



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACION
INGENIERIA ELECTRICA

**PROPUESTA GUIA DE DISEÑO PARA REDES ELECTRICAS
SUBTERRANEAS DE MEDIA TENSION EN NICARAGUA**

Autor:

Br. Darwin Eduardo Parrales López.

2008-24144

Tutor:

Ing. Ramiro Arcia.

Prof. Titular Dpto. Eléctrica

FEC

Managua, Nicaragua

DEDICATORIA

Dedico este trabajo monográfico primeramente a Dios quien ha iluminado mi camino en lo que va de mi existencia, posteriormente a mi madre y hermano quienes con todo sacrificio me apoyaron priorizando la culminación de mis estudios superiores.

A mí querida hija y esposa quien me ha inspirado a ser una mejor persona.

- *Darwin Eduardo Parrales López*

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por ser el guía y la luz de mi vida.

A mi madre y familiares quienes en una etapa de mi carrera fueron un apoyo.

A la empresa Disnorte - Dissur por darme la oportunidad de formar parte de ella y así adquirir conocimientos que me han formado como persona y profesional.

A la Ingeniera Marcia Massiel Morales Lainez quien dedico parte de su tiempo en apoyarme en el estudio e investigación de mi trabajo monográfico.

Al Ing. Ramiro Arcía por ser el guía de este trabajo investigativo.

A los colaboradores:

Al Señor Edwin Lainez-Gerente Propietario Empresa COMERCO quien me brindo información para el trabajo investigativo.

- *Darwin Eduardo Parrales López*

RESUMEN DEL TEMA

El trabajo monográfico se enfoca en la realización de una guía para el diseño de redes subterránea de media tensión, tomando en cuenta las normas NEC, NESC, ASTM y ANSI referidas al tema.

Brevemente se presentaran aspectos técnicos que se deben tomar en cuenta para su diseño, planeación y ejecución. Las Redes de Distribución Subterráneas en nuestro país no es la primera opción debido al alto costo que conllevaría ejecutarla, otros países han optado por este tipo de instalaciones por motivos estéticos y ambientales, existen leyes en Nicaragua que protegen el medio ambiente y se deben respetar, por ejemplo a la hora de proponer una obra de red eléctrica estos deben presentar un informe de impacto ambiental, cualquier personal que presente un informe de impacto ambiental falso se someterá a penalizaciones.

Toda instalación eléctrica puede tener fallas, en el documento se presentaran las diferentes fallas que puede presentar una red eléctrica subterránea, los equipos utilizados para la detección de las mismas y con ello las pruebas realizadas a los conductores, estas pruebas se realizan antes de dar por finalizada la obra.

Se compararan costo de mano de obra y materiales entre una red eléctrica aérea y una subterránea, el objetivo de esto es presentar porque en su mayoría la opción a instalar es la aérea no tomando en cuenta a futuro las desventajas que esta puede presentar.

Contenido

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO.....	3
OBJETIVO GENERAL.....	3
OBJETIVOS ESPECIFICOS	3
JUSTIFICACION	4
MARCO TEORICO	5
CAPITULO I:	9
PARÁMETROS TÉCNICOS A TENER EN CUENTA EN LA ELABORACIÓN DE OBRAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS.....	9
CONDUCTORES MT PARA REDES SUBTERRANEAS	10
APERTURA DE ZANJAS.....	22
ARQUETAS.....	23
PARALELISMO	24
CRUZAMIENTOS.....	26
PASO DE AEREO A SUBTERRANEO MT.....	28
DISPOSITIVOS DE MANIOBRA Y SISTEMAS DE PROTECCION MT	29
TRANSPORTE DE CARRETES DE CONDUCTORES.....	33
CAPITULO II:	39
DISPOSITIVOS UTILIZADOS PARA DETECTAR FALLAS O AVERIAS EN CABLES SUBTERRÁNEOS.	39
LOCALIZACIÓN DE FALLAS EN CONDUCTORES ELÉCTRICOS SUBTERRÁNEOS	40
FALLAS EN LAS REDES SUBTERRÁNEAS.....	42
PRUEBAS REALIZADAS AL CONDUCTOR	44
LOCALIZACION DE FALLAS.....	47
EQUIPOS PARA LA DETECCION DE FALLAS	48
CAPITULO III:	55
VENTAJAS Y DESVENTAJAS QUE PRESENTA UN RED ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA.....	55
VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA.....	56

LEYES PROCLAMADAS PARA LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE EN NICARAGUA.....	58
CAPITULO IV:.....	61
COMPARACIÓN DE COSTOS DE REDES ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS Y REDES ELÉCTRICAS AÉREAS	61
ANÁLISIS DE COSTOS.....	62
EJEMPLO DE COSTO ENTRE RED AEREA Y RED SUBTERRANEA.....	62
CAPITULO V:.....	73
GUIA DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE REDES ELECTRICAS SUBTERRANEAS DE MEDIA TENSION	73
PASO 1. CARACTERIZACION DE LA ZONA DE TRABAJO.....	74
PASO 2. DOCUMENTACION DE LA OBRA	74
PASO 3. OBRA CIVIL	77
PASO 4. SISTEMA ELECTRICO	78
PASO 5. TERMINALES Y EMPALMES	81
PASO 6. PROTECCIONES.....	81
PASO 7. SECCIONAMIENTO	81
PASO 8. PRUEBAS REALIZADAS AL CONDUCTOR.....	82
PASO 9. RECEPCION DE LA OBRA	82
CONCLUSIONES.....	83
GLOSARIO.....	84
ANEXOS.....	85
BIBLIOGRAFIA.....	111

INTRODUCCIÓN

La implementación de redes subterráneas inicialmente se realizó por motivos de estética, con el pasar del tiempo el entrecruzamiento de las redes aéreas, telefónicas, tv cable y sus cercanía con las diferentes edificaciones hicieron difícil la construcción de nuevas redes aéreas en algunos lugares por lo que las subterráneas se volvieron la solución.

Las primeras instalaciones de cables subterráneos se utilizaron alrededor de 1890 para la explotación de minas, textiles y otros usos. En Nicaragua no se encuentra documentado los primeros inicios de implementación de este tipo de obras, lo que respecta a las normas técnicas utilizadas se encuentran descritas en un documento llamado Normas técnicas para redes eléctricas subterráneas, Gas Natural Fenosa, las cuales tomaron en cuenta las siguientes normas técnicas: National Electric Code (NEC)-Estados Unidos, National Electric Safety Code (NESC)-Estados Unidos, American National Standard Institute (ANSI), American Society for Testing and Materials (ASTM).

Desde los años 1942 en Nicaragua operaban empresas privadas y municipales para brindar el servicio público de energía eléctrica, es a partir de los años 1948 que Nicaragua adquiere a la Empresa American Power, de propiedad privada. En 1954 se constituye la Empresa Nacional de Luz y Fuerza (ENALUF), empresa estatal que queda a cargo de la generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica. En Abril de 1957 se promulgó la primera ley de industria eléctrica.

A principios de los 90 el sector eléctrico de Nicaragua se caracterizaba por contar con la presencia del Estado en todas sus actividades esto a través del Instituto Nicaragüense de Energía (INE, creado en 1979). Es en este mismo año que el gobierno comienza la reforma del sector eléctrico con el objetivo

de asegurar una cobertura eficiente de la demanda, es hasta 1998 que el proceso de reforma se consolidó con la ley N° 272 (Ley de la Industria Eléctrica, LIE) y la Ley N° 271 (Ley Orgánica del INE). Lo que respecta a generación, transmisión y la distribución se desagregaron, se les prohíbo a las compañías tener intereses en más de una de esas tres actividades. ENEL fue reestructurada en cuatro compañías (Hidrogena, GEOSA, GECSA y GEMOSA); dos compañías de distribución (DISNORTE y DISSUR), ambas adquiridas por Unión Fenosa y después fusionadas en una sola compañía; y una compañía de transmisión (ENTRESA, ahora ENATREL).

OBJETIVO

OBJETIVO GENERAL

Proponer la elaboración de una guía de diseño, para la planeación y ejecución de una obra de red subterránea MT apegándose a las normas técnicas establecidas por Disnorte-Dissur.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Valorar críticamente los diferentes dispositivos utilizados para detectar fallas o averías en cables subterráneos.
- Establecer las ventajas y desventajas que presenta una red eléctrica subterránea.
- Comparar costos entre una red subterránea y una red aérea.

JUSTIFICACION

Actualmente en Nicaragua no existe documento, manual o guía donde se exprese un estudio referente al diseño de una red eléctrica subterránea.

Por lo general las redes subterráneas no son la primera opción como proyecto por el alto costo que representa respecto a las redes eléctricas aéreas. Generalmente los diseños subterráneos son sustituidos por las opciones de redes aéreas, sin tomar en cuenta que el costo del cambio puede ser equivalente a la primera opción.

Dentro de las redes eléctricas subterráneas existe alta, media y baja tensión así como también equipos de maniobra y transformadores. La presente guía de diseño se enfocara en las redes eléctricas subterráneas de Media Tensión.

En la Universidad Nacional de Ingeniería, en la carrera de ingeniería eléctrica los estudiantes recibimos cátedras de Redes de Distribución mismas que están inclinadas a las redes aéreas de distribución pero no se muestra ninguna relevancia a las redes subterráneas por lo cual el estudio podría marcar un precedente para los futuros ingenieros eléctricos.

MARCO TEORICO

RED ELECTRICA

La red eléctrica es una red interconectada cuyo propósito es suministrar electricidad desde los proveedores hasta los consumidores. Desde sus inicios la red eléctrica se ha convertido de un sistema aislado que servía a un área geográfica en particular a una red expansiva que incorpora múltiples áreas.

En la industria de la energía eléctrica, la red eléctrica es un término usado para definir una red de electricidad que realizan estas tres operaciones:

- Generación de Electricidad.
- Transmisión de Electricidad.
- Distribución de Electricidad.

La estructura o topología de una red puede variar considerablemente, su diseño físico está determinado por el terreno disponible y su geología, la topología lógica puede variar dependiendo de las restricciones de presupuesto, requisitos de fiabilidad del sistema y las características de generación y la carga.

Un sistema de distribución debe atender usuarios de energía eléctrica localizados en las diferentes zonas:

- **Redes de distribución urbanas:** Los programas de distribución urbanas son desarrollados individualmente por cada empresa de energía, la mayoría de las veces son planes de remodelación y recuperación de perdidas.
- **Redes de distribución rurales:** Son indiscutibles las ventajas de disponer de energía eléctrica en las zonas rurales del país, aunque

estas instalaciones no son muy rentables económicamente ya que de las inversiones necesarias la remuneración es poca debido a que los consumos de energía son muy inferiores a los correspondientes a las zonas urbanas e industriales.

- **Redes de distribución suburbanas:** Tienen características intermedias donde puede existir gran concentración de usuarios que tienen bajo consumo como los suburbios o asentamientos espontáneos.
- **Redes de distribución turísticas:** Específicamente es donde las cargas están relacionadas con las temporadas de vacaciones, y donde se impune la construcción subterránea para armonizar con el entorno aunque no muchos países no lo llevan a cabo.

