# ET109 Cable antifraude para baja tensión de A.P.

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

| Revisión #: | Entrada en vigencia: |
|---|---|
| 0 | 28 Junio 2024 |

Likinormas

Esta información ha sido extractada de la plataforma Likinormas de Enel colombia en donde se encuentran las normas y especificaciones técnicas. Consulte siempre la versión actualizada en https://likinormas.enelcol.com.co

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

# 1. OBJETO

Establecer las condiciones que deben satisfacer los cables pre-ensamblados cuádruplex, triplex de baja tensión especialmente antihurto que serán instalados en las redes aéreas de Alumbrado público en zonas urbanas y rurales críticas de vandalismo en Colombia fuera del área de cobertura de Enel Grids (Bogotá, Cundinamarca y otros municipios).

# 2. ALCANCE

La presente especificación se aplicará en todos los cables pre-ensamblados que adquiera ENEL Colombia S.A. ESP, , los cuales deben poseer excelentes características técnicas de desempeño, durabilidad y calidad para cumplir las condiciones de desempeño en los sistemas de distribución de energía de B.T., sobre todo para el suministro de cable aéreo antihurto para ser utilizados en las redes de Alumbrado público de Enel Colombia en zonas críticas de vandalismo.

Esta norma específica la construcción, dimensiones y requisitos de prueba que deben cumplir dicho cable de baja tensión con tensión nominal Uo/U (Umax) = 0,6/1 (1,2) kV utilizado en el sistema exclusivo de Alumbrado Público.

# 3. CONDICIONES DE SERVICIO

Los cables de baja tensión antihurto serán utilizados bajo las siguientes condiciones.

| **CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES** | |
|---|---|
| Altura sobre el nivel del mar | Desde 500 m hasta 2640 |
| Ambiente | Tropical |
| Humedad | Mayor al 90 % |
| Temperatura mínima y máxima. | - 5 ºC y 45 ºC respectivamente. |
| Temperatura promedio | 14 ºC |
| Instalación | A la intemperie |
| **CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS** | |
| Tensión Nominal del Sistema | 208/120 V, 120/240 V |
| Frecuencia del sistema | 60 Hz |
| Red de BT | Trifásica tetrafilar: 208/120 V |
| | Bifásica trifilar: 120/240 V |
| | Monofásica bifilar: 120 V |

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

# 4. SISTEMA DE UNIDADES Y DEFINICIONES

Todos los documentos técnicos, deben expresar las cantidades numéricas en unidades del sistema Internacional (S.I.). Si se usan catálogos, folletos o planos, en sistemas diferentes de unidades, deben hacerse las conversiones respectivas.

# 5. NORMAS TÉCNICAS DE FABRICACIÓN Y PRUEBAS

| NORMA | | DESCRIPCIÓN |
|---|---|---|
| NTC | ISO 2859-0 | Sampling procedures for inspection by attributes -- Part 0: Introduction to the ISO 2859 attribute sampling system |
| NTC | ISO 2859-1 | Sampling procedures for inspection by attributes -- Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection |
| NTC | 2050 | Código Eléctrico Colombiano. |
| UNE | HD 605 S2 | Electric cables - Additional test methods |
| UNE | HD 626 S1 | Overhead distribution cables of rated voltage Uo/U(Um): 0,6/1 (1,2) kV |
| IEC | 60228 | Conductors of insulated cables |
| IEC | 60502-1 | Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV up to 30 kV – Part 1: cables for rated voltages of 1 kV and 3 kV. |
| IEC | 60811-100 | Electric and optical fibre cables - Test methods for non-metallic materials-Part 100: General |
| IEC | 60811-201 | Electric and optical fibre cables - Test methods for non-metallic materials-Part 201: General tests - Measurement of insulation thickness |
| IEC | 60811-202 | Electric and optical fibre cables - Test methods for non-metallic materials-Part 202: General tests - Measurement of thickness of non-metallic sheath |
| IEC | 60811-203 | Electric and optical fibre cables - Test methods for non-metallic materials-Part 203: General tests - Measurement of overall dimensions |
| IEC | 60811-401 | Electric and optical fibre cables - Test methods for non-metallic materials-Part 401: Miscellaneous tests - Thermal ageing methods - Ageing in an air oven |
| IEC | 60811-402 | Electric and optical fibre cables - Test methods for non-metallic materials-Part 402: Miscellaneous tests - Water absorption tests |

