilizó el símbolo de punto (.) para indicar agujeros de fijación de percha.
3. El diámetro mínimo de la cabeza del pasador excederá el diámetro máximo del agujero del espaciador en no menos de 3 mm.

Anexo H. AISLADORES

- RA7-105 AISLADOR TIPO CARRETE (CLASE AC3 - 53-3)



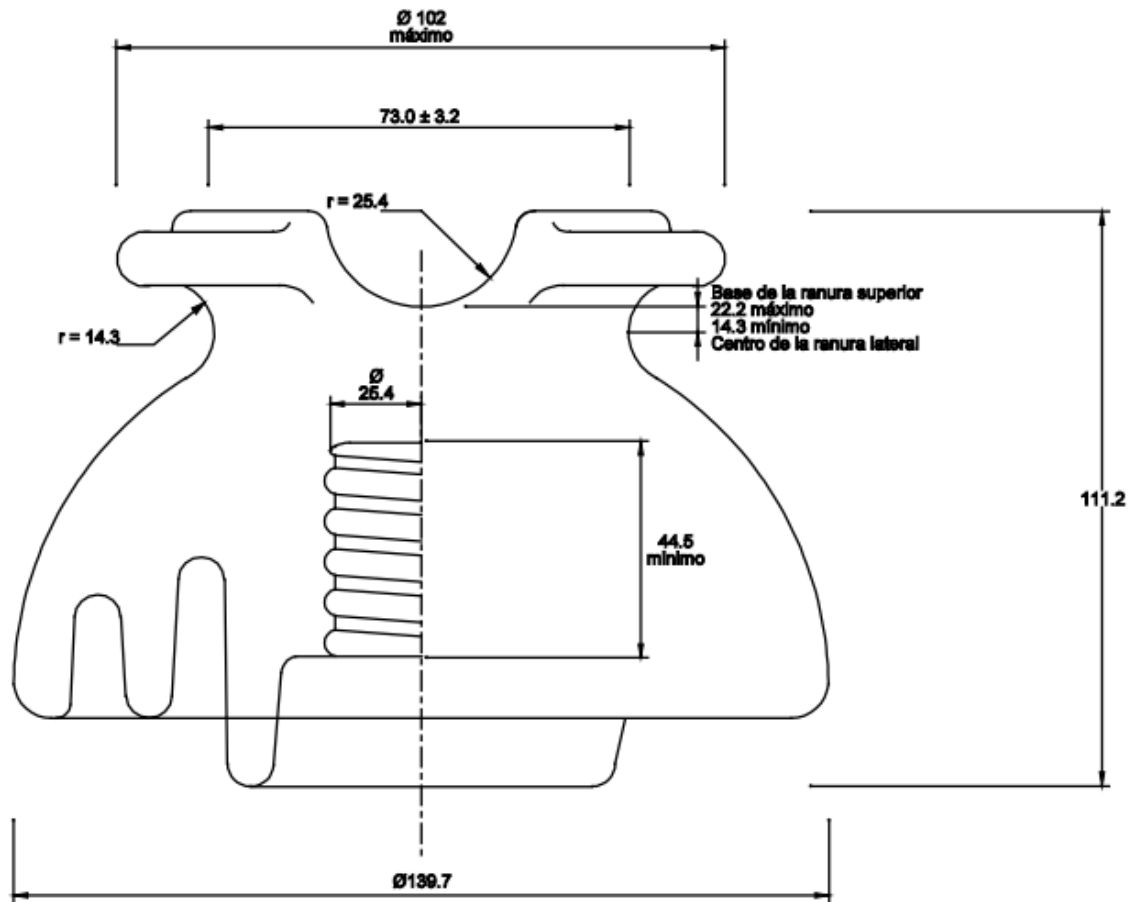
NOTAS:

1. Dimensiones en milímetros.
2. Características electromecánicas:
Valores mecánicos
Resistencia transversal: 17.8 kN

Valores eléctricos:
Flameo de baja frecuencia en seco: 25 kV
Flameo de baja frecuencia en húmedo Vertical..... 12 kV Horizontal.... 15 kV
3. Normas de fabricación ICONTEC 693
4. Material: Porcelana de buena calidad, libre de porosidad, alta rigidez dieléctrica y proceso de formación en húmedo.
Esmalte: Vítreo no conductor, con trabajo a la compresión y color café.
Voltaje de utilización: 240 V, 600 V. máximo.
Marca: nombre del fabricante y año de fabricación.