Podemos clasificar los sistemas de distribución de acuerdo a su construcción en:

- **Redes de distribución aéreas:** En esta modalidad, el conductor que usualmente está desnudo, va soportado a través de aisladores instalados en crucetas, en postes de madera o de concreto, las partes principales de un sistema aéreo son esencialmente: Postes, conductores, crucetas, aisladores, herrajes, equipos de seccionamiento, transformadores y protecciones.
- **Redes de distribución subterránea:** Son empleadas en zonas donde por razones de urbanismo, estética, congestión o condiciones de seguridad no es aconsejable el sistema aéreo. Cuenta con los siguientes componentes: Ductos, conductor, cámaras, empalmes uniones y terminales.

PRUEBAS REALIZADAS A CONDUCTORES ELECTRICOS SUBTERRANEOS

Las pruebas eléctricas en conductores simplemente no son solo importunas, en la mayoría de los casos los operadores deben dedicarle mucho tiempo e implican grandes esfuerzos logísticos y financieros.

Es imprescindible comprobar conforme a las normas el correcto estado de las instalaciones y los medios de producción eléctricos antes de su primera puesta en funcionamiento y después de cada modificación o reparación. Debido a que los cables nunca están tendidos en línea recta si no que cambian de profundidad y dirección, una transmisión exacta de la pre localización en campo de los resultados es prácticamente imposible.

Para la localización de averías del conductor, existen diferentes ensayos, entre estos se encuentran:

- **Postlocalización mediante generadores de pulsos:** Se localiza con exactitud con un aparato acústico
- **Comprobación de revestimiento dañado:** Es una de las herramientas más importante para el mantenimiento preventivo de redes, un revestimiento dañado supone un gran riesgo ya que puede convertirse en una avería que puede conllevar cortes de corriente.
- **Medición por reflexión:** Los reflectómetros además de buscar fallos obtienen información sobre el estado del conductor.

DISEÑO DE REDES ELECTRICAS SUBTERRANEAS INTERNACIONALES

En Bogotá existe un manual de especificaciones técnicas de diseño y construcción de redes de Media y Baja Tensión Subterráneas para escenarios deportivos, edificaciones y parques vecinal, zonal, metropolitano o regional del cual hace uso la empresa CODENSA S.A. De esta manera minimiza el riesgo eléctrico y se controla la contaminación visual.

En España FECSA-ENDEGSA, es poseedora de una Norma Técnica particular, titulada: Líneas subterráneas en Media Tensión, el cual tiene por objeto definir las características que han de cumplir las líneas subterráneas de MT construidas por terceros y destinadas a formar parte de las redes de distribución de dicha empresa.

En Panamá Gas Natural Fenosa presenta las normas técnicas para redes eléctricas subterráneas, su objetivo es establecer y justificar los datos constructivos que permitan la ejecución de cualquier obra, el documento también sirve como base genérica para la tramitación oficial de cada obra.

CAPITULO I:

PARÁMETROS TÉCNICOS A TENER EN CUENTA EN LA ELABORACIÓN DE OBRAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS

CONDUCTORES MT PARA REDES SUBTERRANEAS

Las características generales comunes en todos los proyectos específicos que se realicen serán las indicadas a continuación:

CONDUCTORES MEDIA TENSION

COMPONENTES

Los cables a emplear estarán compuestos de alambres de aluminio enrollados helicoidalmente y compactados, y queda perfectamente definido en la especificación técnica correspondiente. Sus principales componentes son las siguientes:

1. Los conductores que se emplearán serán de aluminio, comprimidos, de sección circular, constituidos por varios alambres cableados.
2. Capa semiconductor sobre el material conductor.
3. Aislamiento a base de polietileno reticulado (XLPE).
4. Capa semiconductor sobre el material aislante.
5. Pantalla metálica constituida por una corona de alambres de cobre enrollado helicoidalmente, que hará las funciones de neutro.
6. Capa protectora exterior de poliolefina de color rojo.

Las dimensiones mínimas de cada una de estas capas para los distintos niveles de tensión y conductor, y para un nivel de aislamiento del 100% son presentadas en Tabla 1.

Tabla 1. Características generales conductores de MT¹

DENOMINACIÓN DEL CONDUCTOR	1/0 AWG		4/0 AWG		500 MCM		750 MCM
Nivel de Tensión	15KV	35KV	15KV	35KV	15KV	35KV	15 KV
Conductor							
Nº de alambres	19		19		37		61
Diámetro del alambre	1,89		2,68		2,95		2,82
Diámetro nominal conductor (mm)	9,17		13,01		20,04		24,59
Sección del conductor(mm ²)	53,5		107,2		253		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 semiconductora del aislamiento							
Espesor (mm)	0,76	1,02	0,76	1,02	1,02	1,02	1,02
Conductor neutro concéntrico (Full)							
Nº de alambres	16						
Diámetro del alambre	1,628						
Conductor neutro concéntrico (1/3)							
Nº de alambres			11		16		24
Diámetro del alambre			1,628		2,052		2,052
Cubierta							
Espesor (mm)	1,27	1,27	1,27	1,27	2,03	2,03	2,03
Diámetro exterior total (mm)	25,4	34,5	29,2	38,3	39,1	47,8	43,70
Radio mínimo de curvatura (mm)	300	400	350	450	500	600	600
Peso aproximado(Kg/m)	1000	1340	1600	2200	3190	3920	4520

¹ Tabla1. Tomado del documento Normas técnicas para redes eléctricas subterráneas.-Gas Natural Fenosa. 2011

CARACTERISTICAS ELECTRICAS DE CONDUCTORES

Las tensiones normales de los conductores a utilizar se eligen de acuerdo con la tensión normal de la red, teniendo en cuenta que en todos los casos se trata de redes con neutro rígidamente puesto a tierra en múltiples puntos de las mismas (neutro multiaterrado).

Las características eléctricas principales de los conductores de MT se indican en la Tabla 2 y la Tabla 3.

Tabla 2. Características eléctricas de conductores de 15kv²

CONDUCTORES CLASE 15 KV				
Tensión nominal entre fases (kV)	13,2			
Tensión más elevada de la red (KV)	14,124			
T ^a max. normal (°C)	90			
T ^a en cc. max 5 s. (°C)	250			
Aislamiento	100 %			
Tipo de conductor	1/0 AWG	4/0 AWG	500 MCM	750 MCM
Corriente admis. aire a 40°C (A) (Corriente nula por pantalla).	191	291	485	625
Corriente admis. enterrada a 25°C (A) (Corriente nula por pantalla).	192	280	434	534
Corriente admis. enterrada bajo tubo en arena(A) (Corriente nula por pantalla).	153	224	354	438
I _{CC} admisible conductor durante 0,2 s. (kA)	11,1	22,2	52,6	79
I _{CC} admisible pantalla durante 0,2 s. (kA)	10,6	7,3	16,9	16,9
Resistencia máx. en continua a 20°C (Ω/Km)	0,5378	0,2682	0,1135	0,0759
Capacidad μF/Km (Caso trifásico)	0,2047	0,2662	0,3775	0,4492
Coefficiente autoinducción (H/Km) (Caso trifásico)	3.97x10 ⁻⁴	3.55x10 ⁻⁴	3.17x10 ⁻⁴	3.05x10 ⁻⁴
Coefficiente autoinducción (H/Km) (Caso monofásico)	3.57x10 ⁻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	-	-	-

² Tabla 2. Tomado del documento Normas técnicas para redes eléctricas subterráneas. -Gas Natural Fenosa. 2011

Tabla 3. Características eléctricas de conductores de 35kv³

CONDUCTORES CLASE 35			
Tensión nominal entre fases (kV)	34,5		
Tensión más elevada de la red (KV)	36,915		
Aislamiento	100 %		
T ^a max. normal (°C)	90		
T ^a en cc. max 5 s. (°C)	250		
Tipo de conductor	1/0 AWG	4/0 AWG	500 MCM
Corriente admis. aire a 40°C (A) Corriente nula por pantalla.	196	297	497
Corriente admis. enterrada a 25°C (A). Corriente nula por pantalla.	190	278	435
Corriente admis. enterrada bajo tubo en arena (A) Corriente nula por pantalla.	157	230	361
I _{CC} admisible conductor durante 0,2 s. (kA)	11,1	22,2	52,6
I _{CC} admisible pantalla durante 0,2 s. (kA)	10,6	7,3	16,9
Resistencia máx. en continua a 20°C (Ω/Km)	0,5378	0,2682	0,1135
Capacidad μF/Km (Caso trifásico)	0,1299	0,1626	0,2209
Coefficiente autoinducción (H/Km) (Caso trifásico)	4.58x10 ⁻⁴	4.1x10 ⁻⁴	3.65x10 ⁻⁴
Coefficiente autoinducción (H/Km) Caso monofásico)	4.27x10 ⁻⁴	-	-
Reactancia inductiva (Ω/Km) a 60Hz. (Caso trifásico)	0,1728	0,1546	0,1378
Reactancia inductiva (Ω/Km) a 60Hz. (Caso monofásico)	0,1613	-	-

Los conductores utilizados serán debidamente protegidos⁴ contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se instalen y tendrán resistencia mecánica suficiente para soportar los esfuerzos a que pueden estar sometidos.

³ Tabla 3. Tomado del documento Normas técnicas para redes eléctricas subterráneas. -Gas Natural Fenosa. 2011

⁴ Norma NEC, Capítulo 3, Sección 300.5 Instalaciones subterráneas-(D)Protección contra daños,

Los empalmes y conexiones de los conductores subterráneos se efectuarán siguiendo métodos o sistemas que garanticen una perfecta continuidad del conductor y de su aislamiento.

La puesta a tierra⁵ se llevará a cabo en cada extremo de la línea (en el CT y en el paso de aéreo- subterráneo) de manera que su resistencia individual no supere los 20Ω , y la resistencia de puesta a tierra global, sea inferior a los 5Ω . En caso de tramos de longitud superior a 4 km entre dos puestas a tierra consecutivas, será necesario conectar a tierra las pantallas en un empalme intermedio.

ZANJAS Y CANALIZACIONES PARA MEDIA TENSION⁶

Los cables aislados subterráneos de 13,2, y 34,5 kV podrán canalizarse de las siguientes formas:

1. Directamente enterrados
2. Entubados en zanja
3. Al aire, alojados en galerías

1. CABLES DIRECTAMENTE ENTERRADOS EN ZANJA

Esta disposición será la que se emplee de forma prioritaria, preferentemente en veredas o zonas ajardinadas, incluso bajo acera, si no hay otros servicios que impidan esta disposición constructiva.

Los cables se tenderán en contacto, agrupados en disposición trébol si la línea es trifásica. Las dimensiones mínimas de las zanjas vienen condicionadas por el número de líneas a tender, según se indica en la Tabla 4.

⁵ Norma NEC, Capítulo 3, Sección 300.5 Instalaciones subterráneas-(B) Puesta a tierra Sección 250

⁶ Normas Técnicas para redes Eléctricas Subterráneas – Gas Natural Fenosa (2011) Pág. 21

Tabla 4. Dimensiones mínimas de zanjas para MT⁷

Nº DE LÍNEAS* EN PLANO HORIZONTAL	PROFUNDIDAD MÍNIMA (cm)	ANCHURA MÍNIMA (cm)
1	80	40
2	80	60
3	80	80

Las dimensiones mencionadas se modificarán, en caso necesario, cuando se encuentren otros servicios en el trazado (ver apartados Paralelismos y Cruzamientos), a fin de mantener las distancias mínimas de seguridad. La anchura de la zanja vendrá también condicionada por el tipo de maquinaria empleada para su ejecución.

