La fuerza que transforma

Manual

Proyecto Tipo: Líneas Eléctricas Subterráneas

Código: **DE.MA.025**

Edición: **01**

Fecha de aprobación: 26/01/2022

Elaborador(es):	ALBERTO GIRALDO OCAMPO Normativas Técnicas
Revisor(es):	RAÚL LOBO GUARDIOLA Normativas Técnicas e Investigación y Desarrollo
	JAVIER MELGAREJO CALDERÓN Gerencia Gestión Normativa y BDA
Aprobador(es):	CÉSAR MONTOYA ROMÁN Gerencia Técnica
	SANTIAGO POSSO MARMOLEJO Gestión de Red

INDICE DOCUMENTOS

Documento Nº 1: **GENERALIDADES**

Documento Nº 2: **MEMORIA**

rotejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

DOCUMENTO N.º 1
GENERALIDADES

rotejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

GENERALIDADES

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. OBJETO

3. REGLAMENTACIÓN Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA

4. CAMPO DE APLICACIÓN

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento constituye el Proyecto Tipo de AIR-E S.A.S. E.S.P. aplicable a líneas eléctricas subterráneas de Media Tensión para conductores de aluminio de 750 MCM, 500 MCM, 4/0 AWG y 1/0 AWG y líneas eléctricas subterráneas de Baja Tensión para distribución con conductores de aluminio 500 MCM, 4/0 AWG, 1/0 AWG y No.2 AWG.

2. OBJETO

El objeto del presente Proyecto Tipo, es establecer las características técnicas que deben cumplir las líneas eléctricas subterráneas de Media y Baja Tensión en el sistema eléctrico operado por Air-e S.A.S E.S.P.

3. REGLAMENTACIÓN Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA

En la redacción del presente Proyecto Tipo se ha tenido en cuenta, en lo aplicable, la siguiente documentación técnica:

- Criterios de Arquitectura de Red. Air-e S.A.S. E.S.P.
- Informe: Alimentación de Transformadores Particulares. Air-e S.A.S. E.S.P.
- Norma Técnica Colombiana NTC 2050 – Código Eléctrico Colombiano.
- Norma Técnica Colombiana NTC 1099-1 – Cables de Potencia de 2.000 Voltios o menos, para Distribución de Energía Eléctrica.
- Norma Técnica Colombiana NTC 2186-2 – Cables de Potencia apantallados desde 5 kV hasta 46 kV para uso en Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica.
- Norma Técnica Colombiana NTC 3598 – Electrotecnia. Especificaciones para Cables de Potencia Apantallados con Aislamiento Termoplástico y de Polietileno Reticulado, con Tensiones Nominales desde 5 kV Hasta 35 kV.
- Norma Técnica Colombiana NTC 979 – Plásticos. Tubos y Curvas de Poli (Cloruro de Vinilo) (PVC) Rígido para Alojar y Proteger Conductores Eléctricos y Cableado Telefónico.
- Norma Técnica Colombiana NTC 3363 – Plásticos. Tubos y Curvas de Poli (Cloruro de Vinilo) (PVC) Rígido Corrugados con Interior Liso para Alojar y Proteger Conductores Subterráneos Eléctricos y Telefónicos.
- Norma Técnica Colombiana NTC 1630 – Plásticos. Tubos y Curvas de Poli (Cloruro de Vinilo) (PVC) Rígido para Alojar y Proteger Conductores Subterráneos Eléctricos y Telefónicos.
- Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

4. CAMPO DE APLICACIÓN

El Proyecto Tipo Líneas Eléctricas Subterráneas de AIR-E S.A.S. E.S.P. se aplicará al diseño general y cálculo de los diferentes elementos que intervienen en la construcción de líneas eléctricas subterráneas de Media y Baja Tensión.

La potencia a considerar debe ser aquella que se prevea que transportará la línea en el futuro, determinada por un anteproyecto general o por aumento de demanda previsible.

Las líneas subterráneas se emplearán en localidades y zonas urbanizadas, cuando lo exijan las condiciones arquitectónicas, las normas municipales y cuando a juicio del proyectista, esta sea la solución idónea; siempre debe contar con el aval de la EMPRESA y en lo concerniente a las acometidas y medición de la energía debe ceñirse a lo determinado para tal fin en las Especificaciones Particulares para Instalaciones de Conexión y Enlace vigente.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

DOCUMENTO N.º 2
MEMORIAS

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

ÍNDICE

Página

1. OBJETO 10

2. GLOSARIO DE TERMINOS 10

3. ELEMENTOS DE LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS 19

3.1. RED DE MEDIA TENSIÓN 19
3.1.1. Conductores de Media Tensión 19
3.1.2. Accesorios Premoldeados y Equipos de Corte y Protección de Media Tensión 23

3.2. RED DE BAJA TENSIÓN 31
3.2.1. Conductores de Baja Tensión 31
3.2.2. Accesorios Premoldeados de Baja Tensión 32

3.3. ZANJAS Y CANALIZACIONES 33
3.3.1. Ductos Subterráneos 33
3.3.2. Conductores al Aire Alojados en Galerías 34
3.3.3. Señalización 35
3.3.4. Trazado 35

3.4. CAJAS DE INSPECCIÓN Y CÁMARAS 35

4. DISTANCIA DE SEGURIDAD 36

4.1. PARALELISMOS 36

4.2. CRUZAMIENTOS 37
4.2.1. Vías Públicas 37
4.2.2. Ferrocarriles 37
4.2.3. Depósitos de Carburantes 37

5. CÁLCULO ELÉCTRICO 38

5.1. CÁLCULO ELÉCTRICO EN MEDIA TENSIÓN 38
5.1.1. Resistencia del Conductor 38
5.1.2. Reactancia Inductiva del Conductor 38
5.1.3. Capacitancia 39
5.1.4. Intensidad de Corriente Admisible de Conductores Instalados al Aire en Galerías 39
5.1.5. Corrientes de Conductores en Banco de Ductos 39
5.1.6. Factores de Corrección para la Capacidad de Corriente en MT 41
5.1.7. Pérdidas Dieléctricas 43
5.1.8. Corriente de Carga Capacitiva 44
5.1.9. Intensidad de Cortocircuito Admisible en los Conductores 44
5.1.10. Intensidad de Cortocircuito Admisible en las Pantallas 45
5.1.11. Caída de Tensión 45
5.1.12. Potencia de Transporte 46
5.1.13. Pérdidas de Potencia 47

5.2. CÁLCULO ELÉCTRICO EN BAJA TENSIÓN 47
5.2.1. Resistencia del Conductor 47
5.2.2. Reactancia Inductiva del Conductor 48

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

5.2.3. Intensidad de Corriente Admisible en Conductores Instalados al Aire en Galerías 48
5.2.4. Corriente de Conductores en Bancos de Ductos 48
5.2.5. Factores de Corrección para la Capacidad de Corriente en BT 49
5.2.6. Intensidad de Cortocircuito Admisible en los Conductores 50
5.2.7. Caída de Tensión 51
5.2.8. Pérdida de Potencia 52
5.2.9. Carga de Diseño y Factor de Simultaneidad 52

5.3. ACOMETIDAS SUBTERRÁNEAS 52

6. CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA (PAT) 53

7. CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES 53

7.1. TENSIÓN MÁXIMA DE TENDIDO 53
7.1.1. Tensión de Halado (Tout) 53
7.1.2. Método de Halado 55
7.1.3. Tensión Máxima del Conductor (Tm) 55
7.1.4. Presión de Pared Lateral (PL) 56
7.1.5. Radio Mínimo de Curvatura 57
7.1.6. Flujograma del Proceso de Cálculo Mecánico 57

8. OBRAS CIVILES 59

8.1. CAJAS DE INSPECCIÓN, CÁMARAS Y DUCTOS 59

8.2. OBRA CÍVIL EN ACOMETIDAS SUBTERRÁNEAS 60
8.2.1. Canalizaciones y Ductos de Acometidas Subterráneas 60
8.2.2. Cajas de Inspección para Acometidas Subterráneas 60

9. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO PARA DESARROLLO DE LA RED CONDUCTOR AISLADO Y CONEXIÓN DE TERCEROS 61

10. ANEXOS 63

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

1. OBJETO

El objeto del presente documento Memoria es establecer las características técnicas que debe cumplir la construcción de líneas eléctricas subterráneas de Media y Baja Tensión en el sistema eléctrico operado por AIR-E S.A.S. E.S.P.

2. GLOSARIO DE TERMINOS

ACOMETIDA: Derivación de la red local del servicio respectivo que llega hasta el registro de corte del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios y en general en las unidades inmobiliarias cerradas, la acometida llega hasta el registro de corte general.

Forman parte de la acometida los siguientes elementos: elementos de conexión y anclaje a la red de distribución, línea o conductor de acometida, terminales de los conductores de entrada a la instalación receptora.

ACOMETIDA SUBTERRÁNEA EN MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN: Sistema de ductos subterráneos, cajas de inspección, conductores, accesorios y canalizaciones que conectan un centro de transformación con la red de uso general de media y alta tensión.

ACOMETIDA SUBTERRÁNEA EN BAJA TENSIÓN: Sistema de ductos subterráneos, cajas de inspección, conductores, accesorios y canalizaciones que se deriva de la Red de Distribución de baja tensión o desde los bornes de baja tensión de un transformador de Distribución hacia un cliente.

ACTIVOS DE CONEXIÓN: Son aquellos activos que se requieren para que un generador, un usuario u otro transportador, se conecten físicamente al Sistema de Transmisión Nacional, a un Sistema de Transmisión Regional, o a un Sistema de Distribución Local. Siempre que estos activos sean usados exclusivamente por el generador, el usuario o el transportador que se conecta, o exclusivamente por un grupo de usuarios no regulados o transportadores que se conecten, no se considerarán parte del Sistema respectivo.

AISLAMIENTO (ELÉCTRICO): Resistencia eléctrica tan elevada que no permite la circulación de corriente entre dos cuerpos, impidiendo que escape energía eléctrica de ellos.

ALAMBRADO: Montaje, distribución y conexión de conductores de modo que por ellos pueda trasmitirse energía eléctrica desde una fuente hasta una carga dada.

ALIMENTADOR: Todos los conductores de un circuito entre el equipo de acometida, la fuente de un sistema derivado independiente u otra fuente de suministro de energía eléctrica y el dispositivo de protección contra sobre corriente del circuito ramal final.

APROBADO: Aceptado por la autoridad competente.

ARQUITECTURA DE RED: Documento que establece las reglas y criterios para el análisis y ordenamiento de la explotación de la red actual y de las redes que se planifiquen en el futuro.

AWG (AMERICAN WIRE GAUGE): Galga americana, normalizada para la designación de conductores hasta calibre 4/0.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

BARRAJE PREMOLDEADO (BARRAJE PREFORMADO): Se utilizan como nodos múltiples de varias vías, permitiendo realizar conexiones y derivaciones sin que se afecte el conductor con la utilización de empalmes.

BÓVEDA: Una estructura sólida encerrada, sobre o bajo el nivel del suelo con acceso limitado a personal calificado para instalar, mantener, operar o inspeccionar equipos o conductores.

CONDUCTOR: Conjunto de alambres sin aislamiento entre sí y entorchado por medio de capas concéntricas.

CONDUCTOR DE CAMPO RADIAL: En estos las líneas de campo eléctrico son radiales y determinan superficies equipotenciales cilíndricas y concéntricas en el núcleo. Para conseguir este efecto, en su fabricación cada conductor se rodea de una pantalla conductora.

CONDUCTOR DE CAMPO NO RADIAL: En estos conductores la pantalla rodea a todo el conjunto de conductores.

CAJA DE INSPECCIÓN: Caja para unir tramos de canalización, usada en el tendido y derivación de los conductores de las redes e instalaciones subterráneas.

CÁMARA: Caja de gran tamaño que permite en su interior el montaje de equipos subterráneos, tales como seccionadores, transformadores, etc.

CAMPO ELÉCTRICO: Alteración del espacio, que hace que las partículas cargadas experimenten una fuerza debido a su carga eléctrica.

CANALIZACIÓN: Adecuación del terreno donde se instalan los ductos para las redes subterráneas.

CAPACETE: Boquilla que se enrosca a un tubo en la parte superior, permitiendo el paso de conductores, e impidiendo el ingreso de agua.

CAPACIDAD DE CARGA: Corriente que puede soportar un conductor o aparato de maniobra sin sufrir sobrecarga térmica o dinámica.

CAPACIDAD DE CORRIENTE: Corriente máxima en amperios que puede transportar continuamente un conductor en condiciones de uso sin superar su temperatura nominal de servicio.

CARGA DE DISEÑO: Es la carga total utilizada en el diseño eléctrico para el cálculo de protecciones, transformadores y el calibre de los conductores de alimentación.

CARGA O CAPACIDAD INSTALADA: Es la suma de las potencias nominales de los aparatos eléctricos instalados y de las potencias asignadas a las salidas disponibles dentro del inmueble. Cuando el cliente dispone de un transformador para su uso exclusivo, la carga instalada corresponde a la Capacidad Nominal del Transformador.

Corresponde entonces a la carga instalada o capacidad nominal que puede soportar el componente limitante de una instalación o sistema eléctrico.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN: Sistema de transformadores de distribución, con su equipo de maniobra y protección asociados, que se utiliza para transferir energía desde los niveles de media tensión a los niveles de tensión del cliente.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN EXCLUSIVO: Sistema de transformadores y equipos de maniobra y protección asociados de propiedad privada, que se han hecho bajo el mismo concepto urbanístico o arquitectónico, los cuales prestan servicio exclusivo para un cliente o grupo de clientes.

CENTRO DE OPERACIÓN DE RED (COR): Es un Centro de Supervisión, Control y Operación de las redes de distribución de Media (13,2 y 34,5 kV) y Baja (120/240 V) tensión, cuya función es coordinar las labores de mantenimiento preventivo y correctivo y los descargos programados en los Circuitos, Ramales y Centros de Transformación de esas redes, con sujeción, en lo pertinente, a las instrucciones impartidas por el Centro Local de Distribución CLD.

CIRCUITO: Es la red o tramo de red eléctrica monofásica, bifásica o trifásica que sale de una subestación, de un transformador de distribución o de otra red y suministra energía eléctrica a un área geográfica específica.

COMERCIALIZADOR: Persona cuya actividad principal es la comercialización de energía eléctrica.

COMERCIALIZACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA: Actividad consistente en la compra y venta de energía eléctrica en el mercado mayorista y su venta con destino a otras operaciones en dicho mercado o a los usuarios finales.

CONDICIONES NORMALES DE SERVICIO: Condiciones de utilización del servicio de energía bajo las cuales no se exceden los límites establecidos para los equipos que se usan, ni se viola ninguna restricción.

CONDUCTOR AISLADO: Conductor que está dentro de un material de composición y espesor aceptado como medio aislante. También podrá decirse que es el que se encuentra dentro de un material de composición y espesor reconocido como aislamiento eléctrico.

CONDUCTOR DESNUDO: Conductor que no tiene ningún tipo de cubierta o aislamiento eléctrico.

CONDUCTOR DEL ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA: Conductor utilizado para conectar el electrodo de puesta a tierra al conductor de puesta a tierra de los equipos, al conductor puesto a tierra o a ambos, del circuito en los equipos de acometida o en punto de origen de un sistema derivado independiente.

CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS: Esta expresión se usa para describir cualquiera de los caminos conductores que unen (o mantienen unidos) los encerramientos metálicos no portadores de corriente del equipo eléctrico en un sistema eléctrico. Este término, incluye conductores desnudos o aislados, canalizaciones metálicas y las chaquetas metálicas del conductor, cuando la normatividad permite que tales canalizaciones sean usadas como puesta a tierra de equipos. Este conductor, llamado comúnmente "tierra", debe tener aislamiento verde, verde con rayas amarillas o estar señalizado con cintas de color verde.

CONDUCTOR NEUTRO: Conductor que sólo transporta corriente de desequilibrio de los conductores del circuito.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

CONDUCTOR PUESTO A TIERRA: Conductor de una instalación o circuito conectado intencionalmente a tierra. Generalmente es el neutro de un sistema monofásico o de un sistema trifásico en estrella. Debe tener aislamiento color blanco.

CONTINUIDAD (ELÉCTRICA): Condición de una instalación, equipo o material, que permite la circulación de la corriente eléctrica entre dos puntos.