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

| NORMA | | DESCRIPCIÓN |
|---|---|---|
| IEC | 60811-403 | Electric and optical fibre cables - Test methods for non-metallic materials-Part 403: Miscellaneous tests - Ozone resistance tests on cross-linked compounds |
| IEC | 60811-409 | Electric and optical fibre cables - Test methods for non-metallic materials Part 409: Miscellaneous tests - Loss of mass test for thermoplastic insulations and sheaths |
| IEC | 60811-501 | Electric and optical fibre cables - Test methods for non-metallic materials-Part 501: Mechanical tests - Tests for determining the mechanical properties of insulating and sheathing compounds |
| IEC | 60811-502 | Electric and optical fibre cables - Test methods for non-metallic materials Part 502: Mechanical tests - Shrinkage test for insulations |
| IEC | 60811-504 | Electric and optical fibre cables - Test methods for non-metallic materials-Part 504: Mechanical tests - Bending tests at low temperature for insulation and sheaths |
| IEC | 60811-505 | Electric and optical fibre cables - Test methods for non-metallic materials-Part 505: Mechanical tests - Elongation at low temperature for insulations and sheaths |
| IEC | 60811-506 | Electric and optical fibre cables - Test methods for non-metallic materials-Part 506: Mechanical tests - Impact test at low temperature for insulations and sheaths |
| IEC | 60811-507 | Electric and optical fibre cables - Test methods for non-metallic materials-Part 507: Mechanical tests - Hot set test for cross-linked materials |
| IEC | 60811-605 | Electric and optical fibre cables - Test methods for non-metallic materials-Part 605: Physical tests - Measurement of carbon black and/or mineral filler in polyethylene compounds |
| IEC | 62230 | Electric cables - Spark-test method |
| NTC | 309 (ASTM B 232) | Conductores de aluminio cableado concéntrico reforzado con núcleo de acero recubierto (ACSR) |
| NTC | 360 (ASTM B 230) | Alambres de aluminio 1350 H 19 para usos eléctricos |
| NTC | 461 (ASTM B 498) | Núcleo de alambre de acero recubierto con Cinc para uso en conductores eléctricos aéreos |
| NTC | NTC 1743 (ASTM B 233) | Alambrón de aluminio 1350 para usos eléctricos |
| NTC | NTC 2729 (ASTM B 398) | Alambre de aleación de aluminio 6201-T81 para usos eléctricos |
| NTC | NTC 2730 (ASTM B 399) | Conductores de aluminio aleado 6201-T81 cableado concéntrico |

Pueden emplearse otras normas internacionalmente reconocidas equivalentes o superiores a

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

las aquí señaladas, siempre y cuando se ajusten a lo solicitado en la presente Especificación Técnica.

Las normas citadas en la presente especificación (o cualquier otra que llegare a ser aceptada por Enel Colombia) se refieren a su última revisión.

# 6. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARTICULARES

## 6.1. Cables normalizados

Los conductores de fase deben ser de aluminio 1350-H19 y el conductor neutro - mensajero puede ser en ACSR ó en AAAC. El aislamiento de cada conductor de fase como el del conductor neutro - mensajero, son en XLPE.

Los conductores de aluminio deberán cumplir todas las características especificadas en este documento y en la norma IEC 60228.

Los cables de los conductores de fase serán circulares trenzados compactados (Clase 2) fabricados de aluminio con un grado de pureza del 99,5%.

Por otro lado, para cables soportados por neutro el conductor neutro de aleación de aluminio será trenzado circular no compactado, fabricado con alambres que cumplirán todas las características especificadas en la norma EN 50183, específicamente para el tipo AL 35mm2.

En las Tablas 1 y 2 se muestran las características de los conductores de aluminio y aleación de aluminio.

| **Sección nominal [mm2]** | **Número mínimo de cables** | **Diámetro de los conductores [mm]** | | **Resistencia máxima del conductor a 20°C [Ω/km]** |
|---|---|---|---|---|
| | | **Mínimo** | **Máximo** | |
| 25 | 6(7)* | 5,6 | 6,5 | 1,20 |
| 35 | 6 | 6,6 | 7,5 | 0,868 |
| 50 | 6 | 7,7 | 8,6 | 0,641 |
| 54,6** | 7 | 9,2 | 9,8 | 0,630 |
| 70 | 12 | 9,3 | 10,2 | 0,443 |
| 80** | 19 | 11,2 | 12,0 | 0,437 |
| 95 | 15 | 11,0 | 12,0 | 0,320 |
| 150 | 15 | 13,9 | 15,0 | 0,206 |
| *(7) Para conductores no compactados | | | | |
| **Conductor de aleación de aluminio utilizado para núcleos neutros | | | | |

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

Tabla 1 Características de los conductores de aluminio y aleación de aluminio.

La dirección de tendido de la capa externa de los conductores debe ser la dirección "Z" a la derecha.

Los cables normalizados por la Empresa para redes trifásicas son:

Conductor neutro – mensajero en ACSR
- 3 x 95mm2  AAC XLPE + 1 x 54,6 ACSR XLPE
- 3 x 70mm2  AAC XLPE + 1 x 54,6  ACSR XLPE
- 3 x 35mm2 AAC XLPE + 1 x 54,6 mm2 ACSR XLPE

- 3 x 25mm2 AAC XLPE + 1 x 54,6 mm2 ACSR XLPE

- 3 x 20mm2 AAC XLPE + 1 x 54,6 mm2 ACSR XLPE

Conductor neutro – mensajero en AAAC
- (3 x 95mm2  AAC XLPE + 1 x 54,6 mm2 AAAC) XLPE
- (3 x 70mm2  AAC XLPE + 1 x 54,6 mm2AAAC) XPLE
- (3 x 35mm2  AAC XLPE + 1 x 54,6 mm2AAAC) XLPE

- (3 x 25mm2  AAC XLPE + 1 x 54,6 mm2AAAC) XLPE

- (3 x 20mm2  AAC XLPE + 1 x 54,6 mm2AAAC) XLPE

Los cables normalizados por la compañía para redes bifásicas rurales son:
2 x 50mm2 AAC XLPE + 1 x 54,6mm2 ACSR desnudo
2 x 50mm2 AAC XLPE + 1 x 54,6 mm2 ACSR XLPE

2 x 25mm2  AAC XLPE + 1 x 54,6 mm2AAAC) XLPE

Los cables normalizados por la compañía para redes monofásicas rurales son:
1 x 35 mm2 AAC XLPE + 1 x 54,6 mm2  ACSR desnudo
1 x 35 mm2 AAC XLPE + 1 x 54,6  mm2 ACSR XLPE

1 x 25mm2  AAC XLPE + 1 x 54,6 mm2AAAC) XLPE

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

Máxima temperatura del conductor
- Operación normal: 90°C
- Emergencia: 130°C
- Cortocircuito (5 seg de duración máxima): 250°C

Conductor y cable terminado
Para cables pre-ensamblados trifásicos de cuatro hilos, los conductores de fase, el neutro mensajero y el aislamiento, deben cumplir con las características generales dadas en la Tabla No. 3.
Para cables pre-ensamblados bifásicos de tres hilos, los conductores de fase, el neutro mensajero y el aislamiento, deben cumplir con las características generales dadas en la Tabla No. 2.