Los cables irán alojados en general en zanjas lo suficientemente profundas de forma que en todo momento la profundidad mínima de la línea más próxima a la superficie del suelo, sea de 60 cm.

Cuando se tiendan dos y tres líneas en un mismo plano horizontal en la misma zanja, ya sean de MT o de BT, la separación mínima entre puntos más próximos de las líneas no debe ser inferior a 25 cm para cualquier nivel de tensión.

La disposición de los cables en las zanjas será la siguiente:

En el fondo de la zanja se dispondrá una capa de unos 10 cm de arena fina sobre la que se situarán los cables; por encima irá otra capa de arena fina de

⁷ Tabla 4. Tomado del documento Normas técnicas para redes eléctricas subterráneas. -Gas Natural Fenosa. 2011

unos 15 cm de espesor, sobre ella se colocará un tritubo⁸ por cada línea, el cual realizará las funciones de placa de protección mecánica y tubo para comunicaciones. El tritubo se fabricará en polietileno de alta densidad tipo III clase B, según norma ASTM D 1248, estará compuesto por tres tubos de iguales dimensiones, dispuestos paralelamente en un plano y unidos entre sí por medio de una membrana.

La arena que se utiliza para protección de los cables será limpia, suelta y áspera, libre de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas, para lo cual se tamizará o lavará convenientemente si fuera necesario. Se empleará arena de mina y de río indistintamente, siempre que reúna las condiciones señaladas anteriormente y las dimensiones de los granos serán de 2 a 3 mm como máximo.

A continuación se realizará el compactado mecánico, empleándose el tipo de tierra y las tongadas adecuadas para conseguir un próctor del 95%, teniendo en cuenta que los tubos de comunicaciones irán situados por encima de los de energía. En mecánica de suelos, el ensayo de compactación Próctor es uno de los más importantes procedimientos de estudio y control de calidad de la compactación de un terreno. A través de él es posible determinar la densidad seca máxima de un terreno en relación con su grado de humedad, a una energía de compactación determinada. El Grado de compactación de un terreno se expresa en porcentaje respecto al ensayo Próctor; es decir, una compactación del 85% de Próctor Standard quiere decir que se alcanza el 85% de la máxima densidad del Próctor Standard. El porcentaje puede ser mayor al 100%, por ejemplo, en casos en que la energía de compactación en campo es mayor a la del Próctor Standard.

Las principales normativas que definen estos ensayos son las normas americanas ASTM D-698 (ASTM es la American Society for Testing

⁸ Los tritubos son elementos subterráneos, ubicados dentro de zonas urbanas tiene dos funciones, una de ellas es proteger el tendido eléctrico y la otra para alojar fibra óptica.

Materials, Sociedad Estadounidense para el Ensayo de Materiales) para el ensayo Próctor estándar y la ASTM D-1557 para el ensayo Próctor modificado

Se colocará una cinta de señalización de presencia de cables eléctricos a lo largo de toda la zanja y a una profundidad mínima de 30 cm de la superficie del suelo.

2. CABLES ENTUBADOS EN ZANJA

Este tipo de canalización será el que se utilice generalmente en aceras o calzadas, especialmente en las que exista multiplicidad de servicios subterráneos que dificulten el tendido directamente enterrado o que no permitan mantener las distancias adecuadas en cruzamientos o paralelismos.

Para MT los tubos serán de polietileno (PE) de alta densidad de color rojo de línea eléctrica y 160 mm de diámetro para las líneas trifásicas, y 110 mm para las monofásicas. Esta canalización puede ir acompañada del correspondiente tritubo para alojar los cables de comunicaciones, el cual estará situado por encima de los anteriores.

Durante el cargue y descargue de la tubería esta no debe ser arrojada al suelo, debe ser puesta. Tampoco debe ser golpeada. A continuación se presenta la forma correcta e incorrecta del descargue de los tubos. (Ver fig. 1 y 2)⁹.

Figura 1.

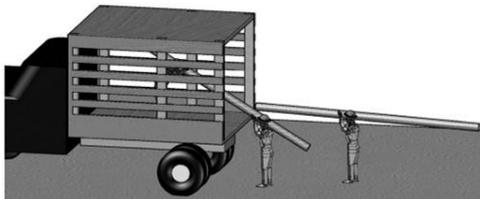
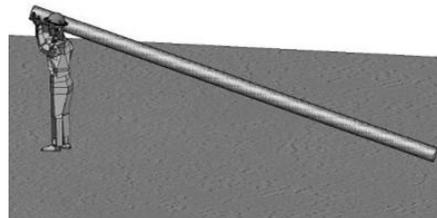


Figura 2.



⁹ Fig. 1 y 2 tomado del documento, Pliego de Condiciones Técnicas de Montaje - versión 5 - EPSA

Las dimensiones mínimas de las zanjas vienen condicionadas por las dimensiones del tubo, el número de tubos a tender, el número de hileras de tubos y por el material de relleno de la zanja, según se indica en la Tabla 5 y la Tabla 6.

Tabla 5. Ancho de zanjas para MT¹⁰

Nº DE TUBOS EN PLANO HORIZONTAL	ANCHURA MÍNIMA (SEGÚN MATERIAL DE RELLENO)	
	Arena (cm)	Hormigón (cm)
1 tubo 110 mm	25	25
1 tubo 160 mm	25	40
2 tubos 110 mm	40	40
2 tubos 160 mm	40	60
3 tubos 110 mm	60	60
3 tubos 160 mm	60	80
4 tubos 110 mm	60	80
4 tubos 160 mm	80	-
5 tubos 110 mm	80	-

Tabla 6. Profundidad de zanjas para MT¹¹

Nº DE HILERAS DE TUBOS	PROFUNDIDAD MÍNIMA	
	Arena (cm)	Hormigón (cm)
1	80	80
2	-	100
3	-	120

¹⁰ Tabla 5. Tomado del documento Normas técnicas para redes eléctricas subterráneas.-Gas Natural Fenosa. 2011

¹¹ Tabla 6. Tomado del documento Normas técnicas para redes eléctricas subterráneas.-Gas Natural Fenosa. 2011

Análogamente al caso anterior, las dimensiones mencionadas se modificarán cuando se encuentren otros servicios en el trazado de la línea, a fin de mantener las distancias mínimas de seguridad, así como por la maquinaria empleada.

Los tubos con los conductores se situarán sobre un lecho de arena de 5 cm de espesor. A continuación se rellenará toda la zanja de la misma forma que en el caso anterior, es decir, con el tipo de tierra y las tongadas adecuadas para conseguir un próctor del 95%.

Se colocará una cinta de señalización de presencia de cables a lo largo de toda la zanja.

Los tubos irán alojados en general en zanjas lo suficientemente profundas de forma que en todo momento la profundidad mínima de la línea más próxima a la superficie del suelo sea de 60 cm.

Se guardarán distancias de seguridad con otras líneas y a las paredes de la zanja. Éstas son las siguientes:

1. 20 mm a las paredes de la zanja.
2. 40 mm entre tubos.

En los cruzamientos de calzadas y de ferrocarriles los tubos irán hormigonados en todo su recorrido. También se hormigonarán los tubos en caso de tendido de varias hileras de tubos en planos horizontales paralelos.

Las distancias que se deben respetar son las siguientes:

1. 60 mm de hormigón del tubo a la pared vertical de la zanja.
2. 60 mm de hormigón del tubo al fondo de la zanja.
3. 60 mm de hormigón sobre la capa horizontal de tubos.
4. 60 mm de hormigón entre tubos.

Si se decide colocar un tritubo, también se hormigonará. En este caso, se estudiará la posibilidad de instalar tubos de reserva en previsión de nuevas necesidades.

3. CABLES AL AIRE, ALOJADOS EN GALERIAS

Esta canalización es mayormente utilizada en los caso que el número de líneas sea tal que justifique la realización de las galerías; o en casos especiales en que no se pueda realizar otro tipo de canalizaciones.

En este tipo de canalizaciones, los cables estarán colocados al aire, agrupados en disposición trébol y convenientemente fijados sobre bandejas perforadas, palomillas o abrazaderas.

Cuando se tiendan más de una línea, estas se situarán preferentemente en un mismo plano. La distancia mínima entre líneas situadas en el mismo plano horizontal será 1,5 veces el diámetro exterior del cable. La separación mínima entre líneas situadas en el mismo plano vertical, será de 4 veces el diámetro exterior del cable. La separación entre líneas y pared será de 0,5 veces el diámetro exterior del cable.

Los elementos metálicos de sujeción deberán conectarse eléctricamente a tierra. Los cables quedarán colocados y sujetos de manera que no se desplacen por efectos electrodinámicos. Los locales o galerías deberán estar ventiladas para obtener una baja temperatura media y evitar accidentes por emanación de gases, creando un buen sistema de drenaje.

No se instalarán cables eléctricos en galerías donde existan conducciones de gases o líquidos inflamables.

DIMENSIONADOS

El trazado de las líneas se realizará de acuerdo con las siguientes consideraciones:

1. La longitud de la canalización será lo más corta posible.
2. Se ubicará, preferentemente, salvo casos excepcionales, en terrenos de dominio público, bajo acera, evitando los ángulos pronunciados.
3. El radio interior de curvatura, después de colocado el cable, será, como mínimo, el indicado en la Tabla 1.
4. Los cruces de calzadas deberán ser perpendiculares a sus ejes, salvo casos especiales, debiendo realizarse en posición horizontal y en línea recta.
5. Las distancias a fachadas estarán de acuerdo con lo especificado por los reglamentos y ordenanzas municipales correspondientes.

El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios principales.

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud y las zonas donde se contendrá el terreno. Si ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas construidas, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas.

Antes de proceder a la apertura de las zanjas se realizaran perforaciones de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto. Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas tanto de la zanja como de los pasos que sean

necesarios para los accesos a los portales, comercios, garajes, etc. así como las chapas de hierro que vayan a colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos.

Al marcar el trazado de las zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en la curva con arreglo a la sección del cable, siendo este radio mínimo $10 (D+d)$ donde D es el diámetro exterior del cable y d el diámetro del conductor.

APERTURA DE ZANJAS

La mayoría de empresas ligadas a trabajos eléctricos de media tensión realizan las excavaciones con su mismo personal, guiándose con los planos de la obra.

Las excavaciones se harán verticales hasta la profundidad necesaria, colocándose entibaciones en los casos que la naturaleza del terreno lo haga preciso.

Se procurará dejar un paso de 50 cm entre zanja y las tierras extraídas, con el fin de facilitar la circulación del personal de la obra y evitar la caída de tierras en la zanja. La tierra excavada y el pavimento, deben depositarse por separado. El fondo de la zanja debe limpiarse de piedras, que podrían dañar las cubiertas exteriores de los cables.

Se deben tomar las precauciones precisas para no tapar con tierras registro de gas, teléfono, bocas de riego, alcantarillas, etc. Durante la ejecución de los trabajos en la vía pública se dejarán pasos suficientes para vehículos y peatones, así como los accesos a los edificios, comercios y garajes. Si es necesario interrumpir la circulación se precisará una autorización especial.