CORRIENTE NOMINAL: Corriente que resulta de un equipo cuando éste funciona a la carga y tensión marcadas como tales en la placa de características del equipo.

DIELÉCTRICO: Material de baja conductividad eléctrica que puede ser tomado como no conductor o aislador.

DISTANCIAS DE SEGURIDAD: Es la mínima distancia entre una línea energizada y una zona donde se garantiza que no habrá un accidente por acercamiento.

DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA: Actividad de transporte de energía eléctrica a niveles de tensión inferiores a 220 kV, quienes desarrollan esta actividad se denomina operadores de red.

DUCTOS Y CANALIZACIONES: Ducto se refiere a la tubería utilizada para el alojamiento de los conductores que transportan la corriente; la canalización es la adecuación del terreno para la instalación de los ductos.

ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA: Elemento o conjunto metálico conductor que se pone en contacto con la tierra física o suelo, ubicado lo más cerca posible del área de conexión del conductor de puesta a tierra al sistema. Puede ser una varilla destinada específicamente para ese uso o el elemento metálico de la estructura, la tubería metálica de agua en contacto directo con la tierra, un anillo o una malla formados por uno o más conductores desnudos destinados para este uso.

EMPALME: Conexión eléctrica destinada a unir dos partes de conductores, para garantizar continuidad eléctrica y mecánica.

EMPRESA: Unidad económica que se representa como un sistema integral con recursos humanos, de información, financieros y técnicos que producen bienes o servicios y genera utilidad.

Para efectos de esta norma, se refiere a la EMPRESA como la entidad prestadora del servicio de energía eléctrica.

ENCERRAMIENTO: Envoltura, caja, gabinete, envolvente o carcasa de un aparato; cerca o paredes que rodean una instalación para evitar que las personas entren en contacto accidental con partes energizadas, o para proteger los equipos contra daños físicos.

EQUIPO: Término general que incluye los materiales, accesorios, dispositivos, artefactos, utensilios, herrajes y similares utilizados como parte de o en relación con una instalación eléctrica.

ESPECIFICACIONES PARTICULARES PARA INSTALACIONES DE CONEXIÓN Y ENLACE: Documento técnico de la EMPRESA que especifica lo referente a acometidas y medidas.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

FALLA: Degradación de componentes. Alteración intencional o fortuita de la capacidad de un sistema, componente o persona, para cumplir una función requerida.

FRENTE MUERTO: Parte de un equipo accesible a las personas y sin partes activas.

GRADIENTE DE POTENCIAL (EN UN CONDUCTOR): Es la relación que da el valor del campo eléctrico en cualquier punto del aislamiento, en función de la posición de este punto.

HERMÉTICO: Construido, protegido o tratado de tal manera que la exposición a determinada sustancia como agua, lluvia o polvo no permita la entrada bajo condiciones específicas de ensayo. Se definen tres clases de Hermetismo. (Agua, líquido o Polvo).

ICONTEC: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

IEC/CEI: International Electrotechnical Commission (Comisión Electrotécnica Internacional).

IDONEIDAD: Manera apropiada para desarrollar una actividad cumpliendo cabalmente los requisitos exigidos por ella.

INMUEBLE: Estructura fija, aislada de las demás y con límites determinados. Se usa en el contexto de este documento para designar una casa, local o edificio.

INTERRUPTOR AUTOMÁTICO: Dispositivo diseñado para que abra el circuito automáticamente cuando se produzca una sobre corriente predeterminada.

MARCADO (APLICADO A UN EQUIPO): Es aquel que por una marca puede reconocerse como adecuado para determinado propósito.

NIVELES DE CONTAMINACIÓN: Equivale al grado de contaminación ambiental al que se encuentran expuestas las líneas de distribución. Los niveles se definen de acuerdo al grado de exposición de las líneas a la salinidad marina, contaminación industrial, polución, etc.

NOMINAL: Término aplicado a una característica de operación, indica los límites de diseño de esa característica para los cuales presenta las mejores condiciones de operación. Los límites siempre están asociados a una norma técnica.

NORMALIZADO: Material o equipo fabricado con las especificaciones de una norma aceptada.

OPERADOR DE RED (OR): Empresa de Servicios Públicos encargada de la planeación, de la expansión y de las inversiones, operación y mantenimiento de todo o parte de un Sistema de Transmisión Regional o un Sistema de Distribución Local.

PANTALLA (DE UN CONDUCTOR): Capa conductora colocada sobre el aislamiento y conectada a tierra. Su principal objetivo es crear una superficie equipotencial para obtener un campo eléctrico radial en el dieléctrico. Sirve también como blindaje contra potenciales inducidos por campos eléctricos externos, además de proveer protección por su conexión a tierra.

PARTES ACTIVAS – PARTES VIVAS: Cualquier elemento del sistema que tenga alguna diferencia de tensión a tierra y a neutro, diseñado para transportar energía eléctrica.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

PERSONA CALIFICADA: Persona natural que demuestre su formación profesional en electrotecnia y riesgos asociados a la electricidad y además, cuente con matrícula profesional, certificado de inscripción profesional, o certificado de matrícula profesional, de conformidad con la normatividad vigente y que lo acredite para el ejercicio de la profesión.

PROYECTO ESPECIFICO: Es un documento que hace parte del Proyecto Tipo. Establece un modelo para el diseño de una línea que regula: presentación de los cálculos eléctricos y mecánicos, presentación de planos, informe de cruzamientos y paso por zonas, presupuesto de obra, etc.

PROYECTO TIPO: Documento normalizado de la EMPRESA que establece y justifica los conceptos y criterios para el diseño, cálculo y construcción de las instalaciones, considerando normas y legislación aplicable, así como especificaciones de materiales.

PUNTO DE CONEXIÓN: Es el punto de conexión eléctrico en el cual es equipo de un usuario está conectado a un Sistema de Transmisión Regional (STR) y/o Sistema de Distribución Local (SDL), para propósito de transferir energía eléctrica entre las partes.

PUNTO DE MEDIDA: Agrupación de medidores o equipos de medida dentro de un predio.

PUNTO DE MEDICIÓN: Es el punto de conexión eléctrico del circuito primario del transformador de corriente que está asociado al punto de conexión, o los bornes del medidor, en el caso del nivel de tensión I (Nivel de tensión I: Sistema con tensión nominal menor a 1 kV).

POLICLORURO DE VINILO (PVC): Polímero utilizado para la elaboración de ductos y cubiertas de conductores gracias a ser un material dúctil y tenaz, además que presenta estabilidad dimensional y resistencia ambiental.

POLIETILENO DE MEDIA DENSIDAD (PEMD): Resina sintética obtenida mediante la polimerización de etileno gaseoso a altas presiones. Pertenece a la familia de los termoplásticos con estructura molecular ramificada y distribución de peso molecular amplia. Su densidad se encuentra comprendida entre 0,926 g/cm^{3}y 0,940 g/cm^3.

POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD): Resina sintética obtenida mediante la polimerización de etileno gaseoso a altas presiones. Pertenece a la familia de los termoplásticos con estructura molecular ramificada y distribución de peso molecular amplia. Su densidad se encuentra comprendida entre 0,941 gr/cm^3 y 0,960 gr/cm^3.

RECOCIDO: Tratamiento térmico que tiene como objetivo el ablandamiento, recuperación de la estructura o eliminación de tensiones internas. Se realiza generalmente en metales.

RECONECTADOR: Equipo eléctrico utilizado para minimizar el efecto de las fallas transitorias en las redes.

RED DE DISTRIBUCIÓN: Sistema de elementos utilizados para la transformación y el transporte de la energía eléctrica hasta el punto de entrega.

RED PÚBLICA: Aquella que utilizan dos o más personas naturales o jurídicas, independientemente de la propiedad de la red.

RED DE USO GENERAL: Redes públicas que no forman parte de acometidas o de instalaciones internas.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

REGULACIÓN DE TENSIÓN: Valor porcentual que refleja la caída de tensión de un punto a otro teniendo en cuenta una distancia determinada.

RESISITIVIDAD TERMICA: Capacidad de transferir calor a través de un medio por conducción. Es designado Rho y está expresado en las unidades de °K-m/W.

RIESGO: Condición ambiental o humana cuya presencia o modificación puede producir un accidente o una enfermedad ocupacional. Posibilidad de consecuencias nocivas o perjudiciales vinculadas a exposiciones reales o potenciales.

SB - XYZ: Corresponde a la identificación de los planos, diagramas y dibujos anexos al presente documento. Dónde: SB hace referencia a las líneas subterráneas, X es un número de identificación que obedece a la siguiente clasificación: 1=Canalizaciones, 2=Transiciones aéreo-subterránea, 3=Cajas de inspección, 4=Cámaras, 5=Escaleras y accesorios para cajas de inspección y cámaras, 6=Equipos, 7=Acometida subterránea MT, 8=Elementos de conexión, 9= Diagramas unifilares para desarrollo de la red y conexión de terceros. YZ es un consecutivo numérico.

SECCIONADOR BAJO CARGA: Aparato de maniobra que se puede accionar bajo la corriente de carga.

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA (SPT): Conjunto de elementos conductores de un sistema eléctrico específico, sin interrupciones ni fusibles, que conectan los equipos eléctricos con el terreno o una masa metálica. Comprende la puesta a tierra y la red equipotencial de conductores que normalmente no conducen corriente.

SISTEMA ELECTRICO: Conjunto de medios y elementos útiles para la generación, transporte, distribución y uso final de la energía eléctrica.

SÓLIDAMENTE ATERRIZADO: Conectado a tierra de manera permanente a través de una conexión de puesta a tierra, que tenga una impedancia suficientemente baja, para que la corriente de falla a tierra que pueda ocurrir no cause tensiones peligrosas para la integridad física de las personas y del equipo.

SOBRECORRIENTE: Se considera a cualquier valor de corriente superior a la corriente nominal de un equipo, o por encima de la capacidad de corriente de un conductor.

SUBESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN: Sistema de Transformadores de Potencia con sus respectivos equipos de protección y operación dispuestos para transformar energía eléctrica de los niveles 3 ó 4 a los 2 ó 3.

SUMINISTRO: Es el lugar físico donde se hace uso de los servicios que la EMPRESA entrega a un Cliente, con unas características de carga, clase y tipo previamente acordadas y cumpliendo con las condiciones establecidas en el Contrato de Prestación de Servicios.

SUSCRIPTOR: Persona natural o jurídica con la cual se ha celebrado un contrato de condiciones uniformes de servicios públicos.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

TABLERO: Panel diseñado para ser colocado en una caja, accesible desde el frente y que contiene dispositivos de conexión y protección. Está generalmente conectado a una acometida o circuito principal; puede contener barrajes e interruptores automáticos. De aquí se distribuyen los circuitos ramales.

TENSIÓN (DE UN CIRCUITO): Es el mayor valor eficaz de la diferencia de tensión entre dos conductores cualesquiera del circuito al que pertenecen.

TENSIÓN DE CONTACTO: Diferencia de tensión que durante una falla se presenta entre una estructura metálica puesta a tierra y un punto de la superficie del terreno a una distancia de un metro.

TENSIÓN DE PASO: Diferencia de tensión que durante una falla se presenta entre dos puntos de la superficie del terreno, como resultado de la utilización de la tierra como conductor (circulación de corriente por la tierra física). En el caso del hombre, con fines de cálculo, la separación adoptada es de un metro.

TERMINAL PREMOLDEADO: Terminal que permite controlar el esfuerzo eléctrico sobre el aislamiento en el punto de conexión del conductor y, al mismo tiempo, sella contra la humedad. Se fabrican para uso interior y exterior.

TOPOLOGÍA: Se refiere a la forma como están conectados los distintos equipos de una red.

TRANSFORMADOR SUBTERRÁNEO. Transformador de distribución tipo sumergible adecuado para instalar en bóveda subterránea.

TRANSFORMADOR SUMERGIBLE: Transformador construido para que opere satisfactoriamente cuando es sumergido en agua, bajo determinadas condiciones de presión y tiempo.

TRANSFORMADOR SUMERGIDO EN LÍQUIDO: Transformador en el cual el núcleo y las bobinas están sumergidas en líquidos aislantes.

TRANSFORMADOR TIPO BÓVEDA: Transformador construido para que opere ocasionalmente sumergido en agua, bajo condiciones específicas de tiempo y presión externa.

TRANSFORMADOR TIPO PEDESTAL: Transformador para instalación exterior, utilizado como parte de un sistema de distribución subterráneo, con compartimiento para alta y baja tensión, cuyos conductores de alimentación entran por la parte inferior e instalados sobre una base o un pedestal. Puede contener un transformador tipo seco o un transformador con aislamiento y refrigeración con aceite dieléctrico. Además, tiene protección con fusible en alta tensión y protección termomagnética en el lado de baja tensión.

TRANSFORMADOR TIPO POSTE: Transformador adecuado para instalar en poste o en una estructura similar.

TRANSFORMADOR TIPO SECO: Transformador en el cual el núcleo y las bobinas están en un medio de composición aislante seco.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

UNIDAD CONSTRUCTIVA: Sistema de materiales y mano de obra dispuestos de una forma preestablecida que componen una unidad de montaje. Constituyen elementos constructivos básicos que facilitan el diseño de las instalaciones eléctricas de distribución de manera sencilla, ordenada y uniforme.

USUARIO: Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público, bien como propietario del inmueble en donde éste se presta, o como receptor.

XLPE: Aislamiento en Polietileno Reticulado.

ZONA DE COBERTURA: Es el área geográfica autorizada por el Estado, en la cual la EMPRESA está autorizada para instalar, tener en propiedad, administrar y explotar las redes de distribución existentes y por construir.

ZONA DE SERVIDUMBRE: Es una franja de terreno que se deja sin obstáculos a lo largo de una línea de transporte de energía eléctrica, como margen de seguridad para la construcción, operación y mantenimiento de dicha línea, así como para tener una interrelación segura con el entorno.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

3. ELEMENTOS DE LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS

3.1. RED DE MEDIA TENSIÓN

3.1.1. Conductores de Media Tensión

Componentes:

Los conductores a emplear deben ser de tipo XLPE de 15 kV para redes eléctricas a 13,2 kV y 35 kV para redes eléctricas a 34,5 kV, de acuerdo a la especificación técnica correspondiente. Sus principales componentes son las siguientes:

- El material conductor que se debe emplear será el aluminio 1350 H19, clase B, de acuerdo con las especificaciones técnicas aceptables en ese momento; compactado, de sección circular, constituidos por varios alambres cableados.
- Capa semiconductora sobre el material conductor.
- Aislamiento a base de polietileno reticulado (XLPE), válido para una temperatura de servicio del conductor de 90 °C en servicio normal, y de 250 °C para cortocircuito de duración máxima de 5 segundos.
- Capa semiconductora sobre el material aislante.
- Pantalla electrostática metálica constituida por una corona de alambres arrollados helicoidalmente de cobre blando clase B.
- Chaqueta o Capa protectora en polietileno (PE) de densidad media, de color negro para el conductor a instalar en ducto y cuando se instala a la intemperie, con protección a los rayos UV.

Las dimensiones mínimas de cada una de estas capas para los distintos niveles de tensión y conductor, con un nivel de aislamiento del 100% serán las que se muestran en la Tabla 1.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

Tabla 1. Características Conductor de Aluminio MT

Denominación del Conductor	1/0 AWG		4/0 AWG		500 MCM		750 MCM
Nivel de Tensión	15 kV	35 kV	15 kV	35 kV	15 kV	35 kV	15 kV
Conductor							
Nº de alambres	19		19		37		61
Diámetro del alambre (mm)	1,89		2,68		2,95		2,82
Diámetro nominal conductor (mm)	8,53		12,1		18,7		23,1
Sección del conductor(mm^2)	53,5		107,2		253,3		380
Pantalla semiconductora del conductor							
Espesor (mm)	0,06		0,06		0,06		0,06
Aislamiento							
Espesor (mm)	4,45	8,76	4,45	8,76	4,45	8,76	4,45
Pantalla							
Calibre mínimo por hilo	14 AWG		14 AWG		12 AWG		12 AWG
Número de hilos	16		11		16		24
Cubierta							
Espesor (mm)	1,78	1,78	1,78	1,78	2,03	2,54	2,03
Diámetro exterior total (mm)	27,5	36,6	30,5	39,6	39,6	49	43,3
Radio mínimo de curvatura (mm)	220	292,8	244	316,8	316,8	392	346,4

Características eléctricas:

Las tensiones normales de los conductores a utilizar se eligen de acuerdo con la tensión de la red, teniendo en cuenta que en todos los casos se trata de redes con sistema de apantallamiento electrostático puesto a tierra en múltiples puntos de las mismas.