Usos: en distribución primaria y secundaria.

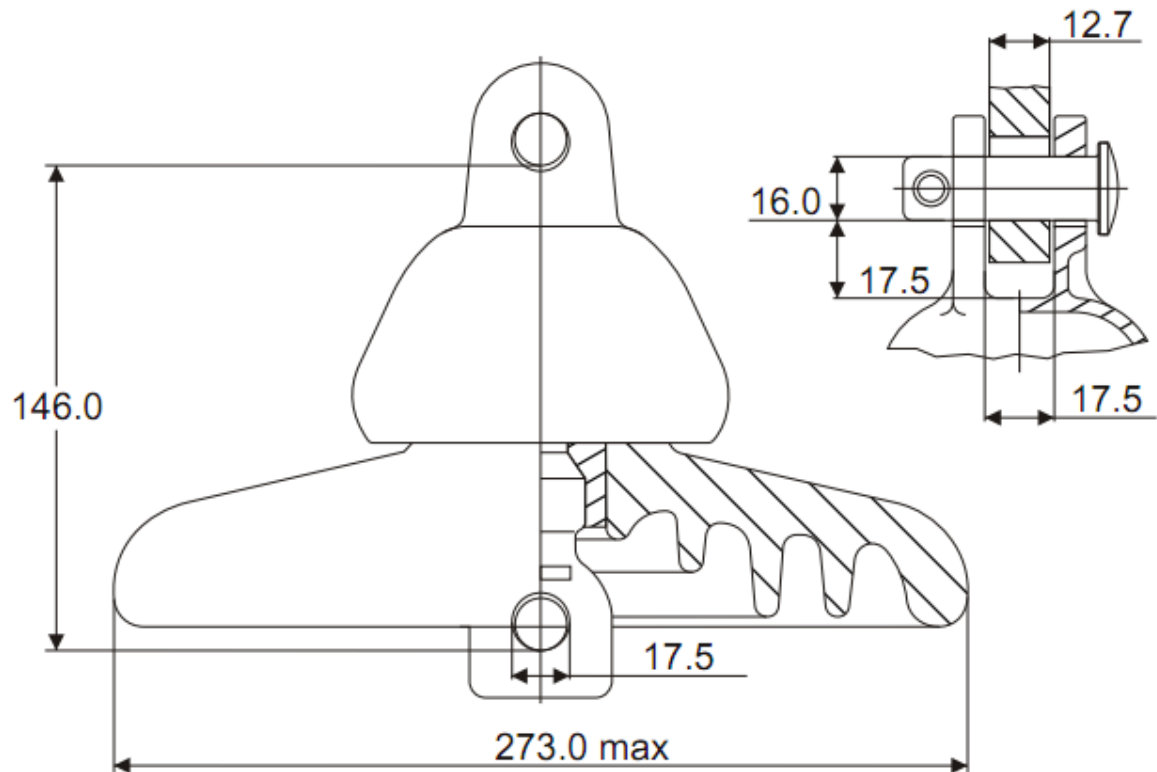
- AISLADOR TIPO PIN (CLASE AE4 - 55-4)



NOTAS:

1. Dimensiones en milímetros.
2. Sobre la ranura lateral se debe asentar completamente un mandril de 27 mm, pero no uno de 35 mm; en la ranura superior se debe asentar un mandril de 44,5 mm de diámetro.
3. Si se aplican al aislador revestimientos de alta resistencia, deben considerarse como superficies de fuga efectivas y la distancia sobre ellos será incluida en la distancia de fuga.

