


CAPÍTULO 3 – REDES SUBTERRÁNEAS

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.		
	REDES SUBTERRÁNEAS (CAPÍTULO 3)		NORMA EDEQ
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009

CONTENIDO

	Página
3.1 OBJETIVO DE LAS NORMAS, GLOSARIO	3
3.2 DUCTOS, CÁRCAMOS Y CÁMARAS	7
3.2.1 Ductos PVC y Tubos Conduit Galvanizados	8
3.2.2 Cárcamos	11
3.2.3 Cámaras	12
3.3 ESPECIFICACIONES Y MANEJO DE CONDUCTORES, TOPOLOGÍAS DE LAS REDES SUBTERRÁNEAS	13
3.4 OBRAS CIVILES PARA INSTALACIÓN DE DUCTOS, INTERVENCIÓN DE VÍAS PÚBLICAS	19
3.5 TRANSICIONES	21
3.6 DERIVACIONES, EMPALMES Y ACCESORIOS	22
3.7 REGULACIÓN DE TENSIÓN, CONSTANTE K DE REDES SUBTERRÁNEAS	24

TABLAS

Tabla 3.1 Ductos y tubería metálica a emplear en las canalizaciones y transiciones	9
Tabla 3.2 Diámetro total exterior de cables monoplares apantallados	14
Tabla 3.3 Calibre y aislamiento, mínimos, de conductores para canalizaciones	16
Tabla 3.4 Capacidades de corriente, en amperios, para conductores monoplares subterráneos	16



 <small>La energía de nuestra gente</small>	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	REDES SUBTERRÁNEAS (CAPÍTULO 3)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

Tabla 3.5 Constante K ($\frac{1}{\text{kVA} \times \text{m}} \times 10^{-3}$) para redes subterráneas

24

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	REDES SUBTERRÁNEAS (CAPÍTULO 3)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	




3. REDES SUBTERRÁNEAS

3.1 OBJETIVO DE LAS NORMAS, GLOSARIO

De acuerdo con la reglamentación vigente, las empresas prestadoras del servicio de distribución de energía eléctrica tienen la obligación de ofrecer a los clientes un punto de conexión factible a su sistema cuando ellos lo soliciten y garantizar el libre acceso, bajo las mismas condiciones, a todos. Para tal efecto, el usuario deberá informar sobre la localización del inmueble, la potencia máxima requerida y el tipo de carga. El presente Reglamento incluye las condiciones técnicas bajo las cuales se autoriza la conexión a las redes subterráneas a 240/120 V (monofásicas) o 208/120 V (trifásicas); 13.2 kV (trifásicas) y 33 kV (trifásicas) de EDEQ S.A. E.S.P.

Las disposiciones incluidas están de acuerdo con las Leyes 142 y 143 de 1994, la Resolución CREG 070 de 1998 o Reglamento de Distribución de Energía Eléctrica, el RETIE, el PORTE del respectivo municipio y demás Normas complementarias.

Los procedimientos para la aprobación de una solicitud de conexión por parte del Operador de Red (OR) se diferencian según el tipo de conexión: cargas que no implican la expansión de la red del Sistema de Transmisión Regional (STR) y/o Sistema de Distribución Local (SDL) y cargas que sí implican la expansión de dichos sistemas. El cliente deberá presentar los planos eléctricos del inmueble y de la acometida hasta el punto de conexión definido en la etapa de factibilidad, así como las características de la demanda. El OR podrá especificar un nivel de tensión de conexión diferente al solicitado por el usuario por razones técnicas debidamente sustentadas.

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	REDES SUBTERRÁNEAS (CAPÍTULO 3)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	



Sólo se construirán redes aéreas, dentro del casco urbano, donde lo autorice el Plan de Ordenamiento Territorial (PORTE) del respectivo municipio.

El levantamiento, georeferenciado, de la ruta y detalles de la canalización proyectada debe incluir todas las líneas de paramento, aceras, zonas verdes, vías y separadores. Se indicarán, además de las redes subterráneas proyectadas, las existentes y/o proyectadas de teléfono, energía, acueducto, alcantarillado, banda ancha y gas domiciliario.

EDEQ S.A. E.S.P. adopta el *National Electric Safety Code C2*, en su Parte 3: “*Safety Rules for the Installation and Maintenance of Underground Electric Supply and Communication Lines*”, para enmendar cualquier omisión que en esta Norma se dé en lo relativo a la canalización de redes de energía. EDEQ S.A. E.S.P. no permite el enterramiento directo de cables, así estos cumplan las Normas para tal condición.


Se presentan, a continuación, las definiciones de algunos términos empleados frecuentemente en las actividades que involucran las redes eléctricas subterráneas.

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, la acometida llega hasta el registro de corte general.

Acoplador de cables. Dispositivo hembra-macho en el cual se conecta el extremo de un cable de suministro con un equipo u otro cable.