Las principales características eléctricas de los conductores de aluminio se indican en las tablas 2 y 3.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

Tabla 2. Características Eléctricas Conductor de Aluminio para 13,2 kV

Conductores Clase 15 kV				
Tensión nominal entre fases (kV)	13,2			
Tensión más elevada de la red (kV)	14,1			
Tª max. normal (ºC)	90			
Tª en cc. Máx. 5 seg. (ºC)	250			
Aislamiento	100 %			
Denominación del conductor	1/0 AWG	4/0 AWG	500 MCM	750 MCM
Corriente admis. aire a 40ºC (A) (Corriente nula por pantalla). (1)	175	270	460	590
Corriente admis. enterrada a 20ºC (A) (Corriente nula por pantalla). (2)	190	280	445	550
Corriente admis. enterrada bajo tubo en arena (A) (Corriente nula por pantalla). (3)	155	230	370	455
Icc admisible conductor durante 0,2 seg. (kA)	11,1	22,2	52,6	79
Icc admisible pantalla durante 0,2 seg. (kA)	10,6	7,4	16,9	16,9
Resistencia máx. en continua a 20ºC (Ω/km)(4)	0,539	0,269	0,114	0,0759
Capacidad μF/km (Caso trifásico)	0,2047	0,2662	0,3775	0,4492
Coeficiente autoinducción (H/km) (Caso trifásico)	$3,97\times10^{-4}$	$3,55\times10^{-4}$	$3,17\times10^{-4}$	$3,05\times10^{-4}$
Coeficiente autoinducción (H/km) (Caso monofásico)	$3,57\times10^{-4}$	-	-	-
Reactancia inductiva (Ω/km) a 60 Hz. (Caso trifásico)	0,1498	0,1340	0,1197	0,1148
Reactancia inductiva (Ω/km) a 60 Hz. (Caso monofásico)	0,1344	-	-	-

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

Tabla 3. Características Eléctricas Conductor de Aluminio 34,5 kV

Conductores Clase 35 kV			
Tensión nominal entre fases (kV)	34,5		
Tensión más elevada de la red (kV)	36,92		
Tª max. normal (ºC)	90		
Tª en cc.Máx. 5 seg. (ºC)	250		
Aislamiento	100 %		
Denominación del conductor	1/0 AWG	4/0 AWG	500 MCM
Corriente admis. aire a 40ºC (A) (Corriente nula por pantalla). (1)	175	270	460
Corriente admis. enterrada a 20ºC (A) (Corriente nula por pantalla). (2)	190	280	445
Corriente admis. enterrada bajo tubo en arena (A) (Corriente nula por pantalla). (3)	155	230	370
Icc admisible conductor durante 0,2 seg. (kA)	11,1	22,2	52,6
Icc admisible pantalla durante 0,2 seg. (kA)	10,6	7,4	16,9
Resistencia máx. en continua a 20ºC (Ω/Km) (4)	0,539	0,269	0,114
Capacidad μF/km (Caso trifásico)	0,1299	0,1626	0,2209
Coeficiente autoinducción (H/km) (Caso trifásico)	$4,58\times10^{-4}$	$4,1\times10^{-4}$	$3,65\times10^{-4}$
Coeficiente autoinducción (H/km) (Caso monofásico)	$4,27\times10^{-4}$	-	-
Reactancia inductiva (Ω/km) a 60 Hz. (Caso trifásico)	0,1728	0,1546	0,1378
Reactancia inductiva (Ω/km) a 60 Hz. (Caso monofásico)	0,1613	-	-

Los conductores de Media Tensión deben ser identificados con el código de color de la fase, según el Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE), normatividad vigente o aquella que la modifique o sustituya, en la llegada o salida a barrajes y puntos de conexión.

Todos los carretes de los conductores deben venir debidamente marcados con el nombre del fabricante, longitud del conductor y referencia.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

3.1.2. Accesorios Premoldeados y Equipos de Corte y Protección de Media Tensión

3.1.2.1. Barraje premoldeado de Media Tensión

Los barrajes de Media Tensión deben estar aislados para un voltaje nominal de 15 kV o 35 kV y capacidades de 200 y 600 Amperios, usados en conexiones en cámaras de inspección de redes subterráneas y otras instalaciones donde se requiere seccionar, y derivar, facilitando el mantenimiento y cambio de elementos en los circuitos.

La entrada de la alimentación subterránea siempre se debe hacer por el lado izquierdo y la salida por el lado derecho, con el barraje al frente. Los bornes del medio serán derivaciones o cargas finales.

Los bornes libres del barraje deben tener siempre tapón protector aislado, con el fin de asegurar la continuidad de frente muerto.

El barraje debe tener siempre una posición de descanso por cada fase, donde se pueda colocar el conductor retirado.

3.1.2.2. Empalmes contráctiles en frio (Premoldeados) de Media Tensión

Se entiende por empalme, la conexión y reconstrucción de todos los elementos que constituyen un conductor de potencia aislado, protegidos mecánicamente dentro de la misma carcasa.

El tipo de empalme a emplear debe ser el premoldeado. En la Tabla 4 se muestra los empalmes premoldeados que van a ser usados dependiendo del tipo de conductor y en la Tabla 5 se observan las características eléctricas de los empalmes.

Tabla 4. Empalme contráctil (Premoldeado) de Media Tensión

Descripción
Empalme contráctil en frio de 15 kV para 1/0 AWG
Empalme contráctil en frio de 35 kV para 1/0 AWG
Empalme contráctil en frio de 15 kV para 4/0 AWG
Empalme contráctil en frio de 35 kV para 4/0 AWG
Empalme contráctil en frio de 15 kV para 500 MCM
Empalme contráctil en frio de 35 kV para 500 MCM
Empalme contráctil en frio de 15 kV para 750 MCM

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

Tabla 5. Características Eléctricas de los Empalmes

Tensión de la línea (kV)	**13,2**	**34,5**
Clase de aislamiento fase-fase (kV) (a)	15	35
Clase de aislamiento fase-tierra (kV) (b)	8,7	20,2
Tensión soportada a frecuencia. Industrial ($kV_{rms.}$) 1 min.	35	69
Tensión soportada a impulso tipo rayo (BIL) (kV_{pico})	110	200
Tensión continua soportada (kVmed.) 15 min.	75	140
Tensión de extinción de descargas parciales (corona) (kV_{rms}) (c)	13	30

3.1.2.3. Terminales contráctiles (Premoldeados) de Media Tensión

Los terminales premoldeados de media tensión de acuerdo a su localización se clasifican así:

- Terminal contráctil tipo interior.
- Terminal contráctil tipo exterior.

En la Tabla 6 se muestran los terminales que van a ser usados dependiendo del tipo de conductor y en la Tabla 7 se observan las características eléctricas de estos.

Tabla 6. Terminal Contráctil de Media Tensión

Descripción
Terminal exterior contráctil en frio de 15 kV para No. 1/0 - 4/0 AWG
Terminal exterior contráctil en frio de 15 kV para No. 500 - 750 MCM
Terminal interior contráctil en frio de 15 kV para No. 1/0 - 4/0 AWG
Terminal interior contráctil en frio de 15 kV para No. 500 - 750 MCM
Terminal exterior contráctil en frio de 35 kV para No. 1/0 AWG
Terminal exterior contráctil en frio de 35 kV para No. 4/0 AWG - 500 MCM
Terminal exterior contráctil en frio de 35 kV para No. 750 - 1500 MCM
Terminal interior contráctil en frio de 35 kV para No. 1/0 AWG
Terminal interior contráctil en frio de 35 kV para No. 4/0 AWG - 500 MCM

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

Tabla 7. Características Eléctricas de los Terminales Contráctiles

Tensión de la línea (kV)	**13,2**	**34,5**
Clase de aislamiento (kV)	15	35
Máxima tensión fase-tierra (kV)	8,7	20,2
Tensión soportada a frec. Industrial en seco 1 min. ($kV_{rms.}$)	50	90
Tensión soportada a frec. Industrial en húmedo 10 seg. (uso exterior) (kV)	45	80
Tensión soportada a frec. Industrial en seco 5 horas ($kV_{rms.}$)	31	71
Tensión soportada a impulso tipo rayo (BIL) (kV_{pico})	110	200
Tensión mínima a prueba de descargas parciales ($kV_{ef.}$)	13	30
Tensión continua soportada en seco 15 min. (kV_{med})	75	140
Envejecimiento cíclico en seco (kV_{rms})	26	61

3.1.2.4. Conectores enchufables aislados (Premoldeados) de Media Tensión

Estos conectores se clasifican en tipo codo o derivación para operación sin carga y operación con carga.

- Terminal atornillable de 600 A (operación sin carga).
- Terminal acodado enchufable de 200 A (operación con carga).

Los terminales que se deben emplear dependiendo del tipo de conductor serán los que se encuentran en la Tabla 8, y en las tablas 9, 10 y 11. A continuación se definen las características eléctricas de estos terminales.

Tabla 8. Terminales Especificados

Descripción
Terminal acodado enchufable en carga para conductor 1/0 AWG en 15 kV serie 200 A
Terminal acodado enchufable en carga para conductor 4/0 AWG en 15 kV serie 200 A
Terminal acodado enchufable en carga para conductor 1/0 AWG en 35 kV serie 200 A
Terminal acodado enchufable en carga para conductor 4/0 AWG en 35 kV serie 200 A
Terminal atornillable en T sin carga para conductor 4/0 AWG en 15 kV serie 600 A
Terminal atornillable en T sin carga para conductor 500 MCM en 15 kV serie 600 A

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

Descripción
Terminal atornillable en T sin carga para conductor 750 MCM en 15 kV serie 600 A
Terminal atornillable en T sin carga para conductor 4/0 AWG en 35 kV serie 600 A
Terminal atornillable en T sin carga para conductor 500 MCM en 35 kV serie 600 A
Terminal acodado enchufable en carga para conductor 1/0 AWG en 15 kV serie 200 A con fusible
Terminal acodado enchufable en carga para conductor 4/0 AWG en 15 kV serie 200 A con fusible
Terminal acodado enchufable en carga para conductor 1/0 AWG en 35 kV serie 200 A con fusible
Terminal acodado enchufable en carga para conductor 4/0 AWG en 35 kV serie 200 A con fusible

Tabla 9. Tensiones Soportadas

Tensión de servicio Fase-Fase (kV_{rms})	Tensiones Soportadas			
	Tensión tipo rayo (BIL) (kV_{pico})	AC (60 Hz) por 1 min (kV_{rms})	DC por 15 min (kV)	Descargas parciales de tensión mínima de extinción (kV_{rms})
13,2	95	34	53	11
34,5	150	50	103	26

Tabla 10. Corrientes de Falla Soportadas

Tipo de Operación	Rango de Corriente Continua (A_{rms})(1)	Rango de Corriente de Conmutación (A_{rms})	Rango de Corriente de sobrecarga 4 horas (A_{rms}) (1),(2),(3)	Corriente de Falla Capaz de Cerrar		
				Simétrica (A_{rms})	Duración (s)	Mínimo x/r
Con Carga	200	200	-	10.000	0,17	6
Sin Carga	200	-	300	-	-	-
Sin Carga	600	-	900	-	-	-

(1) En general, la capacidad de sobrecarga de un conector sobrepasa la corriente continua especificada en la tabla. La capacidad de sobrecarga varía con el tamaño de los conductores, las condiciones del ambiente, etc. Las recomendaciones del fabricante del conector deben hacerse para unas condiciones concretas.
(2) Consultar al fabricante por los rangos que exceden esta tabla.
(3) Un ciclo de sobrecarga durante un periodo de 24 horas.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

Tabla 11. Corrientes de Corta Duración

Tipo de Operación Conector	Rango de Corriente Continua (A_{rms}) (1)	Rango de Corriente de Conmutación (A_{rms})	Rango de Corriente de sobrecarga 4 horas (A_{rms}) (1),(2),(3)	Corriente de Corta Duración		
				Simétrica (A_{rms})	Duración (s)	Mínimo x/r
Con Carga	200	200	-	10.000	0,17	6
				3.500	3,00	6
Sin Carga	200	-	300	10.000	0,17	6
				3.500	3,00	6
Sin Carga	600	-	900	25.000	0,17	20
				10.000	3,00	20

(1) En general, la capacidad de sobrecarga de un conector sobrepasa la corriente continua especificada en la tabla. La capacidad de sobrecarga varía con el tamaño de los conductores, las condiciones del ambiente, etc. Las recomendaciones del fabricante del conector deben hacerse para unas condiciones concretas.
(2) Consultar al fabricante por los rangos que exceden esta tabla.
(3) Un ciclo de sobrecarga durante un periodo de 24 horas.

3.1.2.5. Adaptadores premoldeados (Borna de Reducción) para Media Tensión

Los adaptadores para codos son elementos que hacen el acople de codos de 200 A con barrajes de 600 A.

3.1.2.6. Otros equipos para uso en líneas eléctricas subterráneas

Otros equipos para uso en líneas eléctricas subterráneas para protección o identificación, se relacionan a continuación y su aplicación debe estar de común acuerdo con el desarrollo de la red, las condiciones operativas y la disponibilidad de espacio.

Estos equipos deben ser de tipo sumergible, total aislamiento, fácil de instalación y montaje, operación con pértiga, con punto de prueba para detección de tensión, según aplique:

- DPS enchufable acodado, con tensión.
- Detector de paso de falta en el conductor aislado (1/0 AWG–750 MCM).
- Tapón para protección de entrada a barraje (200 A / 600 A).

3.1.2.7. Edificios prefabricados de hormigón

Son envolventes de hormigón fabricadas en un sitio diferente al de instalación.

Pueden ser de alguno de los siguientes tipos:

- Edificios prefabricados tipo superficie:
  - ✓ CT hasta 300 kVA maniobra interior.
  - ✓ CT hasta 500 kVA maniobra interior.
  - ✓ CT hasta 300 kVA maniobra exterior.
  - ✓ CT hasta 500 kVA maniobra exterior.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

- Edificio prefabricados tipo subterráneo:
  - ✓ CT hasta 300 kVA maniobra interior ventilación vertical (con torreta).
  - ✓ CT hasta 500 kVA maniobra interior ventilación vertical (con torreta).
  - ✓ CT hasta 300 kVA ventilación horizontal (sin torreta, a ras de piso).
  - ✓ CT hasta 500 kVA ventilación horizontal (sin torreta, a ras de piso).

Las especificaciones de cada uno de estos edificios prefabricados se encuentran en la especificación técnica ES.05626.LA-DE.EMT-Edificio prefabricado vacío tipo superficie y ES.05627.LA-DE.EMT-Edificio prefabricado vacío tipo subterráneo.

3.1.2.8. Centro de seccionamiento trifásico temporalmente sumergible

El centro de seccionamiento trifásico temporalmente sumergible debe constar de un tanque donde estarán contenidos los interruptores y seccionadores en fluido aislante SF6, vacío u otro fluido que cumpla con los requerimientos de las normas ASTM D5317 y ASTM D2472 o aquellas que las modifique o sustituya. No se aceptarán los equipos con interrupción del arco eléctrico en aceite en redes de distribución eléctrica. El tanque debe estar diseñado para ser instalado en lugares por debajo de la superficie y expuestos temporalmente a inundaciones, con un grado de protección IP68.

Dada las condiciones en la que se va a instalar, este dispositivo debe tener las conexiones y mandos manuales ubicados en la parte superior del tanque para su fácil manipulación.

Los bujes deben estar sólidamente unidos al tanque con el fin de garantizar la hermeticidad del dispositivo. Además, estos bujes y los conectores deben admitir conductores desde calibre 1/0 AWG hasta 750 MCM en las entradas y salidas del mismo.

Los seccionamientos deben ser de accionamiento tripolar bajo carga que permita la operación y modificaciones topológicas del circuito de media tensión, minimizando los tiempos de interrupción del servicio. Los mandos y conexiones eléctricas deben estar en la tapa superior del equipo para una fácil maniobra.

Las maniobras de las cajas de seccionamiento se deben poder realizar desde el nivel de acera, mediante pértigas, aun en condiciones de pozo inundado.