Para cables pre-ensamblados monofásicos de dos hilos, el conductor de fase, el neutro mensajero y el aislamiento, deben cumplir con las características generales dadas en la Tabla No. 1.

Marcación de los cables

Los cables aislados de fase deberá marcarse en forma legible e indeleble, sobre el aislamiento, repitiendo la letra de la fase correspondiente (A, B, y C) para redes trifásicas; (A, B), (A, C), (B, C) para redes bifásicas y (A ó B ó C) para redes monofásicas, cinco (5) veces, y con una separación máxima entre cada grupo de cinco, de 50 centímetros. Como alternativa para redes bifásicas o monofásicas se permite implementar trazas continuas, legibles e indelebles sobre el aislamiento 1 y 2 trazas para cada cable de fase.

**Tabla No. 1 – Requisitos generales del cable Duplex**
1 x 35 mm2 AAC XLPE + 1 x 54.6mm2 ACSR desnudo o XLPE

| **Conductor de fase** | | |
|---|---|---|
| Calibre | AWG | 35 |
| Nombre clave | | Chow |
| Clase de cableado | | B |
| Diámetro total | mm | 17,5 |
| No. alambres de aluminio | | 7 |
| Peso unitario | kg/km | 267 |
| Resistencia máxima D.C. a 20 ºC | Ω/km | 0,854 |
| Capacidad de corriente | A | 150 |
| Alambres de aluminio | | |
| Material | | Al 1350-H19 |
| Calibre | AWG | 35 |

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

| | | |
|---|---|---|
| Conductor neutro-mensajero ACSR | | |
| Material | | ACSR |
| Calibre | mm2 | 54,6 |
| Clase de cableado | | AA |
| Sección | mm² | 33,64 |
| Diámetro | mm | 8,026 |
| Hilos aluminio / acero | | 6 / 1 |
| Diámetro hilos aluminio | mm | 2,672 |
| Diámetro hilos acero | mm | 2,872 |
| Peso unitario | kg/km | 135,72 |
| Resistencia máxima D.C. a 20 ºC | Ω/km | 0,85 |
| Resistencia a la tracción | kgf | 1291 |
| Aislamiento (fases y neutro) | | |
| Material | | XLPE-UV |
| Temperatura de funcionamiento | ºC | 90 |
| Espesor de aislamiento | mm | 1,52 |
| Constante de resistencia de aislamiento | MΩ·km | 6100 |
| Propiedades físicas, 20 - 28 ºC | | |
| - Resistencia mínima a la tracción | Mpa | 12,41 |
| - Elongación mínima a la rotura | % | 250 |
| Propiedades físicas, después de envejecimiento en horno de aire a 121 ± 1 ºC, durante 168 h | | |
| - Resistencia mínima a la tracción, porcentaje del valor no envejecido | % | 75 |
| - Elongación mínima a la rotura, porcentaje del valor no envejecido | % | 75 |
| Propiedades físicas, después del ensayo de fluencia en caliente a 150 ± 2 ºC | | |
| - Elongación máxima de fluencia en caliente | % | 175 |
| - Ajuste máximo de fluencia en caliente | % | 10 |

**Tabla No. 2 – Requisitos generales del cable Triplex**

2 x 50 mm2 AAC XLPE + 1 x 54.6 mm2 ACSR desnudo o XLPE

| | | |
|---|---|---|
| Conductor de fase | | |
| Calibre | Mm2 | 50 |
| Nombre clave | | Neritina |
| Clase de cableado | | B |
| Sección | mm² | 33,65 |
| Diámetro | mm | 26 |
| No. alambres de aluminio | | 7 |
| Diámetro alambres | mm | 2,474 |

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

| | | |
|---|---|---|
| Peso unitario | kg/km | 640 |
| Resistencia máxima D.C. a 20 ºC | Ω/km | 0,537 |
| Capacidad de corriente | A | 184 |
| Alambres de aluminio | | |
| Material | | Al 1350-H19 |
| Calibre | mm2 | 35 |
| Conductor neutro-mensajero ACSR | | |
| Nombre clave | | |
| Material | | ACSR |
| Calibre | Mm2 | 54,6 |
| Clase de cableado | | AA |
| Sección | mm² | |
| Diámetro | mm | |
| Hilos aluminio / acero | | 6 / 1 |
| Diámetro hilos aluminio | mm | 2,672 |
| Diámetro hilos acero | mm | 2,872 |
| Peso unitario | kg/km | 135,72 |
| Resistencia máxima D.C. a 20 ºC | Ω/km | 0,534 |
| Resistencia a la tracción | kgf | 1987 |
| **Alambres de aluminio** | | |
| Material | | Al 1350-H19 |
| **Alambres de acero** | | |
| Clase de galvanizado | | AA |
| Esfuerzo mínimo al 1% de alargamiento | MPa | 1280 |
| Resistencia a la tracción mínima | MPa | 1410 |
| Elongación mínima en 254 mm | % | 3,5 |
| Aislamiento (fases y neutro) | | |
| Material | | XLPE-UV |
| Temperatura de funcionamiento | ºC | 90 |
| Espesor de aislamiento | mm | 1,52 |
| Constante de resistencia de aislamiento | MΩ·km | 6100 |
| Propiedades físicas, 20 - 28 ºC | | |
| - Resistencia mínima a la tracción | Mpa | 12,41 |
| - Elongación mínima a la rotura | % | 250 |
| Propiedades físicas, después de envejecimiento en horno de aire a 121 ± 1 ºC, durante 168 h | | |
| - Resistencia mínima a la tracción, porcentaje del valor no envejecido | % | 75 |
| - Elongación mínima a la rotura, porcentaje del valor no envejecido | % | 75 |
| Propiedades físicas, después del ensayo de fluencia en caliente a 150 ± 2 ºC | | |