Aislante eléctrico. Material de baja conductividad eléctrica que puede ser tomado como no conductor o aislado.

Alta concentración de personas. Cuando se pueden concentrar 100 ó mas personas en cada piso o nivel o más de 500 personas en todo el edificio.

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	REDES SUBTERRÁNEAS (CAPÍTULO 3)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

BIL. Nivel básico de aislamiento ante impulsos tipo rayo.

Bóveda. Encerramiento dentro de un edificio con acceso sólo para personas calificadas, reforzado para resistir el fuego, sobre o bajo el nivel del terreno, que aloja transformadores de potencia para uso interior aislados en aceite mineral, secos de más de 112.5 kVA o de tensión nominal mayor a 35 kV. Posee aberturas controladas (para acceso y ventilación) y selladas (para entrada y salida de canalizaciones y conductores). Ver excepciones para transformadores secos de más de 112.5 kVA en el Artículo 17.16 del RETIE o en la NTC 2050 Artículo 450-21.


Cable apantallado. Cable con una envoltura conductora alrededor del aislamiento que le sirve como protección electromecánica. Es lo mismo que cable blindado.

Canalización. Canal cerrado de materiales metálicos o no metálicos, expresamente diseñado para contener alambres, cables o barras. Hay canalizaciones, entre otras, de conductos de metal rígido, de conductos rígidos no metálicos, de tuberías eléctricas no metálicas, subterráneas, de hormigón en el suelo, de metal en el suelo, etc.

Capacidad o potencia instalada. Es la sumatoria de las cargas en kVA continuas y no continuas, diversificadas, previstas para una instalación de uso final. Igualmente, es la potencia nominal de una central de generación, subestación, línea de transmisión o circuito de la red de distribución.

Conductor neutro. Conductor activo conectado intencionalmente al punto neutro de un transformador o instalación y que contribuye a cerrar un circuito de corriente.

Conductor a tierra. También llamado conductor del electrodo de puesta a tierra, es aquel que conecta un sistema o circuito eléctrico intencionalmente a una puesta a tierra.

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	REDES SUBTERRÁNEAS (CAPÍTULO 3)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

Conexión equipotencial. Conexión eléctrica entre dos o más puntos, de manera que cualquier corriente que pase no genere una diferencia de potencial sensible entre ambos.

Dispositivo de protección contra sobretensiones transitorias (DPS). Dispositivo diseñado para limitar las sobretensiones transitorias y conducir las corrientes de impulso. Contiene al menos un elemento no lineal.

Electricidad estática. Una forma de energía eléctrica o el estudio de cargas eléctricas en reposo.

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


Equipotencializar. Es el proceso, práctica o acción de conectar partes conductivas de las instalaciones, equipos o sistemas entre sí o a un sistema de puesta a tierra, mediante una baja impedancia, para que la diferencia de potencial sea mínima entre los puntos interconectados.

Fase. Designación de un conductor, un grupo de conductores, un terminal, un devanado o cualquier otro elemento de un sistema polifásico que va a estar energizado durante el servicio normal.

Material aislante. Material que impide la propagación de algún fenómeno físico; aislante eléctrico: material dieléctrico que se emplea para impedir el paso de cargas eléctricas; aislante térmico: material que impide el paso de calor.

Nivel de aislamiento del 133%. Corresponde al que se usaba para los cables anteriormente, en instalaciones sin puesta a tierra. Se pretende garantizar, con este aislamiento, un nivel de seguridad adecuado para que la parte en que se haya producido la falla se desenergice en menos de una hora.

Nivel de aislamiento del 173%. Los cables de esta categoría se utilizarán en los sistemas en los cuales el tiempo para despejar una falla no está definido. Algunas

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	REDES SUBTERRÁNEAS (CAPÍTULO 3)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

situaciones que hagan presumir la posibilidad de que se presente el fenómeno de ferresonancia, hacen recomendable el empleo de este tipo de cables.

Peligro inminente. Alto riesgo será equivalente a peligro inminente. Entendido como aquella condición del entorno o práctica irregular, cuya frecuencia esperada y severidad de sus efectos puedan comprometer fisiológicamente el cuerpo humano en forma grave (quemaduras, impactos, paro cardíaco, paro respiratorio, fibrilación o pérdida de funciones); o afectar el entorno de la instalación eléctrica (contaminación, incendio o explosión). En general, se puede presentar por:

- Deficiencias en la instalación eléctrica
- Práctica indebida de la electrotecnia


Puesta a tierra. Grupo de elementos conductores equipotenciales, en contacto eléctrico con el suelo o una masa metálica de referencia común, que distribuye las corrientes eléctricas de falla en el suelo o en la masa. Comprende electrodos, conexiones y cables enterrados.