Los tipos de centros de seccionamientos temporalmente sumergible podrán ser de los siguientes tipos: 3L1, 3L3, 4L4, 2L1P y 2L2P.

- **Seccionamiento de varias vías, temporalmente sumergible para 15 kV.**

  El seccionamiento de tres vías y una posición de línea, 3L1, dos borneras sin carga de 600 A, para entrada y salida y una derivación de 200 A.

  El seccionamiento de tres vías y tres posiciones de línea, 3L3, tres borneras de 200 A, para una entrada y dos derivaciones de 200 A.

  El seccionamiento de cuatro vías 4L4 tendrá cuatro posiciones de líneas, con dos borneras sin cargas de 600 A para entrada y salida, y una derivación de 600 A y otra de 200 A.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

El seccionamiento de tres vías con una posición de protección de línea, 2L1P, dos borneras sin carga de 600 A, para entrada y salida y una derivación de 200 A con interruptor de salida.

El seccionamiento de cuatro vías con dos posiciones de protección de línea, 2L2P, dos borneras sin carga de 600 A, para entrada y salida y dos derivaciones de 200 A con interruptor de salida.

La operación de cada línea se realizará a través de un interruptor de tres posiciones (Abierto - Cerrado y Tierra) motorizable para su telecontrol y sumergido en fluido aislante (SF6, vacío).

- **Seccionamiento de cuatro vías temporalmente sumergible 4L4 para 35 kV.**

  El seccionamiento de cuatro vías 4L4 tendrá cuatro posiciones de líneas, con dos borneras sin cargas de 200 A para entrada y salida, y dos derivaciones de 200 A.

  La operación de cada línea se realizará a través de un interruptor de tres posiciones (Abierto - Cerrado y Tierra) motorizable para su telecontrol y sumergido en fluido aislante.

  La puesta a tierra varía de acuerdo con el diseño de los mismos, los hay con posición fija de puesta a tierra (Abierto–Cerrado–Aterrizado) o por medio de terminales preformados externos tipo codo de puesta a tierra, que, al conectarlos, ponen a tierra cada polo de la correspondiente vía que se encuentre abierta. Por seguridad, cuando uno de los circuitos de entrada, salida o derivación es abierto y se van a realizar trabajos sobre el circuito, se debe poner a tierra cada una de las vías que se encuentran desenergizadas.

  La especificación técnica ES.03609.CO-DE-Centros de Seccionamiento Trifásico Tipo Pad-Mounted, determinan las características de estos equipos.

3.1.2.9. Celdas modulares de media tensión

Son celdas de seccionamiento e interrupción, con y sin funciones de protección, que se acoplan unas a otras por medio de un barraje común. Al acoplarse entre si pueden formar conjuntos 2L1P, 2L2P, 4L4, etc., de manera flexible y con capacidad de expansión.

Las celdas modulares se clasifican según su funcionalidad y grado de protección en alguno de los siguientes tipos:

- Celdas con seccionador de tres posiciones (semisumergibles y totalmente sumergibles).
- Celdas con seccionador e interruptor (semisumergibles y totalmente sumergibles).
- Celdas con seccionador fusible (semisumergibles).
- Celdas de medición.
- Celdas de remonte de barras.

La especificación técnica ES.05625.LA-DE.EMT-Celdas modulares a 13,8 y 34,5 kV para desarrollo de subestaciones de distribución en redes subterráneas, determina las características técnicas de estas celdas.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

3.1.2.10. Transformador ocasionalmente sumergible

Son equipos utilizados principalmente en las redes de distribución subterráneas, en sitios susceptibles a ambientes corrosivos e inundaciones.

Deben funcionar dentro de una cámara para instalación de equipos, bajo el nivel del terreno natural y resistir una inmersión de al menos 40 cm por encima de su parte superior durante no menos de 24 horas.

Disponen de elementos que protegen al equipo de los siguientes eventos:

- Fallas en la red secundaria y sobrecargas extremas.
- Fallas por sobretensión primaria.

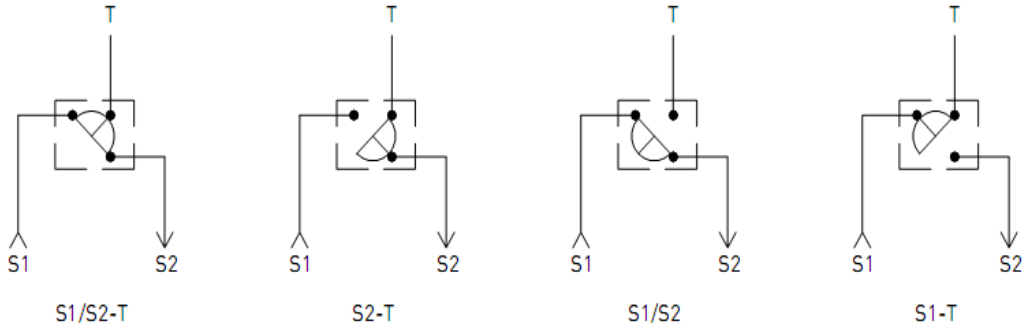
Así mismo, el equipo dispone de un elemento de desconexión instantáneo que actúa ante fallos en el embobinado mismo del equipo.

El equipo consistirá en un tanque y tapa construido en lámina de acero inoxidable de excelente calidad, sellado herméticamente. Al igual que el tanque los soportes de parqueo deben ser fabricados en acero inoxidable. La tornillería y las piezas más importantes también deben ser de este material. En zonas de baja contaminación, según como está definido en el Proyecto Tipo de Líneas Eléctricas Aéreas de Media Tensión sin Neutro, se aceptará acero galvanizado. El fluido aislante en el equipo debe ser SF6, que garantice y reúna los requerimientos de la especificación técnica.

3.1.2.11. Transformador tipo pedestal

Estos transformadores no requieren celdas de protección como los convencionales ya que su construcción tiene incluida la protección con fusibles de expulsión tipo bayoneta, en serie con el fusible limitador de corriente que actúa como respaldo para fallas internas del transformador. Deben instalarse DPS tipo codo utilizando los bujes dispuestos para tal fin; su principal característica es tener frente muerto. Estos transformadores deben ser alimentados a través de líneas subterráneas y la acometida de Media Tensión se debe conectar mediante conectores tipo codo.

La maniobra de la línea se realizará mediante un interruptor de cuatro posiciones tipo T-Blade, sin corte en la línea durante la operación y motorizable para su telecontrol. Este se encontrará, instalado en el interior de la cuba.



Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

Este interruptor debe permitir alimentar el transformador con la línea cerrada (S1/S2-T), alimentar el transformador por cada uno de los dos lados cuando la línea esté abierta (S1-T y S2-T), y tener la línea cerrada y desconectado el transformador (S1/S2).

3.1.2.12. Equipos para instalación en zonas al nivel del piso

Los equipos de transformación, maniobra y protección que sean instalados al nivel de piso o dentro de un local deben cumplir con los requisitos de seguridad exigidos por la normativa vigente en el país o aquellas que las modifiquen o sustituya, y se deben instalar dentro de celdas metálicas o equipos tipo pedestal, de tal manera que constituya una instalación de frente muerto.

Si los equipos tienen aislamiento en aceite, los requisitos mínimos de instalación son los mismos que exija la normativa vigente en el país o aquellas que las modifiquen o sustituya para los transformadores refrigerados en aceite; independientemente de si el equipo es un transformador o un equipo de seccionamiento, incluyendo contar con fosos para contener el líquido en caso de derrame.

3.2. RED DE BAJA TENSIÓN

3.2.1. Conductores de Baja Tensión

Los conductores que se deben emplear para la red de Baja Tensión subterránea serán de aluminio, de sección circular de varios alambres cableados.

Los conductores deben ser monopolares, protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno en el que se instalen. Así mismo, deben tener la resistencia mecánica suficiente para soportar los esfuerzos a los que estén sometidos. En la Tabla 12 se describen los diferentes conductores empleados en el Proyecto Tipo para las redes subterráneas de Baja Tensión. Los conductores aceptables para las acometidas subterráneas B.T. serán los determinados por las Especificaciones Particulares para Instalaciones de Conexión y Enlace de la EMPRESA:

Tabla 12. Conductores para Redes Subterráneas BT

Conductor	Descripción
500 MCM	Conductor aislado XLPE #500 MCM – 600V
4/0 AWG	Conductor aislado XLPE #4/0 AWG – 600V
1/0 AWG	Conductor aislado XLPE #1/0 AWG – 600V
2 AWG	Conductor aislado XLPE #2 AWG – 600V

El material del conductor para redes de uso general debe ser el aluminio. El conductor en cobre solo se permitirá en zonas autorizadas por la EMPRESA, y con bajo riesgo de intervención y/o robo.

Los empalmes y conexiones de los conductores subterráneos se deben efectuar siguiendo métodos o sistemas que garanticen una apropiada continuidad del conductor y de su aislamiento. La sección del conductor neutro debe ser igual o mayor que la de los conductores de fase. El conductor neutro se debe conectar a tierra en las derivaciones y en cada final de circuito.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

De cualquier modo, se debe asegurar un aterrizaje cada 200 metros como máximo, y debe asegurarse una resistencia global de la puesta a tierra menor o igual a 25 Ohmios. Siempre se debe garantizar que las tensiones de paso, contacto y transferidas en caso de una falta a tierra no superen las máximas permitidas por la normatividad vigente. Todos los conductores de Baja Tensión deben ir identificados en los lugares donde existan barrajes y puntos de conexión con el siguiente código de colores:

- Fases: Amarillo, Azul y Rojo.
- Neutro: Blanco.
- Tierra: Desnudo o Verde.

En la Tabla 13 se indican las principales características de los conductores empleados en el presente Proyecto Tipo:

Tabla 13. Características Eléctricas Conductor de Aluminio BT

Conductor	DE USO EN LÍNEAS			
	500 MCM	**4/0 AWG**	**1/0 AWG**	**2 AWG**
Sección (mm^2)	253,3	107,2	53,5	33,6
Composición (nº alambres x ø en mm)	37 x 2,95	19 x 2,68	19 x 1,98	7x2,47
Aislamiento	Polietileno Reticulado	Polietileno reticulado	Polietileno Reticulado	Polietileno Reticulado
Cubierta	PVC o PEBD	PVC o PEBD	PVC o PEBD	PVC o PEBD
Diámetro del conductor (mm)	20,65	13,41	9,45	7,41
Diámetro total (mm)	27,25	18,49	14,53	11,46
Carga de rotura (daN)	≥4.031	≥1.794	≥969	≥598
Resistencia eléctrica en C.C. a 20ºC (Ω/km). (1)	0,114	0,269	0,539	0,857
Resistencia eléctrica en C.C. a 90 ºC (Ω/km)	0,146	0,345	0,690	1,095

3.2.2. Accesorios Premoldeados de Baja Tensión

Todos los accesorios de conexión y derivaciones en Baja Tensión, tales como empalmes, terminales y barrajes, deben ser de tipo premoldeado, con capacidad de estar sumergido en agua en forma permanente. El tipo de accesorio utilizado debe estar acorde con la clase de aislamiento del conductor empleado, que en el caso de la Red Subterránea de Distribución debe ser de polietileno reticulado (XLPE). De igual manera, no deben realizarse estas uniones o derivaciones en sitios diferentes a las cajas de inspección y cámaras.

Su nivel de operación debe ser de 600 V y la capacidad de corriente de los barrajes debe ser de 500 A, aptos para conductores desde calibre No.8 AWG hasta 500 MCM, de aluminio y garantizar la estanqueidad del conductor.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

3.3. ZANJAS Y CANALIZACIONES

Los conductores aislados subterráneos de Baja Tensión y Media Tensión podrán instalarse de las siguientes formas:

- En ductos subterráneos.
- Al aire, alojados en galerías.

3.3.1. Ductos Subterráneos

3.3.1.1. Ductos subterráneos en Media Tensión

Este tipo de canalización debe ser la que se utilice generalmente. Para los circuitos de Media Tensión por cada dos ductos ocupados debe existir un ducto de reserva.

El conductor debe ir alojado en tubería PVC corrugada tipo TDP, de 110 mm (ø=4") o 168 mm (ø=6"). El diámetro a utilizar dependerá del número y calibre de los conductores a instalar y la ocupación no debe superar el 40% del área del tubo. La profundidad mínima de enterramiento de los ductos se encuentran indicadas en los planos anexos de este documento.

Las características y dimensiones vienen definidas en la especificación técnica correspondiente. En el caso de una acometida subterránea particular a 13,2 kV podrá utilizarse el diámetro de 3”, siempre y cuando el diseño eléctrico de la obra así lo especifique, se sustente y se cumplan con las Especificaciones Particulares para Instalaciones de Conexión y Enlace de la EMPRESA.

Toda acometida subterránea en media tensión debe contar mínimo con un ducto de reserva de igual diámetro al de la acometida; por lo tanto, el número mínimo de ductos será de dos (2) cuando la instalación no cuente en su interior con celda de maniobra, mientras que el número mínimo será de tres (3) cuando exista celda de maniobra dentro de la instalación.

Los ductos se deben colocar, con pendiente mínima del 1% hacia las cámaras y cajas de inspección, en una zanja de profundidad suficiente.

En la Tabla 14 se observan los diámetros promedios de la tubería a utilizar:

Tabla 14. Diámetros de Tubería Corrugada

Tubería PVC Corrugada Tipo TDP					
Diámetro Nominal		**Diámetro Exterior Promedio**		**Diámetro Interno Mínimo**	
mm	Pulg	mm	Pulg	mm	Pulg
109	4	109,20	4,30	100	3,93
168	6	168,28	6,625	150	5,906

3.3.1.2. Ductos subterráneos en Baja Tensión

Para las redes de distribución se debe utilizar ducto PVC corrugado tipo TDP de 88mm (φ3"), 110mm (φ4"), tubería lisa PVC 60mm (φ2"), uso pesado. Para las acometidas subterráneas de Baja Tensión el ducto a utilizar debe tener el diámetro según el diseño eléctrico ajustado a las Especificaciones Particulares para Instalaciones de Conexión y Enlace de la EMPRESA, en ducto PVC tipo DB.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

El color de la tubería debe ser verde y debe cumplir con la norma ICONTEC o aquella que la modifique o sustituya. Por cada banco de ductos de Baja Tensión debe existir un ducto de reserva como mínimo con los diámetros indicados en las tablas 15 y 16.

Tabla 15. Diámetros de Tubería Corrugada

Ducto Corrugado Tipo TDP					
Diámetro nominal		**Diámetro Exterior Promedio**		**Diámetro Interno Mínimo**	
mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg
88	3	88,90	3,5	75	2,95
109	4	109,20	4,299	100	3,937

Tabla 16. Diámetros de Tubería Lisa

Ducto PVC Liso Tipo DB					
Diámetro nominal		**Diámetro Exterior Promedio**		**Diámetro Interno Mínimo**	
mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg
60	2	60,32	2,375	56,46	2,223

Los ductos se deben colocar, con una pendiente mínima del 1% hacia las cajas de inspección y cámaras, en una zanja de profundidad suficiente.

Para baja tensión se aceptan los ductos en PE de alta densidad.

3.3.2. Conductores al Aire Alojados en Galerías

Se utilizan únicamente en el caso de que el número de líneas sea tal que justifique la realización de las galerías; o en casos especiales en que no se pueda realizar canalización en ducto subterráneo.

En este tipo de canalizaciones, los conductores serán de seguridad, retardantes a la llama (RHZ1 (S) 2OL o su equivalente), deben estar colocados al aire, agrupados en disposición trébol y convenientemente fijados sobre bandejas perforadas, palomillas o abrazaderas.

Cuando sea tendida más de una línea, estas se deben situar preferentemente en un mismo plano. La distancia mínima entre líneas situadas en el mismo plano horizontal debe ser 1,5 veces el diámetro exterior del conductor. La separación mínima entre líneas situadas en el mismo plano vertical, debe ser de 4 veces el diámetro exterior del conductor. La separación entre líneas y la pared debe ser de 0,5 veces el diámetro exterior del conductor.

Los elementos metálicos de sujeción deben conectarse eléctricamente a tierra y los conductores deben quedar colocados y sujetos de manera que no se desplacen por efectos electrodinámicos.