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

| | | |
|---|---|---|
| - Elongación máxima de fluencia en caliente | % | 175 |
| - Ajuste máximo de fluencia en caliente | % | 10 |

Tabla No. 3 – Requisitos generales del cable Cuadruplex

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Conductores de fase | | | | |
| Calibre | mm2 | 35 | 70 | 95 |
| Clase de cableado | | B | B | B |
| Sección | mm2 | 33.65 | 67.47 | 107.2 |
| Diámetro | mm2 | 7.422 | 10.63 | 13.4 |
| No. Alambres de aluminio | | 7 | 19 | 19 |
| Diametro alambres | mm | 2.474 | 2.126 | 2.68 |
| Peso unitario | kg/km | 92,75 | 186 | 295,7 |
| Resistencia máxima D.C. a 20 ºC | Ohmio/km | 0,8539 | 0,4259 | 0,268 |
| Conductor neutro mensajero ACSR | | | | |
| Nombre clave | | Swan | Raven | Quail |
| Calibre | mm2 | 25 | 50 | 70 |
| Sección | mm2 | 24.633 | 62.475 | 78.61 |
| Diámetro | | 6.354 | 10.11 | 11.35 |
| Hilos aluminio/acero | | 6/1 | 6/1 | 6/1 |
| Diametro hilos de aluminio | mm | 2.118 | 3.371 | 3.782 |
| Diametro hilos de acero | mm | 2.118 | 3.371 | 3.782 |
| Peso unitario | kg/km | 85,41 | 216,06 | 272,45 |
| Resistencia máxima D.C. a 20 ºC | Ohmio/km | 13,527 | 0,534 | 0,4242 |
| Conductor neutro mensajero AAAC | | | | |
| Nombre clave | | Alton | Azusa | Anaheim |
| Calibre | mm2 | 25 | 50 | 70 |
| Sección | mm2 | 24.7 | 62.5 | 78.7 |
| Diámetro | mm | 6.354 | 10.11 | 11.35 |
| Hilos aluminio/acero | | 7 | 7 | 7 |
| Diametro hilos de aluminio | mm | 2.118 | 3.371 | 3.782 |
| Peso unitario | kg/km | 67,56 | 171 | 215,6 |
| Resistencia máxima D.C. a 20 ºC | Ohmio/km | 21,854 | 0,8628 | 0,6846 |
| Aislamiento (fases y neutro) | | | | |
| Nombre clave | | XLPE | Azusa | Anaheim |
| Calibre | mm2 | 25 | 50 | 70 |
| Sección | mm2 | 24.7 | 62.5 | 78.7 |
| Diámetro | | 6.354 | 10.11 | 11.35 |
| Hilos aluminio/acero | | 7 | 7 | 7 |
| Diámetro hilos de aluminio | mm | 2.118 | 3.371 | 3.782 |
| Peso unitario | kg/km | 67,56 | 171 | 215,6 |
| Resistencia máxima D.C. a 20 ºC | Ohmio/km | 21,854 | 0,8628 | 0,6846 |
| Aislamiento (fases y neutro) | | | | |

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Material | | XLPE | XLPE | XLPE |
| temperatura normal de funcionamiento | ºC | 25 | 50 | 70 |
| Espesor promedio mínimo | mm | 24.7 | 62.5 | 78.7 |
| Espesor mínimo de un punto | mm | 6.354 | 10.11 | 11.35 |
| Constante de resistencia de aislamiento | Mohmio/km | 7 | 7 | 7 |
| Propiedades físicas -28ºC , 20 ºC | | | | |
| -Resistencia mínima a la tracción | Mpa | 12,41 | 12,41 | 12,41 |
| -Elongación mínima a la rotura | % | 250 | 250 | 250 |
| Propiedades físicas después de envejecimiento en homo de aire a 121 +- 1 ºC, durante 168 h | | | | |
| -Resistencia mínima a la tracción, porcentaje del valor no envejecido | % | 75 | 75 | 75 |
| -Elongación mínima a la rotura, porcentaje del valor no envejecido | % | 75 | 75 | 75 |
| Propiedades físicas después del ensayo de fluencia en caliente a 150+-2ºC | | | | |
| -Elongación máxima de fluencia en caliente | % | 175 | 175 | 175 |
| -Ajuste máximo de fluencia en caliente | % | 10 | 10 | 10 |

## 6.2. Aislamiento

El aislamiento se aplicará mediante un proceso de extrusión adecuado y formará un cuerpo compacto y homogéneo, no penetrará más allá de la capa externa del conductor. Además, será posible retirarlo sin crear ningún daño al conductor.

El material aislante será polietileno reticulado (XLPE), cumpliendo con las características requeridas en este documento.