Subestación. Conjunto único de instalaciones, equipos eléctricos y obras complementarias, destinado a la transferencia de energía eléctrica, mediante la transformación de potencia.

Tablero. Encerramiento metálico o no metálico donde se alojan elementos tales como aparatos de corte, control, medición, dispositivos de protección, barrajes; para efectos de este Reglamento es equivalente a panel, armario o cuadro.

Tensión. La diferencia de potencial eléctrico entre dos conductores, que hace que fluyan electrones por una resistencia. Tensión es una magnitud, cuya unidad es el voltio; un error frecuente es hablar de “voltaje”.

3.2 DUCTOS, CÁRCAMOS Y CÁMARAS

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	REDES SUBTERRÁNEAS (CAPÍTULO 3)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

Todos los materiales a emplearse en las redes subterráneas en el área de influencia de EDEQ S.A. E.S.P. deberán estar normalizados y certificados por organismos autorizados por la SIC, según el RETIE. Por ello, se recomienda a los ingenieros electricistas o a las firmas constructoras, verificar con el Fabricante o con EDEQ S.A. E.S.P. la certificación vigente de los materiales antes de adquirirlos o iniciar las obras correspondientes. El hecho de no ser nombrado explícitamente en este Reglamento, no da lugar a que un elemento a usarse no tenga que estar normalizado y certificado.


3.2.1 Ductos PVC y Tubos Conduit Galvanizados

Se utilizarán ductos de PVC tipo DB-60 ó TDP o tubos conduit galvanizados, según criterio que adopte EDEQ S.A. E.S.P. para las diferentes condiciones. Los ductos deben hallarse en perfecto estado a simple vista, no presentar perforaciones, fisuras, desintegración en escamas, deformaciones en el sentido del eje del ducto (curvatura) ni en el sentido diametral del ducto (disminución del diámetro), líneas de falla, signos de maltrato, etc. El extremo de los ductos dentro de las cámaras debe presentar los bornes redondeados y lisos para evitar que hieran los cables.

EDEQ S.A. E.S.P. no permite el enterramiento directo de cables, así estos cumplan las Normas para tal condición.

Los ductos PVC y la tubería metálica galvanizada cumplirán con las Normas:

- NTC-1630: “Plásticos. Tubos y Curvas de Policloruro de Vinilo (PVC) Rígido para Alojarse y Proteger Conductores Subterráneos Eléctricos y Telefónicos”
- NTC-1125: “Determinación de la Resistencia al Impacto de Tubos y Accesorios Termoplásticos por medio de una Baliza (Peso en Caída)”


 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	REDES SUBTERRÁNEAS (CAPÍTULO 3)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

- NTC-979: “Plásticos. Tubos y Curvas de PVC Rígido (PVC-U) y Polietileno de Alta Densidad (PEAD) para Alojar y Proteger Conductores Eléctricos Aislados y Cableado Telefónico”
- NTC-369: “Plásticos. Compuestos Rígidos de PVC y Compuestos Clorados de PVC, CPVC”
- NTC-3363: “Plásticos. Tubos y Curvas de PVC Rígido Corrugados con Interior Liso para Alojar y Proteger Conductores Subterráneos Eléctricos y Telefónicos”
- NTC-169: “Tubería Conduit Metálica Intermedia (MC) de Acero”
- NTC-171: “Tubería Metálica Pesada (RMC) de Acero”

Tabla 3.1 Ductos y tubería metálica a emplear en las canalizaciones y transiciones

Calibre del conductor (AWG o kcmil)	Tensión (kV)	Ducto para canalización	Transición
1/0, 2/0, 3/0, 4/0, 250, 300, 350, 500	33	6”	6”
2, 1/0, 2/0, 3/0, 4/0, 250, 300, 350, 500	13.2	4” y 6”	4” y 6”
4, 2, 1/0, 2/0, 3/0, 4/0	0.208	3” y 4”	3” y 4”
6, 4, 2, 1/0	0.208 (Alumbrado Público)	3”	2” y 3”

El diámetro del ducto PVC o del tubo galvanizado (Tabla 3.1) estará determinado por el número y calibre de los conductores que habrá de alojar, dejándose siempre una superficie libre de, al menos, el 60% del área de aquellos. Cada ducto o tubo galvanizado sólo podrá contener un alimentador trifásico, sin perjuicio de que exista capacidad para albergar más conductores. El ducto mínimo a instalar será de 100 mm (4”) en redes de 13.2 kV; para las redes de 33 kV el diámetro mínimo es de 150 mm (6”) y, en todos los casos incluyendo las redes y acometidas en baja tensión, el número máximo de conductores no puestos a tierra (fases), por ducto, será 3.

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	REDES SUBTERRÁNEAS (CAPÍTULO 3)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	




Cuando, excepcionalmente, se instalen ductos de diferentes materiales, deberá haber cámaras en cada uno de los puntos de cambio. En general las canalizaciones o ductos deben ser de material sintético, metálico u otros que no sean higroscópicos y que ofrezcan un grado de protección adecuado al uso, tal como lo especifica el RETIE. Las uniones de ductos deberán traslaparse.