Las dimensiones de las zanjas para líneas de MT serán, por lo general de 0,8 a 1,20 m de profundidad y de 40 a 80 cm de anchura. Mientras que para líneas de BT las dimensiones de las zanjas serán, por lo general de 0,8 m de profundidad y 25, 40, 60 u 80 cm de anchura. Ver tabla 5 y 6

Si es necesario abrir las zanjas en terreno de relleno o de poca consistencia debe recurrirse al entibado en previsión de derrumbes. Es necesario que el fondo de la zanja esté en terreno firme, para evitar corrimientos en profundidad que sometan a los cables a esfuerzos por estiramientos.

Cuando en una zanja coincidan cables de distintas tensiones se situarán en capas horizontales a distinto nivel de forma que en cada capa se agrupen cables de igual tensión.

En el caso de que ninguna de las líneas vaya entubada, la separación entre capas de cables será como mínimo de 25 cm. La profundidad de las respectivas capas de cables dependerá de las tensiones, de forma que la mayor profundidad corresponda a la mayor tensión.

ARQUETAS

Deberá limitarse la construcción de ellas, siendo necesaria una justificación de su inexcusable necesidad en el proyecto. Cuando se construyan arquetas, éstas serán de hormigón o ladrillo, siendo sus dimensiones las necesarias para que el radio de curvatura de tendido sea como mínimo 20 veces el diámetro exterior del cable. No se admitirán ángulos inferiores a 90° y aún éstos se limitarán a los indispensables. En general los cambios de dirección se harán con ángulos grandes.

En la arqueta los tubos quedarán a unos 25 cm por encima del fondo para permitir la colocación de rodillo en las operaciones de tendido. Una vez

tendido el cable los extremos de los tubos se sellaran con espuma de poliuretano de forma que el cable quede situado en la parte superior del tubo. La arqueta se rellenará con arena hasta cubrir el cable como mínimo. En el suelo o las paredes laterales se situarán puntos de apoyo de los cables y empalmes, mediante tacos o ménsulas.

La función de los tubos en la arqueta será la que permita el máximo radio de curvatura. Las arquetas serán registrables y, deberán tener tapas metálicas o de hormigón armado provistas de argollas o ganchos que faciliten su apertura. El fondo de estas arquetas será permeable de forma que permita la filtración del agua de lluvia.

Estas arquetas permitirán la presencia de personal para ayuda y observación del tendido y colocación de rodillos a la entrada y salida de los tubos. Estos rodillos, se colocarán tan elevados respecto al tubo, como lo permita el diámetro del cable, a fin de evitar el máximo rozamiento contra él.

Las arquetas abiertas tienen que respetar las medidas de seguridad, disponiendo barreras y letreros de aviso. No es recomendable entrar en una arqueta recién abierta, aconsejándose dejar transcurrir 15 minutos después de abierta, con el fin de evitar posibles intoxicaciones de gases.

PARALELISMO

Las líneas de distribución eléctrica subterráneas deberán guardar las siguientes distancias a las diferentes instalaciones existentes. En ningún caso se canalizarán paralelamente por encima o por debajo de cualquier otra instalación, con excepción de las líneas eléctricas. En tal caso, ambas líneas

se canalizarán bajo tubo y se situará en el nivel superior la línea de menor tensión.

MEDIA Y BAJA TENSION

Los cables de Baja Tensión se podrán colocar paralelos a cables de Media Tensión, siempre que entre ellos haya una distancia no inferior a 25 cm. Cuando no sea posible conseguir esta distancia, se instalará uno de ellos bajo tubo, manteniendo como mínimo una distancia de 10 cm entre cable directamente enterrado y tubo.

MEDIA TENSION

En el caso de paralelismos de cables de media tensión entre sí, se mantendrá una distancia mínima de 25 cm. Si no se pudiera conseguir esta distancia, se colocará una de ellas bajo tubo, manteniendo como mínimo una distancia de 10 cm entre cable directamente enterrado y tubo.

CABLES DE TELECOMUNICACION

Los cables de media y baja tensión directamente enterrados, deberán estar separados de los de telecomunicación una distancia mínima horizontal de 20 cm, en el caso en que los cables de telecomunicación vayan también enterrados directamente. Cuando esta distancia no pueda alcanzarse, deberá instalarse la línea eléctrica de media o baja tensión dentro de tubos con una resistencia mecánica apropiada.

En paralelismos con cables telefónicos y cables de media tensión, deberá tenerse en cuenta lo especificado por el correspondiente acuerdo con las

compañías de telecomunicaciones. Solo se podrán realizar paralelismos de más de 500 m si los cables de telecomunicación llevan pantalla electromagnética.

AGUA, VAPOR, ETC

Los cables de media y baja tensión se instalarán separados de las conducciones de otros servicios (agua, vapor, etc.) a una distancia no inferior a 25 cm. Si por motivos especiales no se pudiera conseguir esta distancia, los cables se instalarán dentro tubos.

Siempre que sea posible, en las instalaciones nuevas la distancia en proyección horizontal entre cables de energía y conducciones metálicas enterradas colocadas paralelamente entre sí no debe ser inferior a:

1. 3 metros en el caso de conducciones a presión máxima igual o superior a 25 atm; dicho mínimo se reduce a 1 metro en el caso en que el tramo de paralelismo sea inferior a 100 metros.
2. 1 m en el caso de conducciones a presión máxima inferior a 25 atm.

ALCANTARILLADO

En los paralelismos de los cables con conducciones de alcantarillado de aguas fecales, habrá una distancia mínima de 50 cm, debiéndose instalar los cables bajo tubo cuando no pueda conseguirse esa distancia. En el caso de paralelismos de los cables con conducciones de alcantarillado de aguas fluviales, el tratamiento será análogo al de las conducciones de agua.

CRUZAMIENTOS

En los cruzamientos de los cables de Media Tensión con otros de Baja Tensión, existirá una distancia entre ellos de 25 cm como mínimo. En caso de que no pudiese conseguirse esta distancia se separarán los cables de

Baja Tensión de los de Media Tensión por medio de tubos, manteniendo como mínimo una distancia de 10 cm entre cable directamente enterrado y el tubo.

MEDIA TENSION

En los cruzamientos entre líneas de Media Tensión, la distancia mínima a respetar será de 25 cm. Si no fuese posible conseguir esta distancia, se colocará una de las líneas bajo tubo, manteniendo como mínimo una distancia de 10 cm entre cable directamente enterrado y tubo.

CON CABLES DE TELECOMUNICACION

En los cruzamientos con cables de telecomunicación, los cables de energía eléctrica, se colocarán en tubos o conductos de resistencia mecánica apropiada, a una distancia mínima de la canalización de telecomunicación de 20 cm.

VIAS PÚBLICAS

En los cruzamientos con calles y carreteras los cables deberán ir entubados a una profundidad mínima de 80 cm. Los tubos o conductos serán resistentes, duraderos, estarán hormigonados en todo su recorrido y tendrán un diámetro que permita deslizar los cables por su interior fácilmente, no es recomendable que el hormigón de protección de los tubos llegue hasta el pavimento de rodadura, pues se facilita la transmisión de vibraciones. En este caso debe intercalarse entre uno y otro una capa de tierra con las tongadas necesarias para conseguir un próctor del 95%. En todo caso deberá tenerse en cuenta lo especificado por las normas y ordenanzas vigentes, que correspondan.

AGUA, VAPOR, ETC

En los cruzamientos de una canalización con conducciones de otros servicios (agua, vapor, etc.) se guardará una distancia mínima de 25 cm. Si no fuera posible, se colocará la línea bajo tubo.

ALCANTARILLADO

En los cruzamientos de cables eléctricos con conducciones de alcantarillado deberá evitarse daños a la bóveda de la conducción, debiéndose mantener en todo caso la distancia mínima de 50 cm para el caso de conducciones de alcantarillado de aguas fecales. En el caso de aguas fluviales, el tratamiento será análogo al de conducciones de agua.

PASO DE AEREO A SUBTERRANEO MT

En el paso de aéreo a subterráneo MT, se utilizarán los siguientes elementos: terminales, pararrayos autoválvulas y cortacircuitos fusibles de expulsión o seccionadores. Los fusibles de expulsión-seccionadores se utilizarán solamente en el caso de derivaciones, se evitara la instalación de estos equipos cuando la línea subterránea sea un tramo de una línea aérea que pasa a subterránea para cruzar una carretera, vía de ferrocarril, o entrar en zonas urbanas.

En el paso de aéreo a subterráneo el cable deberá ir protegido por tubos de resistencia mecánica adecuada, hasta una altura de 3 metros sobre el suelo como mínimo.

DISPOSITIVOS DE MANIOBRA Y SISTEMAS DE PROTECCION MT

DISPOSITIVOS DE MANIOBRA

Se utilizarán barras sólida, cortacircuitos fusibles de expulsión/seccionadores manipulados por pértiga con una intensidad nominal acorde con las necesidades de la instalación. En otros casos se utilizaran celdas similares a las salidas de distribución de una subestación, las cuales vendrán con los equipos de acuerdo a la tensión instalada.

SISTEMAS DE PROTECCION

Además de las protecciones existentes en la cabecera de la línea, cuyas características y disposición se recogerán en el proyecto de la subestación suministradora, se dispondrán las protecciones contra sobre intensidades y sobretensiones necesarias en las derivaciones del final de la línea aérea y paso a subterráneo

1. **Protección contra sobretensiones:** La protección contra sobretensiones en Media Tensión se realizará mediante la instalación de pararrayos, según la correspondiente especificación técnica. Se colocará un juego de pararrayos en la línea aérea, en el mismo herraje que los terminales del cable a proteger , según se indica en los planos correspondientes. Si la línea subterránea enlazara dos líneas aéreas se colocará un juego de pararrayos en cada uno de los extremos de la misma.
2. **Protección contra sobre intensidades:** En caso necesario, se instalarán cortacircuitos fusibles de expulsión de acuerdo con la especificación técnica correspondiente.

CENTRO DE TRANSFORMACION

El centro de transformación se definirá de acuerdo a la carga y voltaje que sea requerido. El tipo de transformador a utilizar será PAD MOUNTED mismo que deberá cumplir con las características de empotramiento con hormigón.

SECCIONAMIENTO TIPO PAD MOUNTED

Actualmente los equipos de seccionamiento en redes subterráneas son adquiridos dependiendo del nivel de voltaje a utilizar, en este caso existen módulos que cubren desde 1 KV hasta 38 KV, estas celdas contienen interruptores que permiten aperturas en caliente hasta 900 A. Las salidas de los módulos cubren hasta 4,5 y 6 seccionamientos en circuitos derivados.

Por lo que se deben ubicar de forma estratégica para utilizar al máximo los seccionamientos en las derivaciones y así evitar aperturas de circuitos que no deberían ser afectados.

ACCESOS

Como norma general se podrá acceder al CT o al CS desde la vía pública, o desde una vía privada siendo ésta accesible con su correspondiente servidumbre de paso. La ubicación y los accesos deberán permitir:

1. El movimiento y colocación de los elementos y maquinaria necesarios para la realización adecuada de la instalación con los medios disponibles.
2. Ejecutar las maniobras propias de su explotación en condiciones óptimas de seguridad para las personas que lo realicen.
3. El mantenimiento y sustitución del material que compone el mismo.