La ventilación de las galerías debe ser suficiente para asegurar que el aire se renueve a fin de evitar acumulaciones de gas y condensaciones de humedad y contribuir a que la temperatura máxima de la galería sea compatible con los servicios que contenga. La temperatura en el interior de la galería no debe ser superior a 50 ºC.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

En ningún caso deben coexistir en la misma galería instalaciones eléctricas e instalaciones de gas o líquidos inflamables. Toda galería debe contar con desagües. En este tipo de instalación solo se acepta el uso de conductores con cubierta en polietileno retardante a la llama.

3.3.3. Señalización

Se debe realizar mediante dos cintas plásticas como señal de prevención que indique la presencia de conductores eléctricos y, se deben instalar a lo largo de los ductos.

Se utilizará una cinta de 25 cm de ancho de color rojo a una distancia mínima de 20 cm del tendido superior de conductos y otra cinta de color amarillo que debe colocarse a 20 cm encima de la cinta roja.

3.3.4. Trazado

El trazado de las líneas se debe realizar de acuerdo con las siguientes consideraciones:

- Todo trazado de las redes subterráneas debe estar geo-referenciado.
- La longitud debe ser lo más corta posible, teniendo en cuenta las condiciones de la instalación, la disponibilidad de la red y los criterios establecidos por el área de Planificación de la EMPRESA.
- Se debe ubicar preferentemente, salvo casos excepcionales y con autorización, en terrenos de dominio público, bajo aceras, evitando ángulos pronunciados.
- El radio interior de curvatura, después de colocado el conductor, debe ser, como mínimo 12 veces el diámetro del conductor, de acuerdo a la sección 7.1.5 de este documento.
- Los cruces de calzada y en general los cambios de ruta deben ser perpendiculares a sus ejes, salvo casos especiales. La instalación se debe hacer en el plano de la vía y en línea recta.
- Las distancias a las fachadas deben estar de acuerdo con lo especificado por los reglamentos y ordenanzas municipales correspondientes y lo aquí especificado.
- Si no existe disposición municipal, la traza de los ductos eléctricos se debe hacer al norte u occidente, evitando o controlando la distancia de seguridad exigida con los otros servicios. El planeador debe evitar cualquier riesgo que se pueda originar durante la operación de la red, por cercanía con otros servicios.

3.4. CAJAS DE INSPECCIÓN Y CÁMARAS

Las canalizaciones subterráneas en ductos deben tener cámaras y cajas de registro o de paso. En un tramo de línea subterránea éstas deben quedar a una distancia no mayor de 80 metros utilizando cajas tipo 2, salvo que existan causas justificadas que exijan una distancia mayor. Para estos casos en que la distancia de halado es mayor de 80 m, se deben justificar los cálculos de tensión de tendido y halado, quedando registrados en la memoria de cálculo del Proyecto Específico. Si se utilizan cajas tipo 1, estas deben ser alternadas con cámaras tipo 2 a una distancia de 40 metros entre cámaras.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

Estas cajas de inspección y cámaras deben ser en concreto impermeabilizado y podrán ser prefabricadas o fundidas en el sitio. Las cajas de inspección o cámaras podrán estar ubicadas en andenes, zonas verdes y calzada vehicular. En el caso de transiciones entre redes aéreas y subterráneas (paso aéreo–subterráneo), se debe instalar una caja de inspección cerca de la base del poste. Igual requisito debe ser cumplido por todas las acometidas subterráneas de Media o Baja Tensión. El tipo de caja de inspección está determinado por el nivel de tensión y la dirección de la acometida.

Las cajas y cámaras para Media y Baja Tensión se han clasificado así:

- Caja de inspección tipo 1.
- Caja de inspección tipo 2.
- Caja de giro tipo 1.
- Caja de giro tipo 2.
- Caja de inspección tipo vehicular.
- Cámara tipo 1 (Barraje y Seccionador).
- Cámara tipo 2 (Barraje Elastomérico).
- Cámara tipo 3 (Seccionador).
- Cámara tipo 4 (Barraje, Seccionador y Transformador).
- Caja de inspección BT.

Todas las cajas de inspección y cámaras de conductores subterráneos deben ser debidamente marcadas y numeradas en el interior con pintura amarilla, con la señal de peligro de riesgo eléctrico, la tapa de cada caja debe estar debidamente marcada con el nombre de la EMPRESA, el fabricante, el mes y año de fabricación, debe indicar que su uso es exclusivo de la empresa eléctrica y mostrar el símbolo de riesgo eléctrico y su peso estimado en kg.

4. DISTANCIA DE SEGURIDAD

4.1. PARALELISMOS

Los conductores subterráneos, cualquiera que sea su forma de instalación, deben cumplir las condiciones y distancias de proximidad. En ningún caso se deben canalizar paralelamente por encima o por debajo de cualquier otra instalación con excepción de las líneas eléctricas, siempre y cuando estas sean de propiedad de la EMPRESA. En tal caso, ambas líneas se deben canalizar en tubería y se debe situar en el nivel superior la línea de menor tensión eléctrica.

Para todos los servicios tales como redes de baja tensión, media tensión, cables de telecomunicación, agua, alcantarillado, vapor y gas, deben cumplir con una distancia mínima entre ellos de 20 cm. Cuando no sea posible conseguir esta distancia, se deben separar en forma efectiva las instalaciones a través de una hilera cerrada de ladrillos o concreto, resistentes al fuego y al arco eléctrico, y malos conductores de calor de por lo menos 5 cm de espesor.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

En el caso de los cables telefónicos, debe tenerse en cuenta lo especificado por el correspondiente acuerdo con las compañías de telecomunicaciones. Solo se deben realizar paralelismos de más de 500 metros si los cables de telecomunicación llevan pantalla electromagnética.

Depósitos de carburante

Entre los conductores eléctricos y los depósitos de carburante, debe haber una distancia mínima de 1,20 m. Debe además protegerse apropiadamente el conductor eléctrico, instalándolo desde al menos 3 m de distancia a ambos lados de la zona de paralelismo, tal y como se muestra en los planos correspondientes del documento.

Cimentaciones de otros servicios

Cuando existan soportes de líneas aéreas de transporte público, telecomunicación, alumbrado público, etc. próximas a una canalización, el conductor se debe instalar a una distancia de 50 cm como mínimo de los bordes externos de los soportes o de las fundaciones. Esta distancia será de 150 cm en el caso en el que el soporte esté sometido a un esfuerzo de vuelco permanente hacia la zanja. Cuando esta precaución no se pueda tomar, se debe emplear una protección mecánica resistente a lo largo del soporte y de su fundación prolongando una longitud de 50 cm a ambos lados de los bordes extremos de la misma.

4.2. CRUZAMIENTOS

En los cruzamientos de los conductores de baja tensión, media tensión, cables de telecomunicaciones, agua, alcantarillado, vapor y gas se debe cumplir con una distancia mínima entre ellos de 20 cm. En caso de que no pudiese conseguirse esta distancia, se deben separar en forma efectiva las instalaciones por medio de una hilera cerrada de ladrillos o concreto, resistentes al fuego y al arco eléctrico, y malos conductores de calor.

4.2.1. Vías Públicas

En los cruzamientos con calles y carreteras los conductores deben ir en ductos, a una profundidad mínima según lo establecido en los planos anexos a este documento. Los tubos o conductos deben ser resistentes, duraderos, y tener un diámetro que permita deslizar fácilmente los conductores por su interior, de conformidad con lo establecido en el citado apartado del documento.

4.2.2. Ferrocarriles

Los cruzamientos con ferrocarriles se deben realizar en conductos o tubos hormigonados, en todos los casos en que sea posible deben cruzar perpendiculares a la vía a una profundidad de 1,30 m como mínimo. Esta profundidad debe considerarse con respecto a la cara inferior de las traviesas. Se recomienda efectuar el cruzamiento por los lugares de menor anchura de la zona del ferrocarril. En todo caso, debe tenerse en cuenta lo especificado por la correspondiente autorización de la empresa de ferrocarriles.

4.2.3. Depósitos de Carburantes

Se deben evitar los cruzamientos de conductores eléctricos sobre depósitos de carburantes. Los conductores de energía eléctrica deben bordear el depósito, adecuadamente protegidos, y quedar a una distancia mínima de 1,20 m del mismo.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

5. CÁLCULO ELÉCTRICO

En este apartado se desarrollarán los cálculos eléctricos en función de los conductores empleados, de los niveles de tensión y del número de fases de la línea eléctrica subterránea.

5.1. CÁLCULO ELÉCTRICO EN MEDIA TENSIÓN

5.1.1. Resistencia del Conductor

La Tabla 17 muestra los valores de resistencia eléctrica para los conductores normalizados de aluminio. En los anexos se muestra el método de cálculo para diferentes valores de temperatura. Para efectos de este documento se considera la resistencia en corriente directa igual a la resistencia en corriente alterna. Los anexos muestran la metodología exacta de cálculo.

Tabla 17. Resistencia de los Conductores Normalizados en MT

Conductor	Aluminio	
	R_{DC} a 20° (Ω/km)	R_{DC} a 90°(Ω/km)
# 2 AWG	0,857	1,095
1/0 AWG	0,539	0,690
4/0 AWG	0,269	0,345
500 MCM	0,114	0,146
750 MCM	0,0759	0,097

Nota: Se han despreciado el efecto piel y de proximidad por lo tanto se considera RDC = RAC para efectos del presente Proyecto Tipo.

5.1.2. Reactancia Inductiva del Conductor

La Tabla 18 muestra los valores de reactancia inductiva para los conductores y configuración normalizada. Los anexos muestran el método de cálculo para situaciones diferentes a las aquí especificadas.

Tabla 18. Reactancia Inductiva para Conductores

Reactancia por Unidad de Longitud para Línea Trifásica Equilibrada		
Conductores	**Reactancia inductiva (Ω/km)**	
	15 kV	**35 kV**
1/0 AWG	0,153	0,176
4/0 AWG	0,136	0,157
500 MCM	0,120	0,138
750 MCM	0,113	-

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

5.1.3. Capacitancia

En la Tabla 19 se muestran las capacitancias para los distintos conductores normalizados, según sus niveles de tensión. Los anexos muestran el método de cálculo para conductores diferentes a los aquí indicados:

Tabla 19. Capacitancia Línea Trifásica

Conductores	Capacitancia (µF/km)	
	15 kV	35 kV
1/0 AWG	0,2047	0,1299
4/0 AWG	0,2662	0,1626
500 MCM	0,3775	0,2209
750 MCM	0,4492	-

5.1.4. Intensidad de Corriente Admisible de Conductores Instalados al Aire en Galerías

La Tabla 20 muestra la intensidad máxima de los conductores de aluminio instalados al aire en galerías para una temperatura de 40 ºC.

Tabla 20. Intensidad Máxima Conductores Instalados al Aire

Intensidad Máxima Conductor de Aluminio de Media Tensión (A)		
Conductor	Conductor Instalado al Aire en Galería	
	13,2kV	34,5kV
1/0 AWG	195	199
4/0 AWG	291	297
500 MCM	485	497
750 MCM	625	-

5.1.5. Corrientes de Conductores en Banco de Ductos

Las corrientes de los conductores subterráneos de media tensión varían dependiendo del número de conductores que se alojen en un ducto. La Tabla 21 muestra los valores para los conductores especificados de aluminio; la Figura 1 ilustra las diferentes configuraciones de la tabla.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

Tabla 21. Intensidad Conductores instalados en Ductos

Intensidad Conductor de Aluminio de Media Tensión (A)			
Calibre AWG/MCM	**Conductor Instalado en Ducto 6-35 kV**		
	1 circuito (A)	**3 circuitos (A)**	**6 circuitos (A)**
	Detalle 1	**Detalle 2**	**Detalle 3**
1/0	150	121	87
4/0	222	179	145
500	357	280	222
750	440	343	271

Figura 1

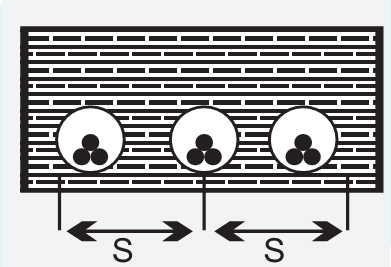
Detalle 1

1 Ducto eléctrico y 1 circuito

Detalle 2

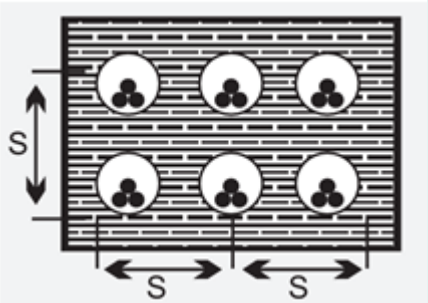
3 Ductos eléctricos y 3 circuitos

(S=20 cm)



Detalle 3

6 Ductos eléctricos y 6 circuitos



(S=20 cm)

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

5.1.6. Factores de Corrección para la Capacidad de Corriente en MT

La intensidad admisible del conductor debe ajustarse mediante unos coeficientes de corrección, teniendo en cuenta las características de la instalación real. A continuación, se exponen algunos casos particulares de instalación cuyas características afectan al valor máximo de la intensidad admisible, indicándose los coeficientes de corrección que se deben aplicar.

5.1.6.1. Instalación en ductos subterráneos

a) Conductores instalados en ducto subterráneo en terrenos de resistividad térmica distinta de 1 K-m/W.

Las características del terreno constituyen un punto importante en la intensidad admisible en los cables subterráneos, si bien su valor es difícil de determinar dada la falta de uniformidad del propio suelo a lo largo de la canalización.

La Tabla 22 muestra el coeficiente de corrección según el tipo de terreno, de conformidad con la IEC 60287. La Tabla 23 recoge valores típicos de la resistividad térmica de diferentes tipos de terreno.

Tabla 22

Resistividad Térmica para Diferentes Tipos de Terreno	
Tipo de terreno	**Valores de k (K.m/W)**
Muy Húmedo	0,5
Húmedo	0,7
Hormigón	0,9
Seco	1,0
Arcilloso Muy Seco	1,2
Arenoso Muy Seco	1,5
De Piedra Arenisca	2,0
De Piedra Caliza	2,5
De Piedra Granítica	3,0

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

Tabla 23

Factor de Corrección por Resistividad Térmica del Terreno							
Resistividad térmica del terreno (K·m/W)	**0,8**	**1**	**1,2**	**1,4**	**1,65**	**2**	**2,5**
Línea trifásica	1,07	1,00	0,94	0,89	0,84	0,78	0,71

5.1.6.2. Instalación al aire y galerías

a) Conductores instalados al aire en ambientes de temperatura distinta a 40 ºC:

El coeficiente que se empleará para la corrección de las intensidades máximas admisibles, cuando la temperatura ambiente es diferente de 40ºC, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Cc = \sqrt{\frac{90 - \partial a}{90 - 40}}$$

Dónde:

Cc: Coeficiente de corrección.

∂a: Temperatura ambiente en el lugar de instalación (ºC).

En la Tabla 24 se muestran los coeficientes de corrección en función de la temperatura ambiente de la instalación.

Tabla 24. Factores de Corrección para Temperatura Ambiente Distinta a 40°C

T (ºC)	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**	**50**
Coef. de corrección	1,22	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89

b) Factor de corrección por agrupamiento de conductores en canales o galerías:

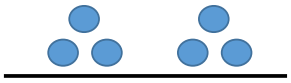
En estas condiciones de instalación, el calor disipado por los conductores no puede difundirse libremente y provoca un aumento de la temperatura del aire. Para realizar los cálculos se supondrá que el aumento de la temperatura ambiente, con los conductores instalados y transportando energía, respecto a la temperatura ambiente sin los conductores instalados es del orden de 15ºC.

Para la determinación de la intensidad admisible en estas condiciones se emplearán los coeficientes indicados en la Tabla anterior.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

También debe tenerse en cuenta al calcular la intensidad admisible en los conductores, la instalación de otros conductores en las proximidades. En función del tipo de instalación se deben emplear los coeficientes de corrección que se muestran en la Tabla 25.

Tabla 25. Coeficiente de Corrección para Agrupaciones de Conductores monopolares Instalados Sobre Bandejas (*)

Tipo de Bandejas		N° de Bandejas Verticales	Nº de ternas en la horizontal		
			1	2	3
Bandeja Perforadas		1	1,00	0,93	0,87
		2	0,89	0,83	0,79
		3	0,80	0,76	0,72
		>3	0,75	0,70	0,66

(*) Características de la instalación:
-Ternas o conductores tendidos sobre bandejas perforadas.
-Separación entre conductores igual al diámetro "d" de una terna o de un conductor (según corresponda).
-Distancia a la pared ≥ 5 cm.
-Separación vertical entre bandejas ≈ 30 cm.