Si se requiere una acometida en media tensión para un edificio, la canalización deberá construirse a lo largo del frente del lote, según un número y diámetro de ductos que determinará EDEQ S.A. E.S.P. de acuerdo a las necesidades del sector.

En toda instalación se debe dejar, como mínimo, un ducto de reserva por cada dos ocupados, y a los de reserva se les colocarán tapones a la entrada y a la salida para prevenir obstrucciones.

No se permiten contactos entre los ductos para energía eléctrica con los de otros servicios como agua, gas, etc. En lo posible no deberá haber acercamientos menores a 80 cm. El color de la tubería eléctrica PVC debe ser verde, según exigencia de la Superintendencia de Industria y Comercio (Resolución 224 de 2000).

Para alertar sobre la presencia de ductos que alojen conductores sometidos a cualquier tensión, EDEQ S.A. E.S.P. exige que a unos 15 cm por encima del ducto, aproximadamente, se coloque paralelo a él una cinta de seguridad señalizada; esto con el fin de salvaguardar la seguridad de las personas que excavan y, además, proteger los ductos.

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	REDES SUBTERRÁNEAS (CAPÍTULO 3)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

En condiciones especiales de presencia de agua y humedad se debe colocar, en determinadas cámaras y para un específico punto de entrada o salida de los ductos a ellas, el sello de ductos para cables monopolares de potencia, especificado según el diámetro del tubo y el número y calibre de los conductores activos o no.

Los ductos que terminan en las cámaras de inspección o sótanos de empalme deberán estar provistos de juntas tipo campana si se trata de PVC o boquillas terminales si se trata de tubería galvanizada. Antes de tender los cables, se sellarán los ductos de manera provisional utilizando tapones adaptados al diámetro del tubo y, los ductos a ocuparse deberán limpiarse cuidadosamente; los de reserva se sellarán en cada una de las cámaras que utilicen.


Cuando una red de media tensión cruce recámaras de otros servicios, la canalización se hará empleando ductos metálicos galvanizados tipo pesado, con igual diámetro al de la tubería PVC que se esté empleando.

3.2.2 Cárcamos

En este caso los cables van instalados en una excavación o trinchera con piso y paredes en mampostería y tapas del mismo material. Se recomienda el empleo de cárcamos, especialmente, en patios de subestaciones.

Con respecto a las características de los cárcamos:

- Deben resistir las fuerzas a las que se verán sometidos durante toda su vida útil
- Incluirán sistemas para evacuación del agua
- Estarán provistos de tapas fácilmente manejables, reforzadas con hierro y antideslizantes

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	REDES SUBTERRÁNEAS (CAPÍTULO 3)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

- Tendrán bandejas o soportes horizontales, debidamente localizados y asegurados, en los cuales se instalarán los cables para evitar su contacto con el suelo


Las principales ventajas de los cárcamos son: la facilidad de localización rápida de fallos, una muy buena disipación de calor y obvias facilidades para el mantenimiento de los cables y sus elementos adicionales. No obstante son costosos y frágiles en condiciones de tráfico pesado.

3.2.3 Cámaras

Las cámaras son cajas construidas inmediatamente bajo el nivel del piso (andén, césped o calzada); deberán tener una tapa que permita el acceso para realizar labores de tendido, mantenimiento y supervisión de los conductores, ductos y demás componentes de las redes subterráneas. Se deben construir en concreto de 3000 psi y sus dimensiones y tipos variarán con base en el espacio disponible en andenes y vías y la presencia de otros elementos o estructuras subterráneas (teléfono, gas, etc.).

Los criterios para proyectar las cámaras serán:

- Cuando haya cambios de dirección y/o nivel en el recorrido de la red subterránea
- Cuando se presente una modificación drástica en las características de los ductos tal como el cambio de diámetro de los ductos y, en general donde, a juicio de EDEQ S.A. E.S.P. se requieran, para garantizar la calidad y la confiabilidad del servicio
- No se permite la construcción de cámaras en sitios donde pueda haber inundaciones o acumulación de material arrastrado por el agua

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	REDES SUBTERRÁNEAS (CAPÍTULO 3)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	



- En cualquier derivación (barraje) en redes de media o baja tensión
- Donde haya empalmes en cualquier red subterránea


Las cámaras de empalme, paso o derivación se ubicarán preferiblemente en andenes o zonas verdes. La máxima distancia entre cámaras será de 40 m pero, dependiendo de las condiciones específicas, EDEQ S.A. E.S.P. la modificará. Las cámaras con tapas de seguridad en las redes de media tensión deben instalarse, máximo, cada 20 m.