El acceso al interior tanto del CT como del CS será exclusivo para el personal de la distribuidora a cargo y empresa privada, siempre y cuando exista una comunicación entre ellas respecto a la manipulación de los equipos referidos. Cuando este acceso tenga que efectuarse forzosamente a través de trampillas, etc., no podrá situarse en zona que haya de dejarse permanentemente libre, tales como paso de bomberos, salidas de urgencia, etc. Para permitir un desplazamiento y manejo fáciles de elementos pesados del Centro, los accesos por vía privada tendrán la correspondiente señalización de prohibido aparcar.

El emplazamiento elegido para el Centro, deberá permitir el tendido, a partir de las vías públicas o galerías de servicio, de las canalizaciones subterráneas. Todos los cables subterráneos podrán tenderse hasta una profundidad de 0,6 m, como mínimo. No se permitirán emplazamientos que obliguen a cruzar espacios privados o comunes situados en el interior de la edificación.

EMPALMES Y TERMINALES MT

En los puntos de unión de los distintos tramos de tendido se utilizarán empalmes adecuados a las características de los conductores a unir. Los empalmes no deberán disminuir en ningún caso las características eléctricas y mecánicas del cable empalmado debiendo cumplir las siguientes condiciones:

1. La conductividad de los cables empalmados no puede ser inferior a la de un sólo conductor sin empalmes de la misma longitud.
2. El material del empalme ha de ser de las mismas características aislantes que poseen los conductores.

3. El empalme debe estar protegido para evitar el deterioro mecánico y la entrada de humedad.
4. El empalme debe resistir los esfuerzos electrodinámicos en caso de cortocircuito, así como el efecto térmico de la corriente, tanto en régimen normal como en caso de sobrecargas y cortocircuitos.

Los terminales de los conductores en su conexión al transformador serán del tipo enchufables en carga o atornillables sin carga, y en el paso de aéreo a subterráneo serán terminaciones contráctiles o extensibles tomando en cuenta el nivel de tensión con la que se trabaja.

PUESTA A TIERRA

En las redes subterráneas de Media Tensión se conectarán a tierra los siguientes elementos:

1. Elementos de maniobra y protección (Pararrayos y base portafusible).
2. Armados y herrajes instalados en poste donde se ubican los pasos aéreo-subterráneos.
3. Pantallas metálicas de los cables.

Las pantallas metálicas de los cables deben ser convenientemente aterrizadas a tierra en los extremos de dichos cables, con objeto de disminuir su resistencia global a tierra.

Los elementos que constituyen el sistema de puesta a tierra son:

1. Línea de tierra.
2. Electrodo de puesta a tierra (varilla de 5/8).

1. LINEA DE TIERRA

Está constituida por conductores de cobre. En función de la corriente de defecto y la duración del mismo, se determinan las secciones mínimas del conductor a emplear por la línea de tierra, a efectos de no alcanzar su temperatura máxima.

2. ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA

Estarán constituidos por picas de acero-cobre, cuyas características se definen en la correspondiente Especificación Técnica.

TRANSPORTE DE CARRETES DE CONDUCTORES

La carga y descarga, sobre camiones apropiados, se hará siempre mediante una barra adecuada que pase por el orificio central del carrete (bobina). Los carretes de conductor se transportarán siempre de pie y nunca tumbadas sobre una de las tapas. (Ver fig.3)¹²

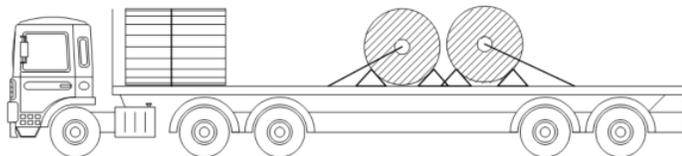


Figura 3. Transporte de carrete de conductor correcto

Bajo ningún concepto se podrá retener el carrete con cuerdas, conductores o cadenas que abracen el carrete y se apoyen sobre la capa exterior del conductor enrollado; asimismo no se podrá dejar caer el carrete al suelo desde un camión o remolque. En caso de no disponer de elementos de suspensión, se montará una rampa provisional formada por tablones de

¹² Fig. 3 tomado del documento, Pliego de Condiciones Técnicas de Montaje - versión 5 - EPSA

madera o vigas, con una inclinación no superior al 25%. Debe guiarse el carrete con conductores de retención. Es aconsejable acumular arena a una altura de 20 cm al final del recorrido, para que actúe como freno. (Ver Fig. 4)¹³.

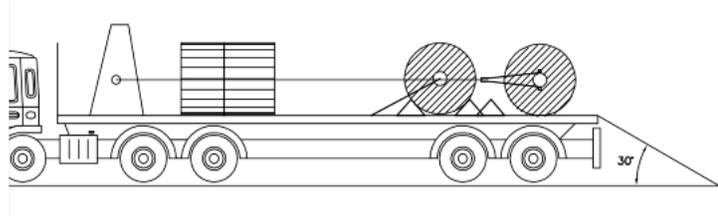


Figura 4. Transporte de carrete de conductor de manera incorrecta

Cuando se desplace el carrete por tierra rodándola, habrá que fijarse en el sentido de rotación, generalmente indicado con una flecha, con el fin de evitar que se afloje el conductor enrollado en la misma. Cuando los carretes deban trasladarse girándolas sobre el terreno, debe hacerse todo lo posible para evitar que los carretes queden o rueden sobre un suelo u otra superficie que sea accidentada. Esta operación será aceptable únicamente para pequeños recorridos. (Ver Fig. 5)¹⁴.

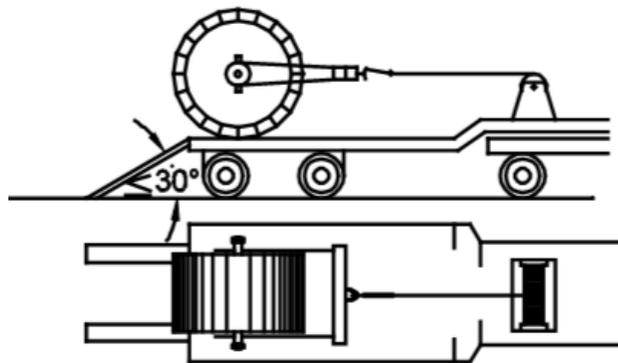


Figura 5. Descargue de carretes de conductores

¹³ Fig. 4 tomado del documento, Pliego de Condiciones Técnicas de Montaje - versión 5 - EPISA

¹⁴ Fig. 5 tomado del documento, Pliego de Condiciones Técnicas de Montaje - versión 5 - EPISA

En cualquiera de estas maniobras debe cuidarse la integridad de las duelas de madera con que se tapan los carretes, ya que las roturas suelen producir astillas que se introducen hacia el interior con el consiguiente peligro para el conductor. Siempre que sea posible debe evitarse la colocación de carretes de conductor a la intemperie sobre todo si el tiempo de almacenamiento ha de ser prolongado, ya que pueden presentarse deterioros considerables en la madera (especialmente en las tapas, que causarían importantes problemas al transportarlas, elevarlas y girarlas durante el tendido). (Ver Fig. 6)¹⁵.

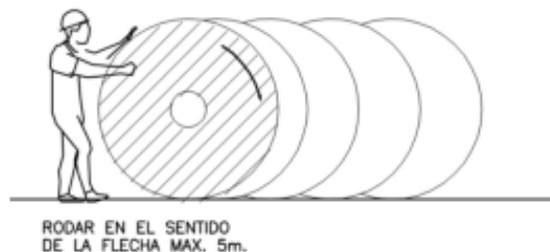


Figura 6. Rodamientos de carretes de conductores

TENDIDO DE CONDUCTOR

Los conductores deben ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc. y teniendo siempre en cuenta que el radio de curvatura del conductor debe ser superior a 20 veces su diámetro durante su tendido.

También se puede tender mediante cabestrantes halando del extremo del conductor al que se le habrá adaptado una cabeza apropiada y con un esfuerzo de tracción que no supere del indicado por el fabricante del mismo. Será imprescindible la colocación de dinamómetros para medir dicha tracción.

¹⁵ Fig. 6 tomado del documento, Pliego de Condiciones Técnicas de Montaje - versión 5 - EPISA

El tendido se hará obligatoriamente por rodillos que puedan girar libremente y contruidos de forma que no dañen el conductor. Estos rodillos permitirán un fácil rodamiento con el fin de limitar el esfuerzo de tiro; dispondrán de una base apropiada que, con o sin anclaje, impida que se vuelquen, y una garganta por la que discurra el conductor para evitar su salida o caída. Se distanciarán entre sí de acuerdo con las características del conductor, peso y rigidez mecánica principalmente, de forma que no permitan un vano pronunciado. (Ver Fig. 7)¹⁶.

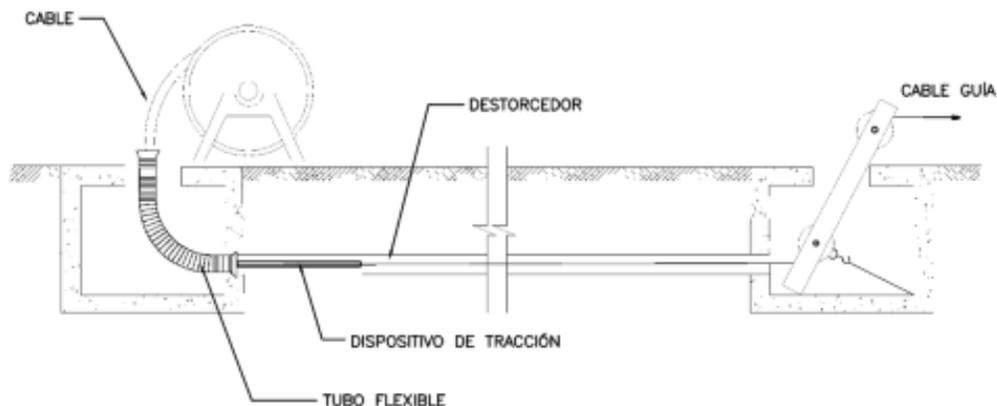


Figura 7. Instalación de carrete para tendido del conductor

El conductor no se permitirá desplazar lateralmente por medio de palancas u otros útiles; deberá hacerse siempre a mano.

Sólo de manera excepcional se autorizará desenrollar el conductor fuera de zanja, siempre bajo vigilancia del Director de Obra. Para la guía del extremo del conductor a lo largo del recorrido y con el fin de salvar más fácilmente los diversos obstáculos que se encuentren (cruces de alcantarillas, conducciones de agua, gas electricidad, etc.) y cuando se sondea el conductor en los tubos, en conducciones tubulares, se puede colocar en esa extremidad una manga (camelon) para hallar el conductor a la que se sujetara a una cuerda. No es recomendable situar más de dos a cinco

¹⁶ Fig. 7 tomado del documento, Pliego de Condiciones Técnicas de Montaje - versión 5 - EPSA

personas tirando de dicha cuerda, según el peso del conductor, ya que un excesivo esfuerzo ejercido sobre los elementos externos del conductor produce, en él, deslizamientos y deformaciones.

Si por cualquier circunstancia se precisara ejercer un esfuerzo de tiro mayor, este se aplicará sobre los propios conductores usando preferentemente cabezas de tiro estudiadas para ello.