5.1.6.3. Instalación en banco de ductos

Siempre que la longitud de la instalación bajo ducto no exceda de 15 metros no se aplican factores de corrección con respecto a la intensidad admisible. Cuando la longitud del conductor supere los 15 metros, se debe utilizar la Tabla 26 para la aplicación de los respectivos factores de corrección.

Tabla 26. Factores de Corrección para Temperatura del Terreno Distinta a 20°C

Tª (ºC)	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Coef. de corrección	1,06	1,03	1,00	0,96	0,92	0,88	0,84	0,80	0,75

5.1.7. Pérdidas Dieléctricas

Las pérdidas dieléctricas correspondientes a los conductores normalizados se muestran en la Tabla 27. Los anexos muestran la metodología de cálculo para valores diferentes a los aquí plasmados.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

Tabla 27. Pérdidas Dieléctricas en Conductores

Pérdidas Dieléctricas en el Aislante Línea de Media Tensión (Wδ) (W/km)		
Conductor	**Trifásicas**	
	13,2 kV	**34,5 kV**
1/0 AWG	-	**-**
4/0 AWG	17,48	72,98
500 MCM	24,80	99,10
750 MCM	29,50	**-**

5.1.8. Corriente de Carga Capacitiva

Para los conductores especificados los valores obtenidos de la intensidad de carga capacitiva son los mostrados en la Tabla 28; los anexos muestran cómo realizar el cálculo para valores diferentes.

Tabla 28. Intensidad de Carga Capacitiva Línea de Media Tensión

Intensidad, Ic (A/km)		
Conductor	**Trifásicas**	
	13,2 kV	**34,5 kV**
1/0 AWG	-	-
4/0 AWG	0,8030	1,2826
500 MCM	1,1388	1,7416
750 MCM	1,1349	-

5.1.9. Intensidad de Cortocircuito Admisible en los Conductores

Es la intensidad que no provoca ninguna disminución de las características de aislamiento de los conductores, incluso después de un número elevado de cortocircuitos.

En la Tabla 29 se muestran las corrientes de cortocircuito para los conductores normalizados. Se considera una intensidad de cortocircuito de 16 kA en 13,2 kV y 12,5 kA en 34,5 kV y un tiempo mínimo de despeje de las fallas de 0,3 segundos en caso de interruptores, o menor a 0,1 segundo en caso de fusibles.

El conductor de calibre 1/0 AWG solo podrá instalarse en derivaciones o racimos protegidos con fusibles.

En los anexos se muestra la metodología de cálculo para conductores diferentes a los especificados.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

Tabla 29. Intensidad de Cortocircuito de Conductores

Intensidad (kA)											
Conductor Aluminio	**Sección (mm^2)**	**Duración del cortocircuito (s)**									
		0,1	**0,2**	**0,3**	**0,4**	**0,5**	**0,6**	**0,7**	**0,8**	**0,9**	**1**
1/0 AWG	53,5	15,7	11,1	9	7,8	7	6,4	5,9	5,5	5,2	4,9
4/0 AWG	107,2	31,5	22,2	18,2	15,7	14	12,8	11,9	11,1	10,5	9,9
500 MCM	253,3	74,4	52,6	42,9	37,2	33,2	30,3	28,1	26,3	24,8	23,5
750 MCM	380	111,8	79	64,5	55,9	50	45,6	42,2	39,5	37,3	35,3

5.1.10. Intensidad de Cortocircuito Admisible en las Pantallas

Las intensidades admisibles en la pantalla de cobre de los conductores especificados de media tensión, en función del tiempo de duración del cortocircuito, son las indicadas en la Tabla 30.

Estas intensidades se han tomado para una temperatura máxima en la pantalla de 160 ºC, según la Norma ICE-949 o aquella que la modifique o sustituya.

Tabla 30. Intensidad de Cortocircuito Admisible en Pantalla de Cobre

Intensidad (kA)											
Conductor cobre	**Sección (mm^2)**	**Duración del cortocircuito (s)**									
		0,1	**0,2**	**0,3**	**0,4**	**0,5**	**0,6**	**0,7**	**0,8**	**0,9**	**1**
1/0 AWG	33	14,9	10,6	8,6	7,5	6,7	6,1	5,6	5,3	5,0	4,7
4/0 AWG	23	10,4	7,4	6,0	5,2	4,7	4,2	3,9	3,7	3,5	3,3
500 MCM	53	24,0	16,9	13,8	12,0	10,7	9,8	9,1	8,5	8,0	7,6
750 MCM	53	24,0	16,9	13,8	12,0	10,7	9,8	9,1	8,5	8,0	7,6

5.1.11. Caída de Tensión

Dadas las características particulares de distribución será necesario tener en cuenta la caída de tensión que se producen en la línea, debido a la propia resistencia de los conductores. Los cálculos serán aplicables a un tramo de línea, siendo la caída total de tensión la suma de las caídas en cada uno de los tramos intermedios. La Tabla 31 muestra los valores correspondientes para caída de tensión para los conductores normalizados; en los anexos se muestra la metodología de cálculo para otras condiciones.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

Tabla 31. Caída de Tensión para Conductores de Aluminio

Tensión (kV)	Calibre	Caída de Tensión Trifásica (U%)		
		cosφ = 0,8	cosφ = 0,9	cosφ = 1
13,2	4/0 AWG	$25{,}65\times10^{-5}$PL	$23{,}58\times10^{-5}$PL	$19{,}80\times10^{-5}$PL
	500 MCM	$13{,}54\times10^{-5}$PL	$11{,}71\times10^{-5}$PL	$8{,}37\times10^{-5}$PL
	750 MCM	$10{,}43\times10^{-5}$PL	$8{,}708\times10^{-5}$PL	$5{,}56\times10^{-5}$PL
34,5	4/0 AWG	$3{,}88\times10^{-5}$PL	$3{,}53\times10^{-5}$PL	$2{,}89\times10^{-5}$PL
	500 MCM	$2{,}1\times10^{-5}$PL	$1{,}79\times10^{-5}$PL	$1{,}22\times10^{-5}$PL

5.1.12. Potencia de Transporte

El punto crítico de la línea es el tramo situado antes de la primera carga, ya que después de ésta, la intensidad que circulará por la línea será siempre menor. En el caso de ramificaciones sucederá lo mismo, el punto más crítico estará al inicio de la ramificación.

En las tablas 32 y 33 aparecen los valores de potencia máxima para circuitos trifásicos, limitada únicamente por la intensidad máxima admisible del conductor de aluminio, para distintos niveles de tensión y para factores de potencia de 0,8 y 0,9. Los anexos muestran el método de cálculo.

Tabla 32. Potencia Trifásica Máxima a Transportar 13,2 kV FP 0,8 en Ducto

Potencia (kW) a Temperatura Ambiente 20ºC			
Calibre	Conductor Monopolar de Aluminio		
	1 circuito	3 circuitos	6 circuitos
	Detalle 1	Detalle 2	Detalle 3
1/0 AWG	2.835	2.286	1.646
4/0 AWG	4.207	3.384	2.744
500 MCM	6.767	5.304	4.207
750 MCM	8.322	6.493	5.121

Tabla 33. Potencia Trifásica Máxima a Transportar 13,2 kV FP 0,9 en Ducto

Potencia (kW) a Temperatura Ambiente 20ºC			
Calibre	Conductor Monopolar de Aluminio		
	1 circuito	3 circuitos	6 circuitos
	Detalle 1	Detalle 2	Detalle 3
1/0 AWG	3.189	2.572	1.852
4/0 AWG	4.733	3.807	3.087
500 MCM	7.613	5.967	4.733
750 MCM	9.362	7.305	5.761

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

5.1.13. Pérdidas de Potencia

La Tabla 34 muestra los valores correspondientes para los conductores de aluminio normalizados:

Tabla 34. Pérdidas Trifásicas de Potencia Conductores de Aluminio

Pérdidas (%)				
Conductor de Aluminio	**Tensión (kV)**	**Factor de Potencia**		
		Cosφ = 0,8	**Cosφ = 0,9**	**Cosφ = 1**
4/0 AWG	13,2	$30{,}93\times10PL^{-5}$	$24{,}4\times10PL^{-5}$	$19{,}8\times10PL^{-5}$
	34,5	$4{,}52\times10PL^{-5}$	$3{,}57\times10PL^{-5}$	$2{,}89\times10PL^{-5}$
500 MCM	13,2	$13.1\times10PL^{-5}$	$10{,}34\times10PL^{-5}$	$8{,}379\times10PL^{-5}$
	34,5	$1{,}91\times10PL^{-5}$	$1{,}514\times10PL^{-5}$	$1{,}22\times10PL^{-5}$
750 MCM	13,2	$8{,}69\times10PL^{-5}$	$6{,}87\times10PL^{-5}$	$5{,}56\times10PL^{-5}$

Cuando se tiene una serie de cargas diferentes conectadas a diferentes intervalos, bastará con tomar la mayor potencia y la mayor distancia entre cargas para obtener una cota superior de las pérdidas de potencia.

En los anexos se muestran las gráficas de pérdidas de potencia.

5.2. CÁLCULO ELÉCTRICO EN BAJA TENSIÓN

5.2.1. Resistencia del Conductor

La Tabla 35 muestra los valores de resistencia eléctrica para los conductores normalizados de aluminio. Se considera válido en este Proyecto Tipo tomar el valor de resistencia en corriente directa igual al valor en corriente alterna.

En los anexos se muestra el método de cálculo para diferentes valores de temperatura, así como el método exacto de cálculo para corriente alterna.

Tabla 35. Resistencia de los Conductores Normalizados en BT

Conductor	Aluminio	
	R_{DC} a 20° (Ω/Km)	R_{DC} a 90°(Ω/Km)
# 2 AWG	0,857	1,095
1/0 AWG	0,539	0,690
4/0 AWG	0,269	0,345
500 MCM	0,114	0,146

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

Para el cálculo se considera que los conductores se han instalado en contacto mutuo, en forma de triángulo (configuración de trébol). Se considera la resistencia del neutro igual a la de las fases.

5.2.2. Reactancia Inductiva del Conductor

La Tabla 36 muestra los valores de reactancia inductiva para los conductores y configuración normalizada. Los anexos muestran el método de cálculo para situaciones diferentes a las aquí especificadas.

Tabla 36. Reactancia Inductiva de Conductores

Conductor	Reactancia por Unidad de Longitud para Línea Trifásica de Baja Tensión X (Ω/km)
500 MCM	0,092
4/0 AWG	0,095
1/0 AWG	0,104
# 2 AWG	0,104

Nota: En el caso de los conductores concéntricos se adopta el valor de X = 0,1 Ω/Km, que se puede introducir en los cálculos sin error apreciable, debido a que en éstos el valor real de la reactancia será incluso menor.

5.2.3. Intensidad de Corriente Admisible en Conductores Instalados al Aire en Galerías

En la Tabla 37 se indican las intensidades máximas permanentes admisibles para las diferentes secciones de conductores especificados, para una temperatura máxima del conductor de 90 ºC y una temperatura ambiente de 30 ºC en un terreno de resistividad térmica igual a 1 °K-m/W.

Tabla 37. Intensidad Máxima Admisible en Conductor de Aluminio

Sección del Conductor	Imáx. Conductor Instalado al Aire en Galería (A)
500 MCM	545
4/0 AWG	315
1/0 AWG	205
# 2 AWG	150

La intensidad admisible del conductor determinado para la instalación tipo, debe ajustarse mediante coeficientes de corrección teniendo en cuenta las características de la instalación real.

5.2.4. Corriente de Conductores en Bancos de Ductos

Al igual que en los conductores instalados al aire en galerías, la intensidad admisible del conductor determinado para la instalación tipo debe ajustarse mediante coeficientes de corrección que tengan en cuenta las características de la instalación real.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

La Tabla 38 muestra las intensidades máximas admisibles antes de aplicar dichos coeficientes, de acuerdo con las configuraciones mostradas en la Figura 1.

Tabla 38. Intensidad Conductor de Aluminio de Baja Tensión

Calibre AWG/MCM	Conductor monopolar de aluminio de 0-2.000 V		
	1 circuito (A)	3 circuitos (A)	6 circuitos (A)
	Detalle 1	Detalle 2	Detalle 3
500 MCM	427	341	273
4/0 AWG	253	215	175
1/0 AWG	175	146	121
# 2 AWG	132	112	93

5.2.5. Factores de Corrección para la Capacidad de Corriente en BT

5.2.5.1. Instalación al aire y galerías

a) Conductores instalados al aire en ambientes de temperatura distinta a 40 ºC.

$$Cc = \sqrt{\frac{90 - \partial a}{90 - 40}}$$

Dónde:

Cc: Coeficiente de corrección.

∂a: Temperatura ambiente en el lugar de instalación (ºC).

En la Tabla 39 se muestran los coeficientes en función de la temperatura ambiente de la instalación.

Tabla 39. Coeficiente de Corrección por Temperatura

Temperatura (ºC)	25	30	35	40	45	50	55	60
Coef. de corrección	1,14	1,10	1,05	1	0,95	0,90	0,84	0,77

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

b) Factor de corrección por agrupamiento de conductores instalados al aire en galerías.

En estas condiciones de instalación, el calor disipado por los conductores no puede difundirse libremente y provoca aumento de la temperatura del aire. Para realizar los cálculos se supondrá que el aumento de la temperatura ambiente, con los conductores instalados y transportando energía, respecto a la temperatura ambiente sin los conductores instalados es del orden de 15ºC. Para la determinación de la intensidad admisible en estas condiciones se emplearán los coeficientes indicados en la Tabla 39.

Otro factor que debe tenerse en cuenta al calcular la intensidad admisible en los conductores, es la instalación de otros conductores en las proximidades. En función del tipo de instalación se emplearán los coeficientes mostrados en la Tabla 40.

Tabla 40. Coeficientes de Corrección por Tipo de Instalación

Coeficiente de corrección para agrupaciones de conductores monopolares Instalados Sobre Bandejas (*)					
Tipo de Bandejas		**Nº de Bandejas Verticales**	**Nº de ternas en la horizontal**		
			1	**2**	**3**
Bandejas Perforadas		**1**	1,00	0,93	0,87
		2	0,89	0,83	0,79
		3	0,80	0,76	0,72
		>3	0,75	0,70	0,66

(*) Características de la instalación:
- Ternas o conductores tendidos sobre bandejas perforadas.
- Separación entre conductores igual al diámetro "d" de una terna o de un conductor según corresponda).
- Distancia a la pared ≥5 cm.
- Separación vertical entre bandejas ≈30 cm.

5.2.5.2. Instalación en banco de ductos

Para conductores en el interior de ductos no se aplicará coeficiente de corrección si la longitud de este no excede de 15 metros. Cuando la longitud del tubo supere los 15 metros, se deben aplicar a la Tabla 38 los coeficientes reductores utilizados para la instalación en banco de ductos.

5.2.6. Intensidad de Cortocircuito Admisible en los Conductores

Es la intensidad que no provoca ninguna disminución de las características de aislamiento de los conductores, incluso después de un número elevado de cortocircuitos. Las intensidades de cortocircuito para los conductores especificados para baja tensión son las establecidas en la Tabla 41.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

Tabla 41. Intensidad de Cortocircuito Admisible de Conductores

Intensidad (kA)									
Conductor de Aluminio	**Duración del cortocircuito (s)**								
	0,1	**0,2**	**0,3**	**0,5**	**1,0**	**1,5**	**2,0**	**2,5**	**3,0**
500 MCM	74,49	52,68	43,01	33,31	23,56	19,23	16,66	14,90	13,60
4/0 AWG	31,53	22,29	18,20	14,10	9,97	8,14	7,05	6,31	5,76
1/0 AWG	15,73	11,13	9,08	7,04	4,98	4,06	3,52	3,15	2,87
# 2 AWG	15,19	10,74	8,77	6,79	4,80	3,92	3,40	3,04	2,77

5.2.7. Caída de Tensión

Dadas las características particulares de distribución será necesario tener en cuenta la caída de tensión que se produce en la línea, debido a la propia resistencia de los conductores. Los cálculos serán aplicables a un tramo de línea, siendo la caída total de tensión la suma de las caídas en cada uno de los tramos intermedios.