Las cámaras a instalar en las redes subterráneas de EDEQ S.A. E.S.P. serán de los siguientes tipos:

- Cámara para barraje de media tensión
- Cámara doble de media tensión
- Cámara sencilla de media tensión
- Cámara sencilla de baja tensión
- Cámara doble de baja tensión
- Cámara para transformador

EDEQ S.A. E.S.P., no obstante, analizará con el diseñador otros tipos de cámaras, dependiendo de cada situación particular. Las tapas de las cámaras serán prefabricadas y construidas según las Normas de EDEQ S.A. E.S.P.

Todas las cámaras irán provistas de su respectivo drenaje en piedra y se deberán construir desagües en las cámaras en tubería entre 1½” y 2½” de diámetro, según criterio de EDEQ S.A. E.S.P.

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	REDES SUBTERRÁNEAS (CAPÍTULO 3)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

3.3 ESPECIFICACIONES Y MANEJO DE CONDUCTORES, TOPOLOGÍAS DE LAS REDES SUBTERRÁNEAS

Todos los materiales a emplearse en las redes en el área de influencia de EDEQ S.A. E.S.P. deberán estar normalizados y certificados por organismos autorizados por la SIC, acatando el RETIE. Por ello, se recomienda a los ingenieros electricistas o a las firmas constructoras, verificar con el Fabricante o con EDEQ S.A. E.S.P. la certificación vigente de los elementos antes de adquirirlos o de iniciar las obras correspondientes. El hecho de no ser nombrado explícitamente en estas Normas, no da lugar a que un elemento a usarse no tenga que estar normalizado y certificado.

Las redes de tensión 13.2 kV y 33 kV utilizarán cables monopares de media tensión de **cobre**, con blindaje sobre el conductor en polietileno semiconductor reticulado, aislamiento en polietileno reticulado (XLPE), pantalla metálica en cinta y una cubierta exterior en PVC retardante a la llama. La temperatura de operación de los cables será 90 °C y el nivel de aislamiento será del 133%.

Ni durante la instalación ni después de ella, los conductores se doblarán con un radio de curvatura inferior a 8 veces el diámetro total del conductor no apantallado ó 12 veces el diámetro para conductores apantallados o con cubierta de plomo, tal como lo exige la NTC 2050. En la Tabla 3.2 se dan los diámetros exteriores, sujetos a tolerancias normalizadas, de cables monopares para media tensión con pantalla en cinta de cobre y para operar a 90 °C.


 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	REDES SUBTERRÁNEAS (CAPÍTULO 3)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

Tabla 3.2 Diámetro total exterior, en milímetros, de cables monopolares apantallados

Calibre del conductor (AWG o kcmil)	Clase 15 kV (133%)	Clase 35 kV (133%)
2	24.4	---
1/0	26.2	36.7
2/0	27.2	37.7
3/0	28.4	38.9
4/0	29.7	40.2
250	31.0	41.5
300	32.8	44.5
350	34.0	45.7
500	37.0	49.2


Los cables a emplearse deberán cumplir las Normas:

- NTC-2186: “Electrotecnia. Alambres y Cables Aislados con Polietileno Reticular Termoestable para Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica”
- NTC-2187: “Conductores de Cobre Redondos. Cableado Concéntrico Compactado”
- NTC-1332: “Cables y Alambres Aislados con Material Termoplástico”

Las pantallas de los cables, aguas arriba y aguas abajo del empalme, se unirán y se llevarán a tierra.

Las redes subterráneas de baja tensión, para varios usuarios o dedicadas, emplearán conductores de **cobre** o de **aluminio** con aislamiento de 600 V y cumplirán con los siguientes requisitos básicos:

- La derivación de la red principal, siempre dentro de una cámara de inspección, se hará mediante un conector tipo cuña manejado con la herramienta adecuada que

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	REDES SUBTERRÁNEAS (CAPÍTULO 3)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

se encapsulará en una caja hermética debidamente certificada en la cual se rellenan todos los espacios para eliminar la humedad. En ningún caso se parte el cable principal

- El conductor derivado se conectará a un barraje de baja tensión sumergible, con conectores bimetálicos, herméticos y con una determinada cantidad de puertos según el número de acometidas. Deberá, además, especificarse en el diseño la corriente del barraje y los calibres de los conductores a emplearse
- Las puntas terminales (final de la red) llevarán, en todo caso, un capuchón hermetizado


En ningún caso se permite la instalación de cables sobre el nivel del suelo terminado; entendiéndose por suelo terminado el que habitualmente es pisado por las personas.