Para evitar que en las distintas paradas que pueden producirse en el tendido, el carrete siga girando por inercia y desenrollándose conductor que no circula, es conveniente dotarla de un freno, por improvisado que sea, para evitar en este momento curvaturas peligrosas para el conductor.

La zanja en toda su longitud deberá estar cubierta con una capa de arena fina de unos 10 cm en el fondo antes de proceder al tendido del conductor. En el caso de instalación entubada, esta distancia podrá reducirse a 5 cm. No se dejará nunca el conductor tendido en una zanja abierta sin haber tomado antes la precaución de cubrirlo con una capa de 20 cm de arena fina y del tritubo en caso de ser necesario. Cuando dos conductores que se canalicen vayan a ser empalmados, se solaparán al menos en una longitud de 0,50 m. Las zanjas se recorrerán con detenimiento antes de tender el conductor para comprobar que se encuentran sin piedras y otros elementos que puedan dañar los conductores en su tendido.

Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios, se tomarán todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas al terminar los trabajos en las mismas condiciones en que se encontraban inicialmente. Si involuntariamente se causara alguna avería en dichos servicios, se avisará con toda urgencia al supervisor de obra y a la empresa correspondiente con el fin de que procedan a su reparación. El

encargado de la obra por parte del Contratista deberá conocer la dirección de los servicios públicos así como su número de teléfono para comunicarse en caso de necesidad.

Si las pendientes son muy pronunciadas y el terreno es rocoso e impermeable, se corre el riesgo de que la zanja de canalización sirva de drenaje originando un arrastre de la arena que sirve de lecho a los conductores. En este caso se deberá entubar la canalización asegurada con cemento en el tramo afectado.

CAPITULO II:

DISPOSITIVOS UTILIZADOS PARA DETECTAR FALLAS O AVERIAS EN CABLES SUBTERRÁNEOS.

LOCALIZACIÓN DE FALLAS EN CONDUCTORES ELÉCTRICOS SUBTERRÁNEOS

Las técnicas aplicadas para determinar la ubicación de fallas o averías en instalaciones eléctricas subterráneas son tan remotas como las instalaciones mismas, originándose y evolucionándose con la distribución de la energía eléctrica.

Por muchos años, la meta en el tema de la localización de fallas en cables, ha sido lograr un método de medición con el cual puedan ser resueltas todo tipo de fallas. Antiguamente hasta 1950 en los países desarrollados y hasta 1960 en los no desarrollados, la localización de fallas se efectuaba por los métodos clásicos, con ayuda de puentes de medida, transformadores de quemado o precarios equipos contruidos para esas emergencias. La localización requería horas y a veces días, y en algunos casos no se lograba ningún resultado.

En caso de que la falla sea muy incipiente, que es capaz de sacar el circuito, pero el TDR no la detecte, se utiliza una unidad de "quemado de falla". Consiste en un arreglo de transformador-capacitor para enviar una onda de choque para "quemar la falla" es decir, hacerla más grande con el fin de que el TDR sea capaz de ubicarla. La capacidad de quemado se mide en Joules y depende mucho del nivel de tensión de cable y su distancia.

Actualmente, se han desarrollado instrumentos, equipos y métodos al punto tal que la prueba de cables y la localización de fallas constituya un campo de especialización, particularmente dentro de las empresas que explotan el servicio público de electricidad obteniéndose resultados satisfactorios.

La premisa fundamental es que, por sobre todas las cosas, el método utilizado para determinar la ubicación de la avería no debe producir nuevas fallas o degradar la aislación de las instalaciones bajo ensayo. Este no fue un tema de gran preocupación cuando las instalaciones utilizaban exclusivamente cables con aislación de papel impregnado en aceite. Pero en los últimos años, con la aparición de cables con aislaciones secas (PE o XLPE), deben extremarse los cuidados y no sobre-exigir innecesariamente al cable para no deteriorar la aislación de los tramos buenos induciendo fallas prematuras.

Entre los tipos de fallas que pueden presentarse, las intermitentes y las de alta resistencias (que, por otra parte, son las más frecuentes) son todavía consideradas como de muy difícil localización y muchas veces insolubles, si no se recurre al quemado o acondicionado de la misma. Y este concepto, bastante generalizado, no se debe a la falta de recursos tecnológicos para resolverlas, sino más bien a las características del método utilizado "Reflectometría de alta energía" que requiere un profundo análisis de los resultados, en comparación con la reflectometría convencional tan difundida y de muy fácil interpretación.

La investigación permanente, y la introducción de la informática en la especialidad, han posibilitado proveer a la localización de métodos de medición que no exigen innecesariamente al cable bajo ensayo, además de agilizar notablemente la tarea y optimizar los métodos de interpretación. Por otra parte, la cantidad de productos disponibles en este mercado hace que siempre exista el equipamiento ideal para todo tipo de empresas (grandes, medianas y pequeñas) con distintas estructuras de red a un costo razonable.

La localización de fallas en cables de energía subterráneos ha desafiado a los fabricantes de artículos y equipos de electricidad desde que los cables se

han colocado bajo tierra. Haciendo frente al desafío, tanto los usuarios como los fabricantes de equipos para ensayos, han inventado y desarrollado una variada gama de ingeniosos sistemas y métodos de detección de fallas. Muchas técnicas anteriores han sobrevivido por más de 50 años para ayudar a los técnicos a localizar las fallas en forma confiable.

La búsqueda de equipos y métodos nuevos, han ido mejorando en forma continua con la aplicación de los avances tecnológicos al tema de la localización de fallas subterráneas.

Por su propia naturaleza, algunos procedimientos clásicos de testeado de cables y localización de fallas quizás tengan efecto negativo sobre cierto tipo de cables con dieléctricos sólidos al exponerlos con altas tensiones.

La localización de fallas es una parte esencial del mantenimiento de cables. Sin los métodos modernos de detección, les sería imposible a los distribuidores de energía ofrecer un servicio confiable a la industria y al público en general.

FALLAS EN LAS REDES SUBTERRÁNEAS

Es preciso señalar que los fenómenos que se presentan en los sistemas aéreos son nulos en los sistemas subterráneos. Por lo antes expuesto, se presentan las fallas que si ocasionan averías en las redes subterráneas.

FALLA EN EL AISLAMIENTO DEL CABLE

Este tipo de falla sucede frecuentemente y consiste en el deterioro del aislamiento, ya sea por aplastamiento, perforación, compresión, mala instalación, toda vez que al actuar el campo eléctrico sobre él, llega un

momento en el que ya no resiste y quedan en contacto el plano de tierra y el de potencia, provocando la interrupción del flujo de la energía. Lo anterior se hace evidente si el conductor está torcido, la pantalla metálica rasgada o la cubierta están rotos. Es la causa número uno de falla en las redes que van por tierra.

FALLA EN EL AISLAMIENTO EN PARTICULAR

Esta sucede cuando se corta la cinta semiconductora sobre el aislamiento al poner o colocar un terminal, conector o empalme. Esta acción se hace de manera defectuosa ocasionándose un daño en el aislamiento en ese punto.

FALLAS EN AISLAMIENTO DE CODOS CONECTORES QUEMADOS O PERFORADOS

Se produce esta falla cuando el material del aislamiento interno del conector tipo codo, no resiste la temperatura a la que opera el sistema, calentándose primero y perforándose después, provocando la interrupción del servicio eléctrico.

Este tipo de falla no tiene que ver con la mano de obra que colocó el accesorio en el cable.

FALLAS POR CONDUCTOR CON MALTRATO MECÁNICO O QUEMADO

Se presenta principalmente porque en su instalación en los ductos de ser ese el caso, sufre daño mecánico y poco a poco el aislamiento se va deteriorando hasta llegar un punto en el que se pierde la barrera entre los planos de energía y viene la consecuente interrupción del suministro.

El daño mecánico es uno de los factores responsables de gran parte de las fallas en los cables de las redes subterráneas. Entre los agentes que lo provocan están los cortes, compresión, perforación, etc.

PRUEBAS REALIZADAS AL CONDUCTOR

Cualquier empresa está expuesta a enfrentar una ejecución inestable de sus instalaciones subterráneas eléctricas. Por lo que probar el estado de sus redes representa la oportunidad de identificar y evaluar con exactitud los puntos débiles de los cables de distribución en una edificación.

Las averías en las pruebas de media y alta tensión se deben a la mano de obra incorrecta en las conexiones y la falta de supervisión calificada durante la instalación. Por ello, los avances tecnológicos han permitido el desarrollo eficiente de nuevos métodos y equipos de ensayo, que mejoran las condiciones infraestructurales de las instalaciones.

Con el fin de innovar y posicionarse como un sistema seguro y eficaz en el diagnóstico de cables energéticos, la tecnología VLF (very low frequency) se ha erigido como la alternativa más poderosa para las pruebas de tensión, además de representar un área de comercialización tecnológica que puede expandirse por su capacidad para la prelocalización de fallas en cables, diagnóstico de frecuencia eléctrica y la ubicación de la ruta negativa en el cableado.

PRUEBA DE CABLES CON VLF

Las pruebas de campo del VLF (60 kV) son prácticas sustentadas por el IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) y diversas normas mexicanas (NMX-J-142-ANCE-2000/NMX-J-142/1-ANCE-2009), las cuales determinan el formato de las evaluaciones de cableado.

PRINCIPALES APLICACIONES DE LA PRUEBA VLF

1. Instalación de cable y/o reparación. Después de que un cable se instala o es reparado, se debe realizar la prueba VLF antes de energizarlo; por lo que, si el cable no mantiene un voltaje nominal proporcional, hay que repararlo para evitar su mal funcionamiento cuando entre en servicio.
2. Prueba preventiva de cables. El sistema VLF se puede utilizar para ejecutar pruebas en el cableado de alimentadores, subestaciones, transmisión. Si el cable no puede mantener entre 2 y 3 veces el voltaje nominal, la unidad Hipot VLF localizará el defecto.
3. Quemado de la falla en un cable. El método más efectivo de “quemado” de fallas en cable para disminuir su magnitud y ayudar a la localización de la falla es usar una unidad VLF. Las fallas en cables se pueden “quemar” en cuestión de minutos, provocando una alteración en el carbón del aislante.
4. Diagnóstico de cables con Tan Delta y descargas parciales. Ésta (prueba del factor de disipación o del ángulo de pérdidas) se utiliza en conjunto con la unidad VLF y se realiza para evaluar las condiciones del aislamiento del cable, con el objetivo de predecir su expectativa de vida, previniendo el reemplazo o la inyección del cable.

La IEEE establece el ensayo de diagnóstico VLF durante, después de la instalación de los cables, antes de su puesta en servicio y, eventualmente, cuando el usuario lo requiera (mantenimiento).

Que las pruebas de tensión sean consideradas “destructivas” no quiere decir que arruinen la muestra. El ensayo en VLF no deteriora el cableado; de hecho, éste mismo es examinado previamente en fábrica, incluso a niveles más altos que los utilizados en una prueba de campo. Las conclusiones de estos estudios estarán siempre referidas en términos de “soporta o no

soporta”, lo que se refiere a la posibilidad de que el ejemplar falle debido a su condición.