En la Tabla 42 se muestran los valores de caída de tensión para los diferentes conductores de baja tensión, en función de la potencia consumida por las cargas y de la longitud del tramo de línea.

Tabla 42. Caídas de Tensión en Conductores de Baja Tensión

Caída de Tensión (U%) Conductor de Aluminio (*)				
Conductor	**Tensión**	**cosφ = 0,8**	**cosφ = 0,9**	**cosφ = 1**
Circuito Monofásico				
4/0 AWG	240 V	$1,44 \times 10^{-3}$ P·L	$1,36 \times 10^{-3}$ P·L	$1,19 \times 10^{-3}$ P·L
1/0 AWG	240 V	$2,67 \times 10^{-3}$ P·L	$2,57 \times 10^{-3}$ P·L	$2,39 \times 10^{-3}$ P·L
# 2 AWG	240 V	$3,23 \times 10^{-3}$ P·L	$3,14 \times 10^{-3}$ P·L	$2,96 \times 10^{-3}$ P·L
Circuito Trifásico				
500 MCM	208 V	$0,49 \times 10^{-3}$ P·L	$0,44 \times 10^{-3}$ P·L	$0,33 \times 10^{-3}$ P·L
	240 V	$0,37 \times 10^{-3}$ P·L	$0,33 \times 10^{-3}$ P·L	$0,25 \times 10^{-3}$ P·L
4/0 AWG	208 V	$0,96 \times 10^{-3}$ P·L	$0,90 \times 10^{-3}$ P·L	$0,79 \times 10^{-3}$ P·L
	240 V	$0,72 \times 10^{-3}$ P·L	$0,68 \times 10^{-3}$ P·L	$0,60 \times 10^{-3}$ P·L
1/0 AWG	208 V	$1,77 \times 10^{-3}$ P·L	$1,71 \times 10^{-3}$ P·L	$1,59 \times 10^{-3}$ P·L
	240 V	$1,33 \times 10^{-3}$ P·L	$1,29 \times 10^{-3}$ P·L	$1,19 \times 10^{-3}$ P·L
# 2 AWG	208 V	$2,15 \times 10^{-3}$ P·L	$2,09 \times 10^{-3}$ P·L	$1,97 \times 10^{-3}$ P·L
	240 V	$1,61 \times 10^{-3}$ P·L	$1,57 \times 10^{-3}$ P·L	$1,48 \times 10^{-3}$ P·L

(*) Los valores de la impedancia de la línea (Z) utilizados en la realización de estas tablas se han calculado utilizando el valor de la resistencia del conductor a 90ºC.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

5.2.8. Pérdida de Potencia

Las pérdidas de potencia para los conductores de aluminio especificados en baja tensión son los mostrados en la Tabla 43.

Cuando se tiene una serie de cargas diferentes conectadas a diferentes intervalos, bastará con tomar la mayor potencia y la mayor distancia entre cargas para obtener una cota superior de las pérdidas de potencia.

Tabla 43. Pérdidas de Potencia en Conductores de Aluminio

Porcentaje de Potencia Pérdida (*)				
Conductor de Aluminio	**Tensión**	**cosφ= 0,8**	**cosφ= 0,9**	**cosφ= 1**
Circuito Monofásico				
4/0 AWG	240 V	$1{,}87 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot L$	$1{,}48 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot L$	$1{,}19 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot L$
1/0 AWG	240 V	$3{,}74 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot L$	$2{,}957 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot L$	$2{,}4 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot L$
# 2 AWG	240 V	$5{,}94 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot L$	$4{,}69 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot L$	$3{,}8 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot L$
Circuito Trifásico				
500 MCM	208 V	$5{,}27 \cdot 10^{-4} \cdot P \cdot L$	$4{,}16 \cdot 10^{-4} \cdot P \cdot L$	$3{,}37 \cdot 10^{-4} \cdot P \cdot L$
	240 V	$3{,}96 \cdot 10^{-4} \cdot P \cdot L$	$3{,}13 \cdot 10^{-4} \cdot P \cdot L$	$2{,}53 \cdot 10^{-4} \cdot P \cdot L$
4/0 AWG	208 V	$12{,}4 \cdot 10^{-4} \cdot P \cdot L$	$9{,}84 \cdot 10^{-4} \cdot P \cdot L$	$7{,}97 \cdot 10^{-4} \cdot P \cdot L$
	240 V	$9{,}35 \cdot 10^{-4} \cdot P \cdot L$	$7{,}39 \cdot 10^{-4} \cdot P \cdot L$	$5{,}98 \cdot 10^{-4} \cdot P \cdot L$
1/0 AWG	208 V	$24{,}9 \cdot 10^{-4} \cdot P \cdot L$	$19{,}68 \cdot 10^{-4} \cdot P \cdot L$	$15{,}94 \cdot 10^{-4} \cdot P \cdot L$
	240 V	$18{,}7 \cdot 10^{-4} \cdot P \cdot L$	$14{,}78 \cdot 10^{-4} \cdot P \cdot L$	$11{,}9 \cdot 10^{-4} \cdot P \cdot L$
#2 AWG	208 V	$3{,}95 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot L$	$3{,}12 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot L$	$2{,}53 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot L$
	240 V	$2{,}97 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot L$	$2{,}34 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot L$	$1{,}90 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot L$

(*) En la realización de esta tabla se ha utilizado el valor de la resistencia del conductor a 90 ºC.

5.2.9. Carga de Diseño y Factor de Simultaneidad

Para la realización de los cálculos para el diseño de las redes de baja tensión se deben emplear los niveles de potencia, factores de simultaneidad y procedimiento definidos en el Proyecto Tipo de Líneas Eléctricas Aéreas Trenzadas de Baja Tensión.

5.3. ACOMETIDAS SUBTERRÁNEAS

La selección y cálculos eléctricos de acometidas, criterios, restricciones y sistemas de medición, deben realizarse de conformidad con lo estipulado en las Especificaciones Particulares para Instalaciones de Conexión y Enlace de la EMPRESA.

Los requisitos técnicos referentes a cálculos mecánicos y obras civiles serán los mismos planteados a lo largo de este documento y sus anexos.

La llegada de una acometida subterránea de media tensión a un Centro de Transformación Tipo Interior debe realizarse de conformidad con lo mostrado en los planos anexos. Las Especificaciones Particulares para Instalaciones de Conexión y Enlace plantean los demás aspectos referentes a estos CT.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

6. CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA (PAT)

La selección del conductor, los electrodos de puesta a tierra y todos los demás componentes de dicho sistema debe realizarse de conformidad con lo establecido al respecto en el Proyecto Tipo Líneas Electicas Aéreas MT Sin Neutro.

En la red subterránea se debe considerar los siguientes puntos de puesta a tierra:

a. En el recorrido del conductor la pantalla metálica se debe conectar a tierra a la salida de la subestación y en cada punto de corte del conductor. Las tres pantallas se deben unir mediante un conector y con un conductor de tierra se debe hacer la conexión al sistema de puesta a tierra (Malla, varilla).

b. En el punto de instalación de los DPS.

c. En la instalación de los equipos de seccionamiento.

d. En el paso aéreo-subterráneo y viceversa. Si la longitud es menor a 100 metros, solo se debe conectar un extremo del conductor a tierra. Si la longitud es mayor o igual a 100 metros se deben conectar los dos extremos.

7. CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES

7.1. TENSIÓN MÁXIMA DE TENDIDO

Una tensión de halado superior a los límites admisibles provoca elongación en el conductor y separación en su aislamiento con deterioro por efecto corona, puede ocasionarse disminución en su área, aumento de la resistencia eléctrica y por ende calentamiento y debilitamiento de su aislamiento. También puede ser responsable de daños como los siguientes: rotura del conductor, cubierta y aislamiento raspado, desgaste por calentamiento en las curvas, entre otros.

La distancia máxima a la que los conductores pueden halarse sin ser sometidos a daños está determinada por los siguientes factores: presión de pared lateral máxima permitida por el conductor, fortaleza del conductor y su cubierta, coeficiente de fricción entre la cubierta del conductor y la superficie del ducto, peso del conductor, cantidad, ubicación y radios de curvas, pendiente y método de halar.

En ningún caso la tensión de halado debe exceder al más pequeño de los siguientes valores:

- Capacidad máxima permitida por el método de halar.
- Tensión máxima de halado que soporta el conductor.
- Presión lateral máxima admisible por el conductor o su chaqueta.
- 4.500 kg en el caso de conductores monopolares como los especificados en este Proyecto Tipo.

7.1.1. Tensión de Halado (Tout)

La tensión de halado del conductor varía según el grado de inclinación y la dirección del tramo, debiéndose calcular, según el caso, de la siguiente manera:

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

Sección horizontal recta:

$$T_{out} = w.\mu.W.L + T_{in}$$

Dónde:

T_{out}: Tensión fuera de sección (kg)
T_{in}: Tensión en sección (kg)
w: Factor de corrección de peso
μ: Coeficiente de fricción dinámica
W: Peso total del conjunto de conductores (kg/m)
L: Largo de sección recta (m)

Sección inclinada y vertical:

$$T_{out} = W.L.(Sen\ \theta + w.\mu.Cos\ \theta) + T_{in}$$

Dónde:

T_{out}: Tensión fuera de sección (kg)
T_{in}: Tensión en sección (kg)
w: Factor de corrección de peso
μ: Coeficiente de fricción dinámica
W: Peso total del conjunto de conductores (kg/m)

L: Largo de sección recta (m)

θ: Ángulo de sección recta desde horizontal (radianes)

Aproximación para curvas:

$$T_{out} = T_{in}.e^{w\mu\Phi}$$

Dónde:

T_{out}: Tensión fuera de sección (kg)
T_{in}: Tensión en sección (kg)
w: Factor de corrección de peso
μ: Coeficiente de fricción dinámica
W: Peso total del conjunto de conductores (kg/m)
Φ: Angulo de curvatura (radianes)
e: 2,718 base de logaritmo natural

El factor de corrección por peso que debe aplicarse para el caso de tres conductores agrupados en forma de trébol dentro de un ducto se calcula de la siguiente manera:

$$w = \frac{1}{\sqrt{1 - (\frac{d}{D-d})^2}}$$

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

Donde D es el diámetro interior del ducto y d es el diámetro exterior de un conductor monopolar.

Para el coeficiente de fricción dinámica entre el ducto PVC y la cubierta del conductor debe tomarse el siguiente valor:

μ = (0,45 entre PE y PVC; 0,60 entre PVC y PVC; 0,85 entre PE y PE)

7.1.2. Método de Halado

- Agarre de canasta: la tensión de halado debe limitarse a 455 kg (1.000 libras) para el caso de conductores con cubierta no metálica, 680 kg (1.500 libras) para los que posean pantalla metálica.
- Ojo de halar: Se selecciona el menor valor entre la tensión máxima del conductor, cuyo método de cálculo se describe a continuación, y un valor límite de 4.500 kg (10.000 libras), dado que aquí la fuerza es aplicada directamente al conductor.

7.1.3. Tensión Máxima del Conductor (Tm)

Debe diferenciarse entre el halado en un tramo recto o en tramos con curvas:

Cuando se tiende un conductor a través de un tramo recto de ducto, la tensión de halado es directamente proporcional a la longitud y peso del conductor, no debiendo exceder el siguiente valor:

$$T_m = T.n.A$$

Dónde:

T_m: Tensión máxima permisible en kg.
T: Tensión límite en kg/mm^2 del material al utilizar.
T =5,3 para aluminio
n: Número de conductores.
A: Área de cada conductor en mm^2

Sin embargo, la tensión máxima no debe ser mayor de 4.500 kg para conductores monopolares.

El cálculo de tensión de tendido de conductores en tramos rectos se realiza mediante la siguiente expresión:

Tramo recto

$$T = \omega.\mu.L.W$$

Por lo tanto, la longitud máxima de tendido será:

$$Lm = \frac{T_m}{w.\mu.W}$$

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

Dónde:

T_m: Tensión de tendido (debe ser inferior a la máxima tensión admisible por el conductor) (kg).

w: Factor de corrección por peso.

$w = 1$ Para conductor individual en ducto.

Utilizar el método de cálculo planteado en el apartado 4.1.1 (Tensión de halado) para conductores agrupados en configuración de trébol, como se especifica en este documento.

μ: Coeficiente de fricción dinámico entre el conductor y el ducto (0,45 entre PE y PVC; 0,60 entre PVC y PVC; 0,85 entre PE y PE). Para tres conductores en el ducto, 24°C de temperatura.

L: Longitud del tramo de ducto (m).

W: Peso total del conjunto de conductores halados (kg/m), suministrado por el fabricante.

La tensión máxima permisible para conductores que deban tenderse con malla de acero sobre chaqueta (agarre de canasta) se calcula de la siguiente manera:

$$T_m = K.T.(d - t)$$

Dónde:

T_m: Tensión máxima sobre la cubierta (kg).

K: Constante de 2,21 para cubiertas (mm).

T: Tensión en kg/mm^2 para el material de que se trate.

t: Espesor de la cubierta en mm.

d: Diámetro sobre la cubierta en mm.

7.1.4. Presión de Pared Lateral (PL)

Es la fuerza que se ejerce sobre el aislamiento y la cubierta al momento que un conductor está bajo tensión.

La presión lateral para tres conductores agrupados en configuración de trébol se calcula a través de la siguiente expresión:

$$PL = \frac{W_{3T} \,.\, T_S}{2.R}$$

Dónde:

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

W_{3T}: Factor de corrección por peso en tres (3) conductores en configuración de trébol y se calcula mediante la siguiente formula:

$$W_{3T} = \frac{1}{\sqrt{1 - (\frac{d}{D-d})^2}}$$

Con límite inferior de 2,155.

Donde D es el diámetro interior del ducto y d es el diámetro exterior de un conductor monopolar.

R: Radio de la curva (m).

T_s: Tensión de halado de tres (3) conductores en configuración de trébol a la salida de la curva (Kg).

Un valor límite típico para la presión de pared lateral en conductores XLPE es de 3.000 kg/m (Debe confirmarse con el fabricante el valor recomendado por este).

7.1.5. Radio Mínimo de Curvatura

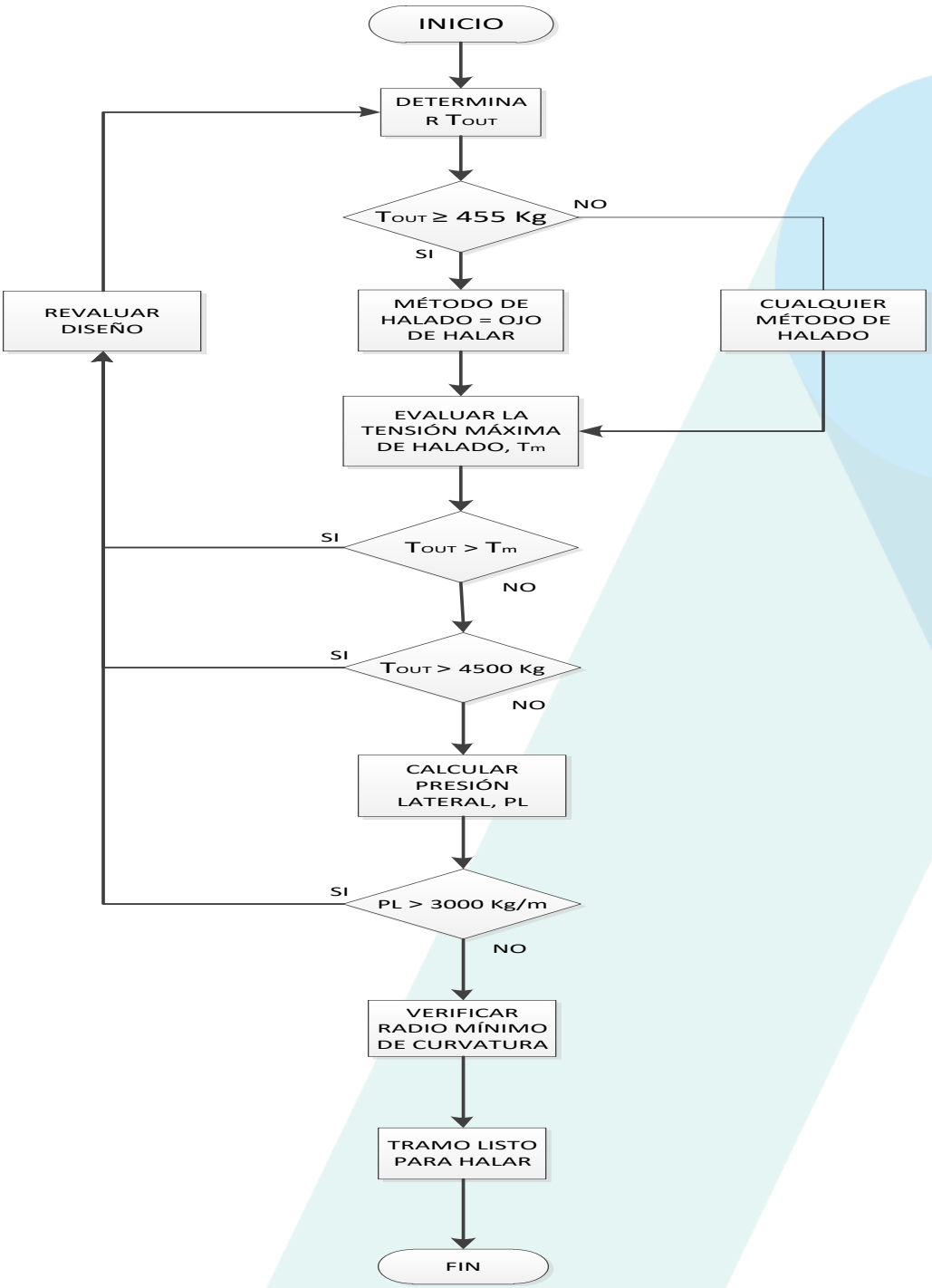
Es el máximo doblado que se le puede dar a un conductor garantizando que las propiedades eléctricas y mecánicas de sus componentes no se alteren, es decir sin producir daños en el conductor.