Los calibres mínimos de los cables en las redes subterráneas de EDEQ serán:

Tabla 3.3 Calibre y aislamiento, mínimos, de conductores para canalizaciones

Tensión Nominal	Calibre mínimo (Cobre)	Aislamiento
240 V ó 208 V	No. 2 AWG	0.6 kV
13.2 kV	No. 2 AWG	15 kV (133%)
33 kV	No.1/0 AWG	35 kV (133%)

La capacidad de corriente (ampacidad) de los conductores monopolares subterráneos, 3 conductores por ducto, para una temperatura del conductor de 90 °C y con aislamiento entre 5 001 V y 35 000 V, varía según el número de circuitos. En la Tabla 3.4 se presentan algunos valores de esas corrientes, teniendo en cuenta que

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	REDES SUBTERRÁNEAS (CAPÍTULO 3)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

cada fabricante, dentro de los rangos permitidos por las normas respectivas, adoptará los suyos.


Tabla 3.4 Capacidades de corriente, en amperios, para conductores monopolares subterráneos

Calibre del conductor (AWG o kcmil)	Un circuito	Tres circuitos	Seis circuitos
6	90	77	64
4	115	99	82
2	155	130	105
1/0	200	165	135
2/0	230	185	150
3/0	260	210	170
4/0	295	240	190
250	325	260	210

La temperatura del conductor aumenta de manera normal hasta tanto la rata de disipación de calor esté balanceada con respecto a las pérdidas por calor generadas en aquél, debido al paso de la corriente eléctrica. Antes de que el conductor se derrita, habrá otros daños permanentes en sus características; la constante de tiempo del fenómeno es del orden de algunos minutos y entonces transcurrirá bastante tiempo antes de que se presenten daños permanentes. Se habla, por lo tanto, de dos límites térmicos del conductor nombrados como a corto y a largo término.

La siguiente expresión, tomada de la Norma *IEEE Standard 80-2000 Guide for Safety in AC Substation Grounding*, permite un primer cálculo, aproximado, de la corriente de cortocircuito que soportará el cable en un tiempo corto:

$$I = \frac{A_{\text{kcmil}}}{K_f \times \sqrt{t_c}}$$

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	REDES SUBTERRÁNEAS (CAPÍTULO 3)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

En donde:

I = valor rms de la corriente de fallo; kA

A_{kcmil} = área del conductor en kcmil

K_f = constante que depende del material, Tabla 24: “Constantes de Materiales” del RETIE

t_c = duración de la corriente de cortocircuito; s

Para el manejo de los cables dentro de los ductos (tensado, radio de curvatura, presiones máximas permitidas sobre las paredes de los ductos, etc.), EDEQ S.A. adopta la Norma *IEEE Standard 525 Guide for the Design and Installation of Cable Systems in Substations* y con base en ella, por ejemplo para tramos rectos de ductos, se determina la tensión que se le aplica a determinado cable en un tramo de longitud dada, según:

$$T = L \omega f c$$

En donde:

T = tensión de tendido del cable; kgf


L = longitud del tramo recto; m

ω = peso del cable; kgf/m

f = coeficiente de fricción; se fija en 0.5, generalmente, para cables y ductos sin lubricar

c = factor de corrección del peso del cable; ver Figura 2 de la *IEEE Standard 525*

En cuanto a la topología de las redes subterráneas del Sistema de EDEQ S.A. E.S.P., es claro que la ella determinará cualquier configuración a partir del estado en

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	REDES SUBTERRÁNEAS (CAPÍTULO 3)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	


ese momento de sus circuitos y de la proyección que tenga para la zona o zonas afectadas por las nuevas cargas, evaluando: la regulación de tensión, pérdidas, continuidad en el servicio, confiabilidad, tiempo de reposición de fallas, etc. Las más comunes topologías serán:

- Radial. Se caracteriza por un solo alimentador alejándose de la fuente; las cargas se conectan aguas abajo a lo largo de la misma y, claro, esta configuración es la que exige una menor inversión inicial
- Alimentación Alterna o Doble. Se da en este caso un respaldo a las cargas por medio de interruptores que permiten transferirlas a un sistema de respaldo
- Alimentación en bucle (*loop*). La red subterránea se deriva de una línea primaria y vuelve a ella en otro punto. Las cargas, mediante operación adecuada de los interruptores de la red subterránea, pueden alimentarse en una de dos direcciones; además, se pueden programar mantenimientos en algunos tramos de las redes subterráneas con el mínimo número de clientes desconectados


No se admitirá el tendido de los conductores de fase, neutro o de tierra separados del resto del circuito o formando grupos incompletos de fases, fase y neutro o fase y tierra. EDEQ S.A. adopta el Artículo 300-3 b). de la NTC 2050 y el Artículo 34.2 Literal i). del RETIE.