El aislamiento debe permitir temperaturas máximas del conductor de 90 °C en funcionamiento normal y de 250 °C en caso de cortocircuito durante al menos 5 segundos.

El espesor mínimo de aislamiento medido y aceptado en cualquier punto del cable no será inferior al 90% del valor nominal menos 0,1 mm. Además, la media de todas estas medidas no deberá ser inferior al espesor nominal.

$t_{min} \geq 0{,}9\ t_n - 0{,}1$
Dónde:
$t_{min}$: espesor mínimo del aislamiento en milímetros
$t_n$: espesor nominal en milímetros

Si existe algún separador entre el conductor y el aislamiento no se deberá considerar cuando se realice la medición del espesor del aislamiento.

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

| Sección Transversal [mm2] | Espesor nominal del aislamiento [mm] | Espesor mínimo del aislamiento [mm] |
|---|---|---|
| 25 | 1,3 | 1,07 |
| 35 | 1,6 | 1,34 |
| 50 | 1,6 | 1,34 |
| 70 | 1,6 | 1,34 |
| 95 | 1,8 | 1,52 |
| 150 | 1,8 | 1,52 |
| 54,6* | 1,6 | 1,34 |
| 80* | 1,8 | 1,52 |
| * Conductor de aleación de aluminio utilizado para núcleos neutros | | |

Tabla 3 Espesor del aislamiento XLPE

El color del aislamiento será negro.
El color del aislamiento del núcleo neutro será gris RAL 7001.

# 7. PROTOCOLOS DE PRUEBA A SUMINISTRAR POR EL FABRICANTE

## 7.1. Pruebas de aceptación

Las pruebas de aceptación (pruebas de rutina y pruebas de muestra) se realizarán en las instalaciones del Proveedor.

### 7.1.1. Pruebas de rutina:

Las pruebas de rutina se realizarán en el 100 % de los carretes entregados.

### 7.1.2. Prueba de muestra:

Las pruebas de muestra se llevan a cabo sobre muestras tomadas de un cable completo (consulte la Tabla 5 en la subcláusula 7.1.3 para el muestreo).

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

### 7.1.3. Criterios de muestreo y aceptación

Para determinar la aceptabilidad de un lote se deberá realizar una inspección por atributos siguiendo un plan de muestreo simple, de conformidad con las normas ISO 2859-0 e ISO 2859-1.

En concreto, AQL=1,5%, nivel II, rechazando cualquier defecto “menor, mayor o crítico” en la inspección.

Los costos de los materiales rechazados serán a cargo del proveedor. La aprobación o rechazo de cada una de las muestras se realizará según lo requerido en la norma ISO 2859-1 para cada uno de los ensayos.

En detalle, si un lote no cumple con lo requerido en la prueba de resistencia eléctrica según los requisitos de aprobación de la norma de referencia, el Inspector puede realizar dicha prueba a todas las unidades que componen el lote.

Si se compra solo un carrete, se debe probar según lo indicado para una sola muestra.

| Cantidad de carretes | Número de muestras | Nivel aceptable | Nivel de rechazo |
|---|---|---|---|
| 2 – 8 | 2 | 0 | 1 |
| 9 – 15 | 3 | 0 | 1 |
| 16 – 25 | 5 | 0 | 1 |
| 26 – 50 | 8 | 0 | 1 |
| 51 – 90 | 13 | 0 | 1 |
| 91 – 150 | 20 | 1 | 2 |
| 151 – 280 | 32 | 1 | 2 |
| 281 -500 | 50 | 2 | 3 |
| 501 – 1200 | 80 | 3 | 4 |
| 1201 – 3200 | 125 | 5 | 6 |
| 3201 – 10000 | 200 | 7 | 8 |

Tabla 4: Muestras y grado de aceptación de cada uno de los ensayos

## 7.2. Pruebas Tipo.

Se deben realizar pruebas de tipo antes de suministrar un tipo de cable cubierto por esta norma para demostrar características de rendimiento satisfactorias para cumplir con la aplicación prevista.

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

Cuando se hayan realizado con éxito ensayos de tipo en un tipo de cable aquí cubierto con una sección transversal y características constructivas específicas, la aprobación de tipo se aceptará como válida siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

a) La sección transversal del conductor no es mayor que la del cable probado.
b) El cable tiene una construcción similar a la del cable probado, es decir, utiliza los mismos materiales (conductor, aislamiento, cubierta exterior) y el mismo proceso de fabricación.

Cuando se cambien el diseño, los materiales o el proceso de fabricación del cable (lo que podría afectar las características de rendimiento del cable), se deberá repetir la aprobación de tipo.

Los cables se someterán a pruebas de tipo y pruebas de aceptación para la aprobación de tipo.

## 7.3. Lista de pruebas para cables

| N° | Prueba | Requisitos | Método de prueba | R | S | T |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Prueba de voltaje | | IEC 60502-1 subcláusula 15.3 según corresponda | X | - | - |
| | Duración de la inmersión | 1h | | | | |
| | Voltaje de prueba | 4 kV AC | | | | |
| | Duración de la tensión aplicada | 15 min | | | | |
| | Resultado de la prueba | Sin averías | | | | |
| 2 | Resistencia eléctrica del conductor | Véase la cláusula 6.1 | IEC 60502-1 subcláusula 15.2 | X | - | - |