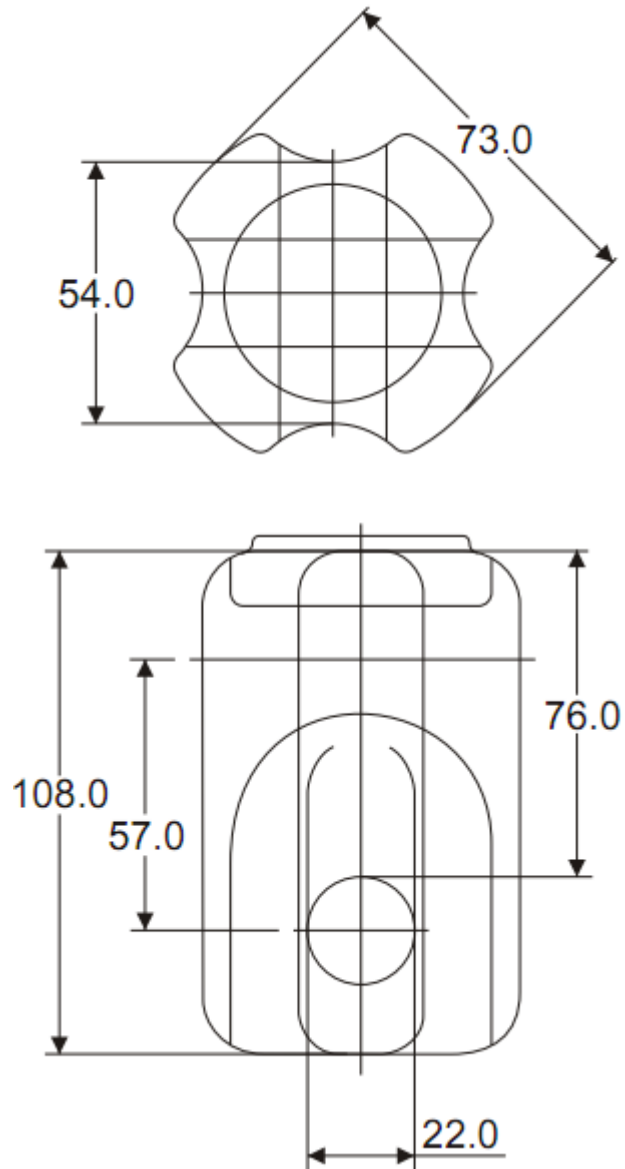
- AISLADOR DE SUSPENSIÓN TIPO CLEVIS (CLASE AS4 - 52-4)



NOTAS:

1. Dimensiones en milímetros.
2. La longitud de conexión de un cordón de seis aisladores seleccionados al azar será igual a seis veces el espaciamiento nominal de los aisladores $\pm 19,1$ mm ($\pm 3/4$ de pulgada).

- AISLADOR TIPO TENSOR (CLASE AT2 - 54-2)



NOTAS:

1. Dimensiones en milímetros.
2. El radio longitudinal en las áreas que lleven carga debe ser como mínimo igual a 19 mm. Se deben eliminar todos los bordes afilados que vayan a estar en contacto con cables.

Anexo I. FUSIBLE TIPO K

- **ET-501 ESPECIFICACIÓN TÉCNICA FUSIBLE PARA MT TIPO H, K Y T - CODENSA**

CORRIENTES DE FUSIÓN

TIPO K (rápido)

Corriente nominal permanente (A)	Corriente Nominal 300 Segundos +		Corriente Nominal 10 Segundos		Corriente Nominal 0,1 segundos		Relación de Velocidad
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
1	2,0	2,4	**	10	**	58	**
2	4	4,8	**	10	**	58	**
3	6	7,2	**	10	**	58	**
6	12,0	14,4	13,5	20,5	72	86	6,0
8	11	18	18	27	97	166	6,5
10	19,5	23,4	22,5	34	128	154	6,6
12	25	30	29,5	44	166	199	6,6
15	31,0	37,2	37,2	55	215	258	6,9
20	39	47	48,0	71	237	328	7,0
25	50	60	60	90	344	420	7,0
30	63	76	77,5	115	447	546	7,1
40	80	96	96	146	565	680	7,1
50	101	121	126	188	719	862	7,1
65	128	153	159	237	918	1100	7,2
80	160	192	205	307	1180	1420	7,4
100	200	240	258	388	1520	1820	7,6
140	310	372	430	650	2470	2970	8,0
200	480	576	760	1150	3880	4650	8,1

* Todos los valores están indicados en amperios

** No se indica ningún valor puesto que el requisito es que los valores nominales de 1, 2, 3A deben coordinar con el valor de 6 A, pero no necesariamente entre ellos.

+ 300 segundos para los hilos fusibles de 100A nominales y menores; 600 segundos para hilos fusibles de 140 y 200 A nominales.