El conductor no debe ser curvado a un radio menor de ocho (8) veces el diámetro total exterior para conductores no apantallados o 12 veces el diámetro para conductores apantallados o con cubierta de plomo durante o después de su instalación. En el caso de tres (3) conductores por ducto, se debe aplicar el radio de curvatura mínimo para el diámetro de un solo conductor.

7.1.6. Flujograma del Proceso de Cálculo Mecánico

El procedimiento de verificación del cálculo mecánico se ilustra de la siguiente manera:

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*



Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

8. OBRAS CIVILES

8.1. CAJAS DE INSPECCIÓN, CÁMARAS Y DUCTOS

Las canalizaciones en Media tensión utilizadas para el tendido de conductores de circuitos de distribución subterránea serán ductos de PVC corrugado tipo TDP y en baja tensión se aceptan ductos de PVC corrugados, tipo TDP.

Las ducterías de las redes subterráneas, deben estar sobre las aceras en zona dura, de acuerdo con el Plan de Ordenamiento Territorial del respectivo municipio y en caso de no estar reglamentado se debe dar cumplimiento a los criterios de desarrollo e instalación de una red subterránea, numeral 9.

Los ductos de acero galvanizado se utilizarán en las instalaciones tanto de redes de media tensión como de baja tensión, subterránea a aérea o viceversa, o donde existan condiciones especiales que lo requieran. Siempre que se realice una transición con motivo de una acometida, en media o baja tensión, se debe construir una caja de inspección cerca al poste, a una distancia no mayor a un (1) metro, preferentemente. La curva de la canalización no debe entrar directamente a la caja, sino que debe estar acoplada a un pequeño tramo de tubería que es el que debe llegar a la caja de inspección.

El diámetro de los ductos que se deben utilizar será de: 6 pulgadas para la Red de 34,5 kV; 6 y 4 pulgadas para la Red de 13,2 kV; 4 pulgadas para la Red de Baja Tensión. Las acometidas subterráneas en media tensión pueden utilizar tubería de 4 o 3 pulgadas (según el diseño eléctrico aprobado). En acometidas subterráneas de baja tensión podrá utilizarse un diámetro inferior, ajustado a lo establecido en las Especificaciones Particulares para Instalaciones de Conexión y Enlace de la EMPRESA.

Diferentes arreglos para bancos de ductos, dependiendo del diámetro de los mismos o el sitio que atraviesen, podrán verse en los planos anexos. Las combinaciones de ducterías utilizadas son las siguientes:

Los ductos se deben colocar con una pendiente mínima de 1% hacia las cajas de inspección y cámaras y siempre deben ser sellados, vacíos u ocupados, en sus llegadas o salidas de estas.

En el sistema subterráneo se deben utilizar cajas de paso, cajas de giro, cajas para acometidas de Baja Tensión, cajas para zonas vehiculares; las cámaras se usan para los casos donde deban alojarse barrajes o equipos tales como transformadores, seccionadores, etc.

Las canalizaciones subterráneas deben tener cajas de inspección en tramos rectos cada 80 metros lineales de ducto, excepto cuando existan causas que exijan una distancia mayor como por ejemplo cruces de avenidas. Para acometidas subterráneas la distancia entre cajas será la determinada por las Especificaciones Particulares para Instalaciones de Conexión y Enlace de la EMPRESA.

Cuando los bancos de ductos consten de más de seis (6) tubos no deben utilizarse las cajas de inspección tipo 1.

Las paredes de las cajas de inspección y cámaras deben ser en concreto reforzado de 3.500 psi (246 kg/cm2), con las superficies internas pañetadas.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

En zonas propensas a inundaciones o de alto nivel freático se debe pañetar con mortero impermeabilizante las superficies internas de la caja y se debe fijar la tapa con sellante elástico, de tal forma que no permita el ingreso de agua a su interior.

En el piso de las cajas y cámaras se debe ubicar un drenaje según se muestra en los planos. La tubería de drenaje debe tener una válvula tipo cheque que impida el retorno de fluidos hacia el interior y debe estar interconectada con las redes de aguas lluvias en el caso de que estas existieren.

Cuando las cajas de inspección o las cámaras sean prefabricadas y no pueda cumplirse con los requisitos de drenaje, el diseño debe garantizar la estanqueidad total del recinto y podrá ser diferente al de los planos anexos, pero conservando los requisitos mínimos de resistencia de materiales y distancias mínimas de seguridad.

8.2. OBRA CÍVIL EN ACOMETIDAS SUBTERRÁNEAS

8.2.1. Canalizaciones y Ductos de Acometidas Subterráneas

Su utilización está regida por lo estipulado en las Especificaciones Particulares para Instalaciones de Conexión y Enlace de la EMPRESA. A continuación, se presentan lineamientos técnicos que complementan lo plasmado en la citada especificación.

Se entiende por ducto, la tubería utilizada para el alojamiento de conductores que transportan la corriente, y por canalización, la adecuación necesaria del terreno para la colocación de ductos.

Dentro del tubo de la acometida no se deben colocar otros conductores diferentes a los de ésta.

Las tuberías de acometidas subterráneas que entran a un inmueble se deben sellar de acuerdo a lo establecido en las especificaciones técnicas de este Proyecto Tipo. Los compuestos utilizados como sellante deben ser aptos para usarse con los aislantes de los conductores, de tal forma que no los afecte, ni los deteriore.

Cuando se instalen ductos libres estos deben quedar debidamente taponados en los extremos de las llegadas a las cajas de inspección, de conformidad con lo estipulado en este Proyecto Tipo.

Si una acometida subterránea necesita atravesar una vía, en la canalización se debe instalar ducto de reserva.

8.2.2. Cajas de Inspección para Acometidas Subterráneas

La caja de derivación en el punto de entrada de una acometida BT hacia el armario o caja de medidores debe ser del tipo de Caja de Inspección BT.

Las cajas de inspección para acometidas subterráneas de Media Tensión deben seguir las mismas especificaciones que las establecidas para la Red de Distribución Subterránea de Media Tensión de este documento.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

La máxima separación entre cajas de inspección de acometidas debe ser la establecida en las Especificaciones Particulares para Instalaciones de Conexión y Enlace. Se deben construir obligatoriamente en las esquinas y frente al inmueble donde se vaya a derivar la acometida hacia la caja o armario de medidores.

9. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO PARA DESARROLLO DE LA RED CONDUCTOR AISLADO Y CONEXIÓN DE TERCEROS

- Las tensiones nominales de la red de media tensión serán 13,2 kV y 34,5 kV, con intensidades de cortocircuito máxima de 16 y 12 kA para los anteriores niveles de tensión. El Área de Planificación de la EMPRESA informará sobre las subestaciones eléctricas que requieren una mayor especificación para cubrir este requisito.
- Todo circuito o ramal subterráneo debe ser desarrollado con tres fases, en los calibres que han sido seleccionados para uso en este tipo de redes.
- Las secciones de las líneas principales y de las derivaciones deben ser uniformes.
- Un circuito con conductor aislado no debe alimentar simultáneamente clientes de áreas rurales y áreas urbanas.
- El circuito con conductor aislado no debe tener neutro corrido independiente. La pantalla se debe aterrizar en los puntos de conexión.
- En la red subterránea se deben colocar detectores de paso de falta (DPF) en la salida del seccionador de continuación de la troncal. En los ramales se deben colocar DPF en cada continuación de ramal.
- La definición de los equipos a instalar y la red a desarrollar será realizada por el área de Planificación de la EMPRESA, considerando las cargas a instalar y la dimensión del proyecto.
- En lo posible los equipos disponibles para la operación de los ramales y la alimentación del centro de transformación deben ser accesibles, instalados en la zona pública, sobre la propia línea general o a pocos metros de la misma, o bien en un local con acceso desde la vía pública (Local en piso o semienterrado, cámara subterránea con equipos sumergibles temporal o totalmente).
- Los ramales de media tensión secundarios se podrán desarrollar utilizando barrajes premoldeados de 200 A hasta los 1.000 kVA de carga. A partir de esta potencia se deben utilizar barrajes con elementos de 600 A para la conexión del ramal secundario. La conexión de la carga del cliente se podrá hacer con elementos pre moldeados hasta 200 A.
- El circuito de media tensión en conductor aislado trifásico se podrá derivar de un circuito aéreo. Esta derivación siempre se debe hacer utilizando un equipo de seccionamiento, según la potencia a alimentar. Para ello se debe aplicar la especificación de transición aérea-subterránea, con los equipos de protección adecuados.
- Los centros de transformación (encapsulados, pedestal, subterráneos y los convencionales tipo interior) que se alimenten desde la red aérea primaria utilizando conductor aislado se deben operar con elementos de seccionamiento y protección (fusibles limitadores de corriente o combinación de fusibles limitadores de corriente y de expulsión).

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

- Como norma general, debe existir siempre un elemento de seccionamiento, con acceso libre al personal de la EMPRESA, que permita conectar y desconectar la instalación particular a la red de distribución, e identifique claramente la frontera entre las instalaciones de la EMPRESA y los particulares.
- En el área urbana se podrán utilizar circuitos parcial o totalmente subterráneos de 34,5 kV, para alimentar zonas industriales, las cuales son de configuración radial uniendo dos subestaciones, desde las cuales se derivan las acometidas de los diferentes clientes industriales. Estos circuitos serán realizados por el usuario y la EMPRESA facilitará su conexión a la subestación y el desarrollo en forma segura y oportuna.
- La instalación de los bancos de ductos debe ser preferiblemente por andenes, zonas verdes, en el costado norte u oriental de la vía, si el POT o Planeación Municipal no tienen reglamentado lo contrario. Estos ductos se deben instalar entre 40 y 50 cm del borde del andén. Los ductos se deben instalar sobre el límite entre la vía y el andén cuando se presenten circunstancias de acabados de alto costo o difícil adquisición.
- El diseño debe considerar en el trazado todos los obstáculos, riesgos y costos que se originen en la instalación de la red subterránea y debe recomendar una ruta que sea de fácil construcción, reduzca las dificultades por tránsito, riesgo del usuario y acabados no estéticos.
- El constructor de la red subterránea debe utilizar tecnología moderna para la apertura de las zanjas, como sierras para el concreto. Debe utilizar equipos especializados para la instalación del ducto sin requerir abrir zanjas, en particular en el cruce de vías; a menos que hechos sobrevinientes así lo impidan.
- El desarrollo de un circuito o red con conductores aislados en media tensión se podrá hacer según las opciones del diagrama unifilar mostrado en los planos.
- Cuando la red con conductor aislado se desprende de una red aérea se podrá desarrollar según las opciones mostradas en los planos.
- Las opciones de conexión de los barrajes y diferentes equipos se ilustran en los planos.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

10. ESTRUCTURA DE PROYECTO TIPO: DOCUMENTOS Y ANEXOS

Documentos y Anexos
MEMORIA PROYECTO TIPO
DE.MA.025: PROYECTO TIPO: LÍNEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS
GENERALIDADES
MEMORIAS
ANEXOS A REDES SUBTERRÁNEAS
DE.MA.025-AX01: ANEXO A1: GRÁFICOS DE CAÍDA DE TENSIÓN MT
DE.MA.025-AX02: ANEXO A2: GRÁFICOS DE PÉRDIDA DE POTENCIA MT
DE.MA.025-AX03: ANEXO A3: GRÁFICOS DE CAÍDA DE TENSIÓN BT
DE.MA.025-AX04: ANEXO A4: GRÁFICOS DE POTENCIA MÁXIMA DE TRANSPORTE BT
DE.MA.025-AX05: ANEXO A5: GRÁFICOS DE PÉRDIDA DE POTENCIA BT
ANEXOS B REDES SUBTERRÁNEAS
DE.MA.025-AX06: ANEXO B1: CÁLCULO DE RESISTENCIA ELÉCTRICA
DE.MA.025-AX07: ANEXO B2: CÁLCULO DE REACTANCIA INDUCTIVA
DE.MA.025-AX08: ANEXO B3: CÁLCULO DE CAPACITANCIA
DE.MA.025-AX09: ANEXO B4: CÁLCULO DE CORRIENTE DE CARGA CAPACITIVA
DE.MA.025-AX10: ANEXO B5: CÁLCULO DE INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO ADMISIBLE
DE.MA.025-AX11: ANEXO B6: CÁLCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN
DE.MA.025-AX12: ANEXO B7: CÁLCULO DE POTENCIA DE TRANSPORTE
DE.MA.025-AX13: ANEXO B8: CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE POTENCIA Y DIELÉCTRICA
ANEXOS C REDES SUBTERRÁNEAS
DE.MA.025-AX14: ANEXO C1: PROYECTO ESPECÍFICO REDES SUBTERRÁNEAS
DE.MA.025-AX15: ANEXO C2: PLIEGO DE CONDICIONES-TÉCNICAS DE MONTAJE
ANEXOS D REDES SUBTERRÁNEAS
DE.MA.025-AX16: ANEXO D1 PLANOS DE MONTAJE REDES SUBTERRÁNEAS

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

Control de cambios

Edición	Fecha de aprobación	Motivo de la edición y/o resumen de cambios
01	26-01-2022	**DOCUMENTO N°1 GENERALIDADES**: Documento de primera edición que reemplaza el documento No. 1 Generalidades relacionado al proyecto tipo Líneas Eléctricas Subterráneas de fecha 03 de noviembre del 2020. **DOCUMENTO N°2 MEMORIAS**: Documento de primera edición que reemplaza el proyecto tipo relacionado a Líneas Eléctricas Subterráneas de fecha 03 de noviembre del 2020. Con relación a este; se realizan los siguientes ajustes: • Se actualiza color de la chaqueta del conductor en numeral 3.1.1. • Se actualizan valores de diámetro nominal conductor, espesor de cubierta, diámetro exterior total y radio mínimo de curvatura en Tabla 1 según NTC 2186-1 y ES.03427-Conductores Aislados Para Líneas Subterráneas de M.T. • Se eliminan del documento los siguientes numerales, tablas y figuras referentes a los conductores directamente enterrados en zanjas: ✓ Numeral 3.3.1. y las figuras 1 y 2. ✓ Numeral 5.1.4. intensidad de Corriente de Admisible en conductores directamente enterrados, la figura 3 y tabla asociada. ✓ Del Numeral 5.1.6.1. el inciso "a" y tabla asociada. • Se reestructura y se renumeran las tablas en el documento. • Se organiza la redacción del contenido en el documento.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*