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | Verificación de la carga de rotura mecánica de: | ≥190 daN | HD 626 Parte 2 subcláusula 2.1.2 | - | - | X |
| | Conductores de fase | ≥300 daN | | | | |
| | 16 mm2 | ≥420 daN | | | | |
| | 25 mm2 | ≥600 daN | | | | |
| | 35 mm2 | ≥840 daN | | | | |
| | 50 mm2 | ≥1140 daN | | | | |
| | 70 mm2 | ≥1800 daN | | | | |
| | 95 mm2 | | | | | |
| | 150 mm2 | ≥1660 daN | | | | |
| | Conductores neutros | ≥2100 daN | | | | |
| | 54,6 mm2 | | | | | |
| | 80 mm2 | | | | | |
| 4 | Conformidad con el tipo homologado | Véase la cláusula 6 | Las características constructivas, los colores de las marcas y la identificación de fases se inspeccionarán mediante examen visual. | - | X | - |
| | | | Las dimensiones, espesores, pasos y diámetros se medirán según IEC 60811 partes 201, 202 y 203. | | | |
| 5 | Masa del conductor por unidad de longitud | El valor se registrará | HD 605 subcláusula 2.1.13.1 o norma equivalente | - | - | X |
| | Prueba realizada en un conductor de fase | | | | | |
| 6 | Durabilidad de las marcas | HD 626-1 Parte 1 Subcláusula 3.3 | HD 605 subcláusula 2.5.4 | - | X | - |
| 7 | Propiedades mecánicas del XLPE | 14,5 Mpa | IEC 60811-501 | - | X | - |
| | Antes del envejecimiento | 200% | | | | |
| | Resistencia mínima a la tracción | | | | | |
| | Alargamiento mínimo a la rotura | | | | | |

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Propiedades mecánicas del XLPE | 150 °C | IEC 60811-501 | - | - | X |
| | Después del envejecimiento | | IEC 60811-401 | | | |
| | Temperatura | | | | | |
| | Duración T1 | 240 h | | | | |
| | Resistencia mínima a la tracción | | | | | |
| | Variación máxima T1/T0 | | | | | |
| | Elongación mínima a la rotura | ±25% | | | | |
| | Variación máxima T1/T0 | | | | | |
| | | ±25% | | | | |
| 9 | Prueba de ajuste en caliente de XLPE | 200 °C | IEC 60811-507 | - | X | - |
| | Temperatura | 15 min | | | | |
| | Duración | 0,2 Mpa | | | | |
| | Estres mecanico | 175% | | | | |
| | Alargamiento máximo bajo carga | 15% | | | | |
| | Alargamiento residual máximo | | | | | |
| 10 | Prueba de contracción | 200 mm | IEC 60811-502 | - | - | X |
| | (cable completo) | 1 h | | | | |
| | I | 130 °C | | | | |
| | Duración | 4% | | | | |
| | Temperatura | | | | | |
| | Contracción máxima | | | | | |
| 11 | Prueba de absorción de agua por capilaridad. | El extremo de la probeta fuera del recipiente no deberá presentar rastros de agua. | HD 626 Parte 2 subcláusula 2.7.1 | | | |
| | (Solo cables tipo I) | | | | | |
| 12 | Resistencia de aislamiento a 20 °C | 1 h | IEC 60502-1 subcláusula 17.1 | - | X | - |
| | Duración de la inmersión en agua | ≥10^4 | | | | |
| | Constante de aislamiento Ki [MΩ·km] | | | | | |
| 13 | Resistencia de aislamiento a 90 °C | 2 h | IEC 60502-1 subcláusula 17.2 | - | - | X |
| | Duración de la inmersión en agua | ≥10^12 | | | | |
| | Resistividad de volumen [Ω·cm] | | | | | |
| 14 | Contenido de negro de humo | 2,5%±0,5% | IEC 60811-605 | - | - | X |
| 15 | Prueba de abrasión | Las muestras deberán soportar ≥ 2000 vueltas del rotor de ensayo | HD 605 2.5.13 | - | X | - |

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 16 | Prueba a baja temperatura | -25 °C | IEC 60811-505 | - | - | X |
| | Cuando el cable D>12,5 mm | 50% | IEC 60811-504 | | | |
| | Ensayo de elongación a baja temperatura | | | | | |
| | Temperatura | | | | | |
| | Alargamiento mínimo | | | | | |
| | Cuando el cable D<12,5 mm | -25 °C | | | | |
| | Ensayo de flexión a baja temperatura | | | | | |
| | Temperatura | | | | | |
| 17 | Prueba de alta tensión | ≥ 20 m | IEC 60502-1, Subcláusula 17.3 por inmersión en agua, según corresponda. | - | - | X |
| | (Cable completo) | 24 h | La tensión de prueba se aplicará entre todos los conductores en paralelo y el agua. | | | |
| | Longitud de la muestra aprox. | 10 kV AC | | | | |
| | Duración de la inmersión | 30 min | | | | |
| | Voltaje de prueba | Sin averías | | | | |
| | Duración de la tensión aplicada | | | | | |
| | Resultado de la prueba | | | | | |
| 18 | Resistencia del aislamiento a las condiciones climáticas | HD 626 Parte 2, Subcláusula 2.5.2 | HD 626 Parte 2, Subcláusula 2.5.2 | - | - | X |
| 19 | Ensayo de absorción de agua (método gravimétrico) | 85 °C | IEC 60811-402 | - | - | X |
| | Temperatura | 336 h | | | | |
| | Duración | 1 mg/cm2 | | | | |
| | Variación máxima de la masa | | | | | |
| R: Routine test | | | | | | |
| S: Sample test | | | | | | |
| T: Type test | | | | | | |

Tabla 5. Lista de pruebas para cables

# 8. MARCACIÓN Y EMPAQUE

## 8.1. Marcación

El cable aislado neutro - mensajero deberá marcarse en relieve sobre el aislamiento y con una separación máxima de un (1) metro, con la siguiente información:

- Nombre o marca registrada del fabricante.