GENERALIDADES DE LA PRUEBA VLF 60 KV

1. Prueba y aceptación de cables nuevos
2. Verificación del estado de aislamiento en cables usados, con el objetivo de predecir fallas en su funcionamiento.
3. Estatus del cable después de una reparación para evitar fallas en el empalme.

VENTAJAS DE DIAGNOSTICAR SISTEMAS DE CABLEADO SUBTERRÁNEO CON PRUEBA VLF 60 KV

1. La forma de onda coseno rectangular permite medir la corriente de fuga que surge en el aislamiento
2. Es una prueba no destructiva
3. Es un equipo que no pierde calibración por el capacitor de alta precisión con el que cuenta
4. El software de programación le permite al operador: Limitar la tensión de prueba para no crear daño y crear protocolos de pruebas y formatos personalizados.

COMPROBACION DEL REVESTIMIENTO DEL CONDUCTOR

La comprobación de revestimientos sirve para determinar el perfecto estado del revestimiento del cable. El apantallamiento se comprueba con una tensión definida. Si la corriente de fuga supera el valor límite, es probable que el revestimiento esté dañado. Para repararlo deberá prelocalizarse o localizarse directamente el punto de fallo.

Para la prelocalización se determina la distancia al punto en que se encuentra el defecto mediante el método bipolar de la caída de tensión. La prelocalización reduce considerablemente el tiempo de localización, puesto que no necesitará comprobarse todo el tramo. (Ver Fig. 8)¹⁷.



Figura 8. Equipo de prelocalización MFM 10

LOCALIZACION DE FALLAS

La detección de fallas consiste en aplicar una tensión a los cables para crear una condición de falla sin provocarles daño adicional. Su finalidad es determinar, medir o analizar las características del aislamiento y su condición inicial o actual, para permitir establecer un punto de partida, dando pie al seguimiento de su evolución. De un principio esta acción se realiza cuando un sistema presenta fallas. En instalaciones en ductos, una falla es considerada “localizada” cuando se aísla entre dos puntos accesibles donde el cable puede ser reemplazado. En otras instalaciones, la falla se considera “localizada” cuando se conoce su posición precisa y puede ser expuesta para su reparación. Si el cable está al descubierto, las fallas pueden localizarse por el sonido de la descarga o por el destello. Sin embargo, si está directamente enterrado en ductos, o sus cubiertas no han sido dañadas, se requiere un detector.

¹⁷ Figura 8 tomada de folletos Sebakmt – Herramientas de gran seguridad para el mantenimiento eficaz de redes eléctricas.

EQUIPOS PARA LA DETECCION DE FALLAS

DETECCIÓN DE FALLAS CON RADAR

Un TDR emite un pulso muy corto en el tiempo. Si el conductor es de una impedancia uniforme y está apropiadamente terminado, el pulso transmitido se absorberá en la terminación final y no se reflejará ninguna señal de vuelta hacia el TDR. En cambio, si existen discontinuidades de impedancia, cada discontinuidad creará un eco que se reflejará hacia el TDR (de ahí su nombre). Los aumentos en la impedancia crean un eco que refuerza el pulso original, mientras que las disminuciones en la impedancia crean un eco que se opone al pulso original. El resultado del pulso medido en la salida/entrada al TDR se representa o muestra como una función del tiempo y, dado que la velocidad de la propagación de la señal es relativamente constante para una impedancia dada, puede ser leído como una función de la longitud de cable. Esto es semejante en su funcionamiento al del radar.

A causa de esta sensibilidad a las variaciones en la impedancia, un TDR puede utilizarse para verificar las características de impedancia, las ubicaciones de empalmes y conectores, y las pérdidas asociadas en un cable, estimando tanto la longitud del mismo, como cada discontinuidad del cable que será detectada como una señal en forma de eco.

INDICACIÓN DE CORTO

Para verlo de forma simple, consideremos el caso trivial donde el extremo final del cable se cortocircuita (es decir, se termina en una impedancia de cero ohmios). Cuando la orilla creciente del pulso se lanza a través del cable, el voltaje en el punto que lanza los pulsos alcanza un valor instantáneo dado, y el pulso comienza a propagarse a través del cable. Cuando el pulso

alcanza el corto, no se absorbe ninguna energía en el extremo final. En vez de eso, un pulso opuesto se refleja hacia atrás. Cuando el reflejo opuesto alcanza el punto de lanzamiento, el voltaje en este punto aumenta bruscamente, señalando que hay un corto en el final del cable. Esto es, el TDR no tiene indicación de que hay un corto al final del cable hasta que el pulso emitido haya viajado por el cable -aproximadamente a la velocidad de la luz- y el eco haya vuelto a la misma velocidad. Tras este tiempo de ida y vuelta, el corto puede ser detectado por el TDR. Conociendo la velocidad de propagación de la señal en el cable, se obtiene de esta manera la distancia a la que se produce el corto.

INDICACIÓN DE CIRCUITO ABIERTO

Algo parecido ocurre si el extremo distante del cable es un circuito abierto (termina en una impedancia infinita). En este caso, el reflejo del extremo distante se polariza idénticamente al pulso original y añade lo cancelando anteriormente. Así que, tras una demora de viaje de ida y vuelta, el voltaje en el TDR salta bruscamente a dos veces el voltaje inicialmente aplicado.

Una terminación perfecta teórica en el extremo distante del cable, absorbería enteramente el pulso aplicado sin causar ningún reflejo. En este caso, sería imposible determinar la longitud del cable. Afortunadamente, las terminaciones perfectas son muy raras y casi siempre se produce algún pequeño reflejo.

La magnitud del reflejo se denomina "coeficiente de reflexión"; que puede ser relacionado con la proporción de la impedancia nominal del sistema contra la impedancia verdadera en cada discontinuidad.

Una vez localizada la falla con la prueba de radar, el personal podrá situarse cerca del lugar de la falla, siempre y cuando se conozca la ruta del cable fallido. (Ver Fig. 9)¹⁸.



Figura 9. Radar TDR

DETECCIÓN DE FALLAS CON EQUIPO DIGIPHONE

Un receptor de onda de choque para localización exacta de averías tanto acústica como electromagnética, mediante una combinación de diferentes tecnologías para la supresión del ruido indeseado, optimiza la recepción acústica y permite solo escuchar el ruido de la avería eliminando el ruido de fondo. (Ver Fig. 10)¹⁸.



Figura 10. Digiphone

Este equipo permite una localización sensible produciendo señales magnéticas y acústicas. Localiza fallas en conductor ya sea en concreto y

¹⁸ Figura 9 y 10. Tomado de página: <https://constructorelectrico.com/pruebas-y-diagnostico-de-cables>

asfalto. Se puede utilizar con o sin auriculares, el indicador de intensidad magnética permite al usuario estar al tanto de la ruta del cable para localizarlo.

CÓMO IDENTIFICAR LA RUTA DEL CABLEADO CON FALLAS

La localización de fallas es una parte esencial del mantenimiento de cables, que antiguamente se llevaba a cabo con ayuda de puentes de medida, transformadores de quemado o precarios equipos, además de requerir un arduo trabajo que les llevaba horas a los operadores.

Hoy en día, existe todo un campo de especialización en el que tanto usuarios como fabricantes han explotado la tecnología y el servicio público de electricidad, obteniendo resultados satisfactorios. (Ver fig. 11)¹⁹.



Figura 11. Localizador de ruta.

Para examinar cables, líneas o servicios (tuberías) en áreas afectadas, es necesario identificar su ubicación exacta, una tarea especialmente difícil en lugares con excesiva infraestructura subterránea.

Para agilizar esta actividad, existen diversas clases de equipos rastreadores que funcionan con base en una frecuencia de corriente alterna en los límites bajos de audio, y se transmite desde una terminal a lo largo del cable, hasta

¹⁹ Figura 11. Tomado de página : <https://constructorelectrico.com/pruebas-y-diagnostico-de-cables>

que se alcanza la falla en un punto donde la corriente sigue la trayectoria de retorno, dando lugar a un cambio en el nivel de la señal aplicada en la dirección o en ambos, dependiendo de la instalación.

Entre otras clases de rastreo, está el método de impulso, usado con frecuencia, ya que se aplica en cualquier tipo de cables y en todo tipo de instalación.

Si el operador desconoce la ubicación del cable, se auxilia del “localizador de rutas”; equipo que indicará la ruta exacta del cable, la profundidad aproximada y la corriente que fluye por el conductor.

Las ventajas de trabajar con este sistema es que se puede manipular el cable energizado, se pueden inyectar frecuencias por encima de lo elemental y el equipo es ligero y portátil.

Los expertos en redes subterráneas definen que un contratista eficiente está obligado a ejecutar los ensayos de diagnóstico de todas las instalaciones de cables de media y alta tensión, ya que con ello se obtiene la seguridad absoluta de que los materiales y la asistencia técnica cumplen con los requerimientos de calidad que señalan los estatutos eléctricos.

El mantenimiento preventivo es la vía periódica para reafirmar la seguridad y continuidad del servicio requerido en todo sistema eléctrico potencial. Para efectuar estas pruebas, es necesario contar con personal y equipo especializado

LOCALIZACION DE FALLAS EN EL REVESTIMIENTO

La localización exacta sirve para detectar con precisión el revestimiento dañado, para ello se somete el cable a tensión continua cíclica que se mide mediante una sonda de tensión de paso. A través de la polaridad puede

determinarse la dirección al punto de fallo. Al acercarse al fallo se produce una subida de tensión que cambia automáticamente la polaridad sobre el punto de fallo.

LOCALIZACION DE REVESTIMIENTOS DAÑADOS MEDIANTE AUDIOFRECUENCIA

La ventaja de la localización de revestimientos dañados mediante audiofrecuencia es que no es necesario el contacto directo con el suelo en una sonda capacitiva. Por este motivo el usuario puede moverse libremente y de forma relativamente rápida. (Ver fig. 12)²⁰.



Figura 12. Sonda DEB 3.

La prelocalización o la detección de la dirección no son posibles con este método, cada avería en un cable quema el material de aislamiento y genera gases típicos que se expanden rápidamente por el suelo una vez ocurrida la avería.

El FaultSniffer está especificado para estos gases especiales de combustión. Una simple medición pulsando un botón cerca del punto de fallo muestra la concentración del gas. La mayor concentración indica el punto de fallo. Este procedimiento puede realizarse en el suelo y debajo de una superficie sellada.

²⁰ Figura 12 tomada de folletos Sebakmt – Herramientas de gran seguridad para el mantenimiento eficaz de redes eléctricas.

No hará falta desenchufar los consumidores ni realizar una medición por reflexión. Incluso los usuarios inexpertos podrán efectuar la localización, puesto que no son necesarios conocimientos de electricidad. La precisión oscila entre 10 y 30 cm. (Ver fig. 13)²¹



Figura 13. FaultSniffer

²¹ Figura 13 tomada de folletos Sebakmt – Herramientas de gran seguridad para el mantenimiento eficaz de redes eléctricas.

CAPITULO III:

VENTAJAS Y DESVENTAJAS QUE PRESENTA UN RED ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA

El desarrollo de proyectos tanto urbanísticos, comerciales e industriales y las ventajas que presenta el esquema de distribución eléctrica subterránea respecto a otros métodos ha venido a ser la solución para satisfacer de manera adecuada las necesidades cada vez mayores de los clientes de las empresas de distribución cuyo objetivo es obtener un servicio de energía eléctrica de mayor calidad y con mejores índices de continuidad.