3.4 OBRAS CIVILES PARA INSTALACIÓN DE DUCTOS, INTERVENCIÓN DE VÍAS PÚBLICAS

Las profundidades y pendientes de los ductos y las características de las zanjas, para redes subterráneas de EDEQ S.A. E.S.P. deberán ser:

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	REDES SUBTERRÁNEAS (CAPÍTULO 3)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

- Entre el nivel superior del ducto o banco de ductos y la rasante del terreno 80 cm si se trata de andenes o jardines; para vías vehiculares la distancia mínima será de 1 m
- Si por causas imprevistas no pudiera lograrse esa distancia, se procederá a aumentar en 10 cm con respecto a lo normalizado el recubrimiento (afirmado), pero en ningún caso la distancia mínima a la rasante del terreno puede ser inferior a 40 cm
- En terreno plano los ductos se instalarán con una pendiente mínima del 3% hacia las cámaras respectivas
- La zanja para la canalización de ductos deberá garantizar, en todo caso, un efectivo desagüe y, además, guardará una distancia de 15 cm a lado y lado de los ductos a instalar
- En terreno quebrado, los ductos no presentarán una pendiente superior al 30%
- Cuando la canalización sea mayor de 1.50 m o, en general, cuando haya posibilidades de derrumbe, se deben apuntalar (entibar) las paredes y los refuerzos sólo se retirarán después de que la excavación haya sido rellenada y compactada
- Si al hacer la excavación de la zanja, se encuentra en el fondo material de baja calidad (arcillas expansivas, etc.), se debe extraer éste y sustituirlo por material seleccionado tipo 2. El fondo de la zanja será uniforme y los ductos descansarán sobre lechos nivelados
- En caso de cruce de calzadas, se deberá dejar como mínimo 4 ductos de 4"; por ninguna razón menos de 4 ductos
- En ningún caso, los bancos de ductos deberán ser compartidos con tuberías de gas, comunicaciones o acueducto, en sentido paralelo

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	REDES SUBTERRÁNEAS (CAPÍTULO 3)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	



Sin excepción, los bancos de ductos deberán instalarse entre un drenaje de arena de 30 cm, como mínimo, de ancho; y una altura que garantice el cubrimiento de la totalidad de los tubos. Para mantener separados los ductos, se colocarán estacas a ambos lados de cada ducto cada 3 m.

El tendido de los ductos será lo más recto posible; cada que haya cambios de dirección se deberá construir una cámara.


Todas las obras relacionadas con la intervención de la malla vial de cualquier municipio atendido por EDEQ S.A. E.S.P., rotura de calles y/o andenes, construcción o modificación de cárcamos, etc., corren por cuenta y riesgo del constructor de la obra.

El responsable de las obras deberá diligenciar y cancelar los formularios y los costos respectivos ante el Área Operativa de Control Físico de la Secretaria de Gobierno, o ante la Dependencia que haga sus veces, del municipio o municipios afectados.

3.5 TRANSICIONES

La transición de una línea aérea a subterránea o de subterránea a aérea se realizará en un poste para tensiones medias y bajas; los conductores utilizados en ella se alojarán en tubería conduit galvanizada.

En toda transición, EDEQ S.A. E.S.P. exige terminales premoldeados certificados para los extremos de los cables monoplares de media tensión, debidamente instalados con todos los elementos que los proveedores recomiendan. Según las condiciones, a juicio de EDEQ S.A. E.S.P., los terminales serán de tipo interior o


	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	REDES SUBTERRÁNEAS (CAPÍTULO 3)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

exterior, seleccionados adecuadamente para la tensión y el calibre del conductor. La utilización de los terminales permite reducir los esfuerzos eléctricos a los cuales es solicitado el aislamiento del cable monopolar de media tensión una vez se interrumpe y retira la pantalla metálica; proporciona, además, la distancia de fuga aislada apropiada y da hermeticidad al cable en el punto de transición (frontera).

Las acometidas subterráneas de media tensión que se deriven de redes aéreas incluirán en la transición:

- Dispositivos de Protección contra Sobretensiones Transitorias (DPS) de óxido de zinc y cortacircuitos. La bajante a tierra de los DPS's se alojarán dentro del poste
- Terminal (juego completo) premoldeado tipo exterior, seleccionado según la tensión de la red y el calibre del cable monopolar de media tensión
- Bota premoldeada, de salida múltiple, para sellar la tubería en su punto superior, escogida con base en el número y diámetro de los conductores de la acometida
- Una bajante en tubería conduit galvanizada con un diámetro mínimo de 102 mm (4") para 13.2 kV y 208 o 220 V y 152 mm (6") para redes a 33 kV; asegurada al poste con collarines o con cinta metálica y hebillas de acero inoxidable
- Curva de 90° PVC de igual diámetro que la bajante para unirla a la cámara que se instala al pie del apoyo
- Los puesta a tierra empleará los materiales contemplados en la Tabla 24 del RETIE: "Constantes de Materiales" y aceptados por EDEQ S.A. E.S.P., y varilla de cobre de 16 mm ($\frac{5}{8}$ ") × 2.40 m (8') de longitud