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

- Número de pedido y/o contrato
- Enel
- Área de sección transversal nominal (en mm2) y el material de los conductores de fase y neutro
- Clase de material y tensión (Uo/U) KV
- Año de fabricación XXXX
- Marcas de medidores secuenciales m

Ejemplo:

FABRICANTE – JAXXXXXXX- ENEL – 1x54,6mm2 AAAC + 3x95mm2 AAC - XLPE 0.6/1KV – 2017 – XXX m

El marcado deberá ser indeleble, fácilmente legible y realizarse mediante grabado o en relieve sobre la superficie de la funda exterior de forma continua.

Para evitar accidentes, los núcleos de fase y neutro estarán identificados mediante franjas impresas o etiquetas adhesivas o en la superficie exterior con los siguientes colores:
Amarillo, Azul y Rojo.

## 8.2. Embalaje y etiquetado

El cable será entregado por el fabricante en una bobina de madera o metal, que no será devuelta, según las dimensiones máximas y mínimas indicadas en la Tabla 6 y de acuerdo con la Figura de esta.

La longitud total del cable suministrado no podrá ser inferior a la solicitada en la orden de compra ni podrá superar el 5% de su longitud. Además, habrá algunos requisitos de embalaje especiales, como se indica más adelante.

El peso bruto máximo de la bobina empaquetada no debe exceder los 3500 kg.

Los extremos de los cables de cada carrete deben protegerse con tapas o capotas que impidan la entrada de humedad. Estos extremos fijados internamente a los carretes deberán estar protegidos mecánicamente contra posibles daños resultantes del manejo y transporte de cada carrete, dejando ambos extremos accesibles mediante el uso de una hélice interna o carrete en cada carrete.

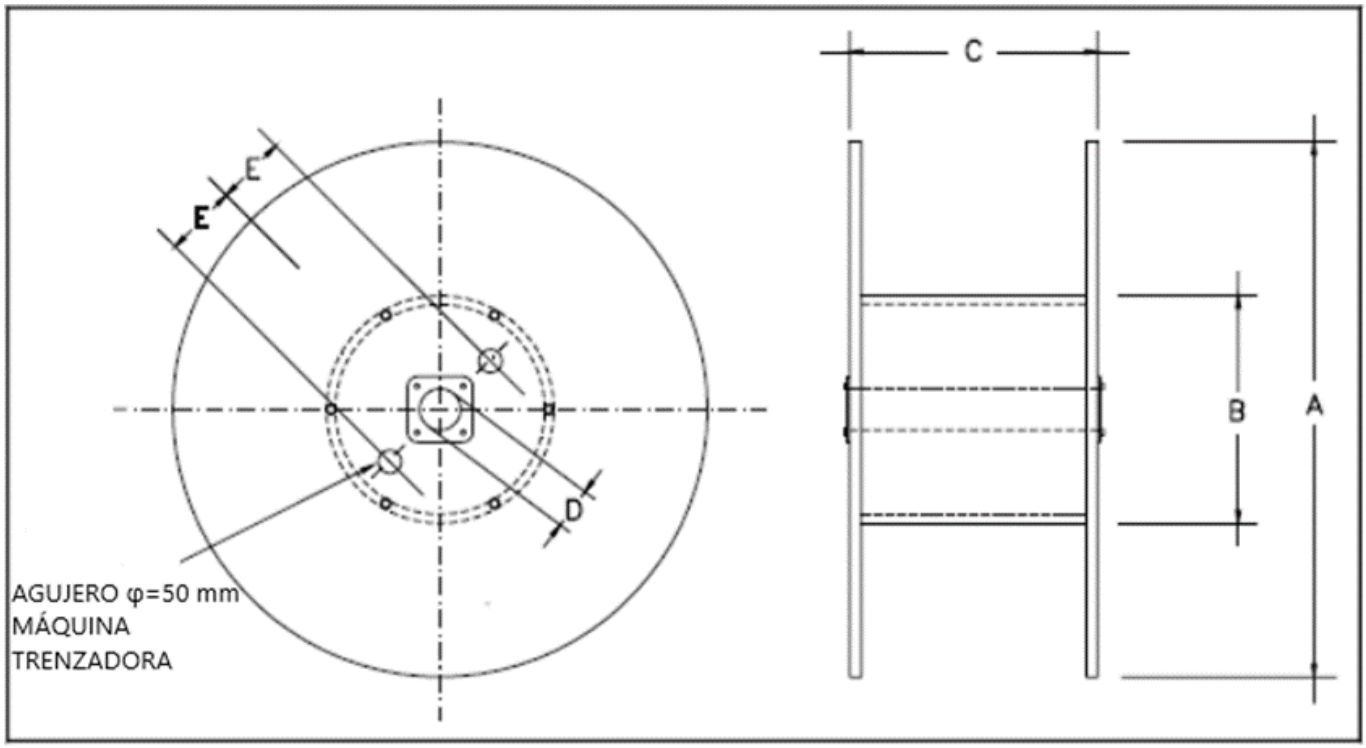
Cuando la distancia entre el origen de fabricación y la zona de almacenamiento del

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

comprador implique un solo medio de transporte y una distancia inferior a 200 km, se exigirá el uso de la hélice interna únicamente en bobinas de conductores con un diámetro mayor o igual a 120 mm²; esto no los exime de protección contra la humedad en ambos extremos visibles del conductor, protección mecánica y manejo cuidadoso de las bobinas.