3.6 DERIVACIONES, EMPALMES Y ACCESORIOS

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	REDES SUBTERRÁNEAS (CAPÍTULO 3)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	



Para derivarse de los cables existentes, prolongar una red subterránea por medio de empalmes, conectar un seccionador subterráneo, ofrecer puntos múltiples de conexión para futuras derivaciones, etc., existen accesorios preformados que serán definidos y asignados por quien diseña la red y aceptados o reemplazados por EDEQ S.A. E.S.P. a partir de las condiciones específicas del trabajo a realizar. A continuación se hace referencia a algunos de los más empleados en redes de 13.2 kV y 33 kV. No habrá empalmes en Te ni desconectores en las redes subterráneas de media tensión de EDEQ S.A. E.S.P. Todos los elementos a utilizar en las redes subterráneas de EDEQ S.A. E.S.P. cumplirán la Norma *IEEE 386-1995: "Standard for Separable Insulated Connector Systems for Power Distribution Systems Above 600 V"*. EDEQ S.A. E.S.P. modificará los criterios de selección y aceptación de los accesorios para redes subterráneas en consonancia con el Estado del Arte:

- Terminal encogible (interior o exterior según el caso): elemento que permite controlar el esfuerzo eléctrico sobre el aislamiento en el punto de conexión del cable y, al mismo tiempo, sella contra la humedad. Se elige teniendo en cuenta el calibre del conductor y la tensión de la red
- Tapón protector: aísla eléctricamente y sella mecánicamente los bujes de los barrajes desconectables bajo carga
- Descargador de sobretensiones (DPS) tipo codo: se emplea en subestaciones *pad mounted*, seccionadores de redes subterráneas, etc.
- Barraje: nodos múltiples de tres o cuatro vías que permiten sus desconexiones con o sin carga de acuerdo a su tipo. Reemplaza, definitivamente, según criterio de EDEQ S.A. E.S.P., la derivación en T; evita herir el cable en muchos puntos dentro de longitudes cortas con el consecuente deterioro del aislamiento de la red. Las vías del barraje pueden ser de entrada, salida y derivaciones; los

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	REDES SUBTERRÁNEAS (CAPÍTULO 3)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

barrajes preformados se utilizan como elementos de conexión mas no como elementos de maniobra

- Se acepta sólo una derivación tripolar por recámara. En ningún caso se permitirá que un empalme quede dentro de un ducto
- EDEQ S.A. E.S.P. determinará el amperaje (200 A ó 600 A) comercial adecuado a cada punto de intervención de sus redes subterráneas

Todos los elementos a utilizar en las redes subterráneas de EDEQ S.A. E.S.P. cumplirán la Norma *IEEE 386-1995: "Standard for Separable Insulated Connector Systems for Power Distribution Systems Above 600 V"*. EDEQ S.A. E.S.P. modificará los criterios de selección y aceptación de los accesorios para redes subterráneas en consonancia con el Estado del Arte.

Los cables a extenderse no tendrán más empalmes de los especificados en el diseño presentado a EDEQ S.A. E.S.P. y aprobado por ella.

3.7 REGULACIÓN DE TENSIÓN, CONSTANTE K DE REDES SUBTERRÁNEAS

Para determinar la regulación de tensión en las redes subterráneas de baja tensión, se utilizará el método "Tramo a Tramo" o de cargas concentradas según la siguiente ecuación:


$$\% \text{ Regulación} = K \times L \times \text{kVA}$$

En donde:

K = Constante de regulación, $\frac{1}{(\text{kVA} \times \text{m})}$, ver Tabla 3.5

L = Longitud del tramo analizado, m


kVA = Potencia en kilovoltamperios de la carga concentrada para el tramo

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	REDES SUBTERRÁNEAS (CAPÍTULO 3)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

Para calcular la constante de regulación **K**, se utilizan los parámetros que EDEQ S.A. E.S.P. considera adecuados para sus redes y, claro, se modificarán a su criterio cuando así lo amerite el Estado del Arte.

Tabla 3.5 Constante **K** ($\frac{1}{\text{kVA} \times \text{m}} \times 10^{-3}$) para redes subterráneas

Conductor cobre THHN AWG ó kcmil	Red monofásica 240/120 V		Red trifásica 208/120 V	
	Factor de potencia		Factor de potencia	
	0.9	0.8	0.9	0.8
2	2.1651	1.9976	1.4588	1.3539
1/0	1.4135	1.3270	0.9585	0.9075
2/0	1.1452	1.0869	0.7799	0.7477
3/0	0.9388	0.9020	0.6425	0.6246
4/0	0.7713	0.7518	0.5310	0.5246
250	0.6677	0.6596	0.4620	0.4632
300	0.5780	0.5788	0.4023	0.4095
350	0.5145	0.5216	0.3600	0.3714

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	REDES SUBTERRÁNEAS (CAPÍTULO 3)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	