Temporalmente algunos de los lotes de cables podrán solicitarse restringiéndolos a 2.000 m de longitud máxima por bobina y/o preunidos, según Orden de Compra.

Los carretes de madera deberán ser tratados según los requisitos internacionales para el control de enfermedades de las plantas, evitando los compuestos “Pentaclorofenol” y “Creosota”. El tratamiento debe incluir, al menos: sustancias altamente tóxicas para los organismos xilófagos, alto poder de penetración y retención, estabilidad química, sustancias no corrosivas para los metales ni que afecten las características físicas de la madera.




| A (1)<br>mm | B<br>mm | C(1)<br>mm | D (2)<br>mm | E<br>mm |
|---|---|---|---|---|
| 1730 | (3) | 1120 | 80 | (4) |

Tabla 6. Embalado carrete cable Pre ensamblado

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

Notas:
(1) Valor máximo
(2) Valor mínimo
(3) Dos veces el radio de curvatura mínimo del cable para transporte 300 o 180mm según tipo de tambor (grande o pequeño respectivamente)

# 9. REQUISITOS DE LAS OFERTAS

# 10. GARANTÍA DE FÁBRICA

Los requisitos de garantía se indicarán en la solicitud de oferta, incluyendo plazos y estándares.

# 11. INSPECCIÓN DE LAS MUESTRAS

# 12. SISTEMA DE CALIDAD

El oferente adjuntara con su propuesta, para el fabricante de los bienes cotizados, el certificado de conformidad con norma técnica y Retie, además la certificación de calidad ISO 9001, expedida por una entidad acreditada.

# 13. PLANILLAS DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

El oferente deberá presentarlas en su oferta técnica diligenciadas en formato Excel por cada referencia.

**ANEXO 1.**

| Item | Descripción | Unidad | Requerido | Ofertado |
|---|---|---|---|---|
| **1** | **INFORMACIÓN GENERAL** | | | |
| 1.1 | Proveedor | - | Información del fabricante | |
| 1.2 | Fabricante | - | Información del fabricante | |
| 1.3 | País | - | Información del fabricante | |
| 1.4 | Normas | - | Información del fabricante | |
| **2** | **PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS** | | | |

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2.1 | Calibre del conductor de fase | mm2 | | |
| 2.2 | Nombre clave | | | |
| 2.3 | Material | | | |
| 2.4 | Nivel de tensión | V | | |
| 2.5 | Calibre del conductor de neutro | mm2 | | |
| 2.6 | Material | | | |
| 2.7 | Tensión nominal Uo/U (Umax) | [kV] | | |
| 2.8 | Disposición | [n xmm2] | | |
| 2.9 | Tipo I, Tipo II, Tipo III o Tipo IV | - | | |
| 2.10 | Peso total | kg/km | | |
| 2.11 | Diámetro total | mm | | |
| **3** | **CONDUCTOR DE FASE** | | | |
| 3.1 | Material | - | | |
| 3.2 | Sección nominal | [mm2] | | |
| 3.3 | Número mínimo de cables de conductor | - | | |
| 3.4 | Diámetro mínimo | [mm] | | |
| 3.5 | Diámetro máximo | [mm] | | |
| 3.6 | Resistencia máxima a 20°C | [Ω/ km] | | |
| 3.7 | Resistencia eléctrica máx (20ºC) | Ω/km | | |
| 3.8 | Resistencia del aislamiento a 15,6 ºC | MΩ x m | | |
| 3.9 | Alargamiento de ruptura (hilos) | % | | |
| **4** | **AISLAMIENTO** | | | |
| 4.1 | Material | - | | |
| 4.2 | Espesor nominal | [mm] | | |
| 4.3 | Espesor mínimo | [mm] | | |
| 4.4 | Color | - | | |
| **5** | **FUNDA EXTERIOR (si Aplica)** | | | |
| 5.1 | Material | - | | |
| 5.2 | Espesor nominal | [mm] | | |
| 5.3 | Espesor mínimo | [mm] | | |
| 5.4 | Color | - | | |
| **6** | **INFORMACIÓN ADICIONAL** | | | |
| 6.1 | Diámetro total máximo | [mm] | | |
| 6.2 | Tipo de tambor | - | | |
| 6.3 | Largo total | [m] | | |
| 6.4 | Ampacidad (Ver cláusula 5.5 para condiciones) | [A] | | |
| 6.5 | Peso por unidad de longitud | [kg/km | | |
| **7** | **CONDUCTOR NEUTRO MENSAJERO (si aplica)** | | | |
| 7.1 | Material | - | | |
| 7.2 | Sección nominal | [mm2] | | |
| 7.3 | Diámetro del cable | | | |

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 7.4 | Número mínimo de cables de conductor | - | | |
| 7.5 | Diámetro mínimo | [mm] | | |
| 7.6 | Diámetro máximo | [mm] | | |
| 7.7 | Resistencia máxima a 20°C | [Ω/ km] | | |
| | Resistencia eléctrica máx (20ºC) | Ω/km | | |
| | Peso del conductor | Kg/km | | |
| | Conductor | | | |
| | Resistencia a la tracción | kgf | | |
| **8** | **FUNDA EXTERIOR NEUTRA** | | | |
| 8.1 | Material | - | | |
| 8.2 | Espesor nominal | [mm] | | |
| 8.3 | Espesor mìnimo | [mm] | | |
| 8.4 | Color | - | | |

(*) Información que se requiere sea diligenciada por el fabricante

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.