Ventajas de redes subterráneas:

1. Menor número de fallas.
2. Menor Costo operación mantenimiento.
3. Seguridad en el entorno.
4. Mayor plusvalía de áreas públicas y privadas
5. Mejor estética y menor impacto medio ambiental
6. Mejor apariencia visual o imagen urbana.

Las redes subterráneas al estar ajenas a los agentes externos de la naturaleza son menos propenso a fallar, lo que se traduce en un bajo costo en mantenerlos operando, a su vez mejora la estética y apariencia visual del medio donde se establezca, propiciando seguridad a las personas y al medio ambiente. Lo antes descrito hace que tanto las propiedades públicas como privadas de ese entorno cuesten más que otros.

De la misma manera que se han visto las ventajas a continuación se enumeraran las desventajas:

1. Mayor costo inicial.

2. Se dificulta la localización de fallas.
3. Falta de promoción para invertir en redes de este tipo

En el caso de los sistemas subterráneos, su costo elevado de construcción que tiene respecto a las líneas aéreas se ha convertido en un freno para la inversión en este tipo de sistemas. Lo que refiere a las fallas que puedan presentarse, aunque sean menores requieren de más tiempo para encontrarlas.

Existen fortalezas que son aquellas sobre las cuales un sistema puede perfeccionarse, estas condiciones están unidas por naturaleza que pese a la problemática propia de las redes siempre predominaran:

1. Menor labor de operación y mantenimiento
2. Mayor confiabilidad y continuidad del servicio.

Las redes subterráneas por el hecho de estar ocultas y ajenas a los fenómenos naturales son menos propensas a fallar, lo que proporciona la continuidad, calidad y confiabilidad que se busca en el suministro de la energía eléctrica.

Además de presentar fortalezas estas tienen debilidades la cual ya hemos mencionado con anterioridad y es el alto costo inicial que conlleva la elaboración y ejecución de este tipo de sistema. Por lo general al hablar de una red subterránea esta es asociado a términos como: "Caro, alto precio", si bien es cierto que resulta costosa su construcción al comparar la relación costo aéreo/subterráneo en la actualidad es mucho menor a como sucedía tiempo atrás.

LEYES PROCLAMADAS PARA LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE EN NICARAGUA

La Asamblea de la Republica de Nicaragua en el año 2005 ha considerado Que la existencia de la vulnerabilidad ambiental cada día se agrava más como producto del accionar de la sociedad sobre la naturaleza, que afecta a nuestros recursos naturales y por ende al patrimonio de todos los nicaragüenses, poniendo en riesgo la calidad y condiciones del medio ambiente y la salud, a través de la contaminación de los suelos, las aguas y la atmósfera en sus diferentes modalidades como los ruidos, olores, vertidos, basura y desechos nocivos, la tala, quema y destrucción de nuestros bosques de manera indiscriminada, entre otras principales actividades.

Se establece la Ley 559²² que ha dictado la siguiente ley especial de delitos contra el medio ambiente y los recursos naturales.

En el articulo 1 la presenta ley tiene por objetivo tipificar como delitos contra el medio ambiente y los recursos naturales, las acciones u omisiones que violen o alteren las disposiciones relativas a la conservación, protección, manejo, defensa y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales, así como, el establecimiento de la responsabilidad civil por daños y perjuicios ocasionados por las personas naturales o jurídicas que resulten con responsabilidad comprobada.

La ley de la Industria Eléctrica 272²³.

22 Ley especial contra delitos del medio ambiente y los recursos naturales. Disponible en: <http://www.inafor.gob.ni/documentos/ley0559.pdf>

Capítulo I DE LAS DISPOSICIONES GENERALES, artículo 2 menciona:

Las actividades de la industria eléctrica se ajustaran a las siguientes reglas: Prestación del servicio con estricto apego a las disposiciones relativas a la protección y conservación del medio ambiente y de seguridad ocupacional e industrial.

Capítulo VII DE LA DISTIBUCION DE LA ENERGIA ELECTRICA, artículo 33 menciona:

Los distribuidores de energía eléctrica están obligados a construir, instalar, operar y mantener sus instalaciones y equipos de tal forma que no constituyan peligro para la seguridad de las personas, de la propiedad y del medio ambiente, conservando las características de diseño e instalación aprobadas por el INE. Dichas instalaciones y equipos estarán sujetos a la inspección, revisión y pruebas que éste considere realizar.

Capítulo XV DE LA CONSERVACION DEL MEDIO AMBIENTE, artículo 121 menciona:

Para proteger la diversidad e integridad del medio ambiente, prevenir, controlar y mitigar los factores de deterioro ambiental, los agentes económicos deberán dar cumplimiento a las disposiciones, normas técnicas y de conservación del medio ambiente bajo la vigilancia y control del INE, MARENA y demás organismos competentes.

Capítulo XV DE LA CONSERVACION DEL MEDIO AMBIENTE, artículo 121 menciona:

Las actividades autorizadas por la presente Ley, deberán realizarse de acuerdo a las normas de protección del medio ambiente y a las prácticas y

²³ Ley de la Industria electrica. disponible en:
<http://www.mem.gob.ni/media/file/ELECTRICIDAD%20Y%20RECURSOS/decreto%20128-99%20reforma%20decreto%2042-98%20reglam%20ley%20ind%20elect.pdf>

técnicas actualizadas e internacionalmente aceptadas en la industria eléctrica. Tales actividades deberán realizarse de manera compatible con la protección de la vida humana, la propiedad, la conservación de los recursos geotérmicos, hídricos y otros recursos, evitando en lo posible, daños a las infraestructuras, sitios arqueológicos históricos y a los ecosistemas del país.

En países como Inglaterra, el soterramiento de redes surgió con el objetivo de establecer responsabilidades ambientales de las empresas eléctricas en los nuevos proyectos que deban desarrollarse para la producción, transporte y distribución de la energía. Se estipularon obligaciones en dos cuerpos legales: Ley de Electricidad de 1989²⁴ y la sección 62, capítulo 7 de la Ley de Medio Ambiente de 1995²⁵

24 Electric Act. 1989. Disponible en: <http://www.legislation.gov.uk/ukpga/1989/29/schedule/9> (Febrero 2012)

25 Disponible en: <http://www.legislation.gov.uk/ukpga/1995/25/contents> (Febrero 2012)

CAPITULO IV:

COMPARACIÓN DE COSTOS DE REDES ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS Y REDES ELÉCTRICAS AÉREAS

En ésta capítulo se efectúa un análisis a una obra determinada comparando los costos que contempla una construcción eléctrica aérea vs subterránea.

Se toma en cuenta las alternativas que arroje una mejor solución aun así estas salgan del presupuesto establecido pero se indicaran los beneficios por el cual es electo el tipo de construcción eléctrica a ejecutar.

De inicio se realizará un análisis desde el punto de vista económico, para luego considerar los rendimientos de construcción de ambas construcciones.

ANALISIS DE COSTOS

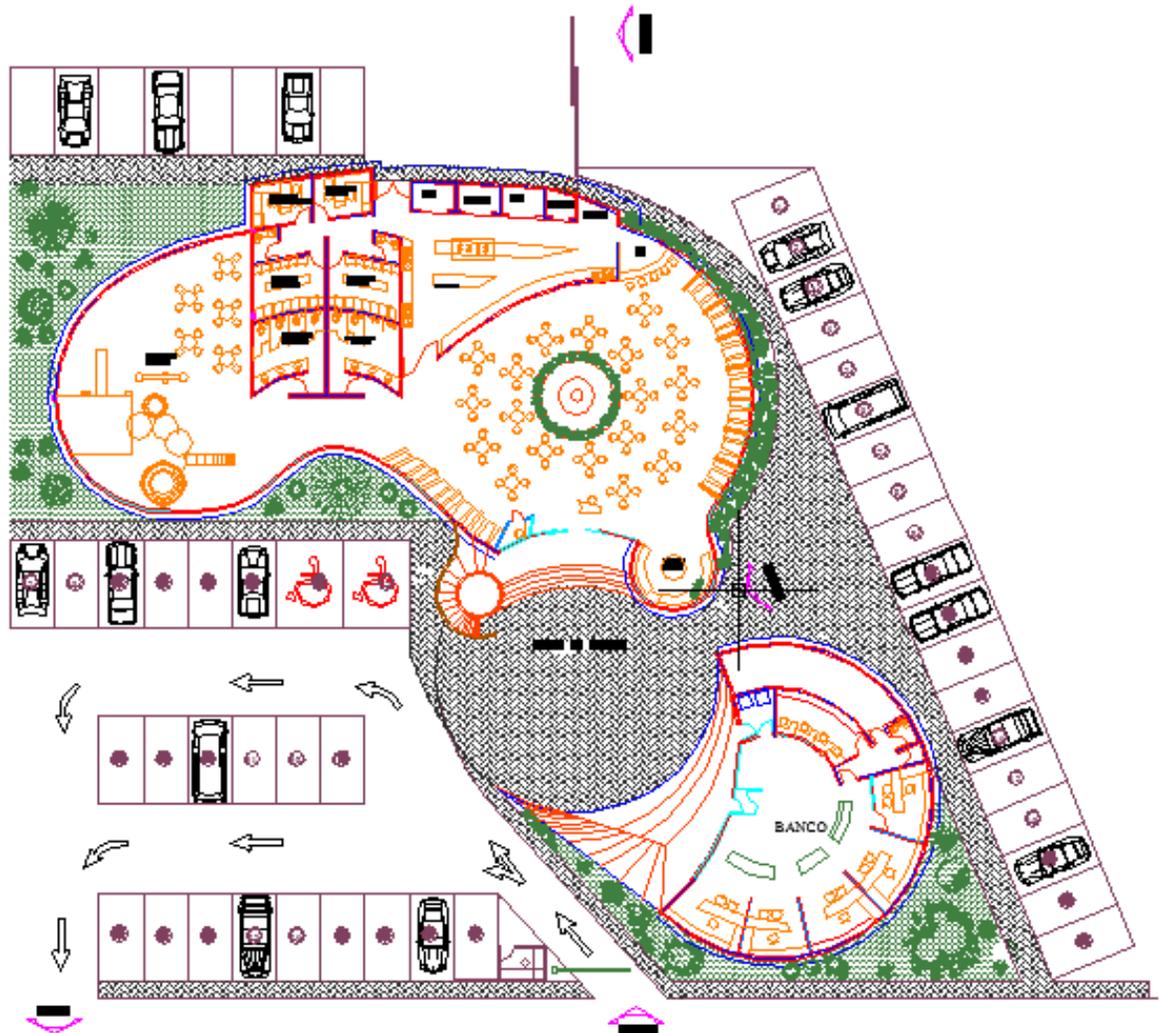
Cabe destacar que, los valores de los presupuestos que se detallaran son sólo referenciales, ya que las empresas no entregan información de los presupuestos oficiales de las respectivas construcciones, por ser éstas consideradas como confidenciales.

EJEMPLO DE COSTO ENTRE RED AEREA Y RED SUBTERRANEA.

A continuación se toma una obra en construcción de una pequeña plaza comercial que contempla dos establecimientos siendo el primero una entidad bancaria y el segundo un restaurante

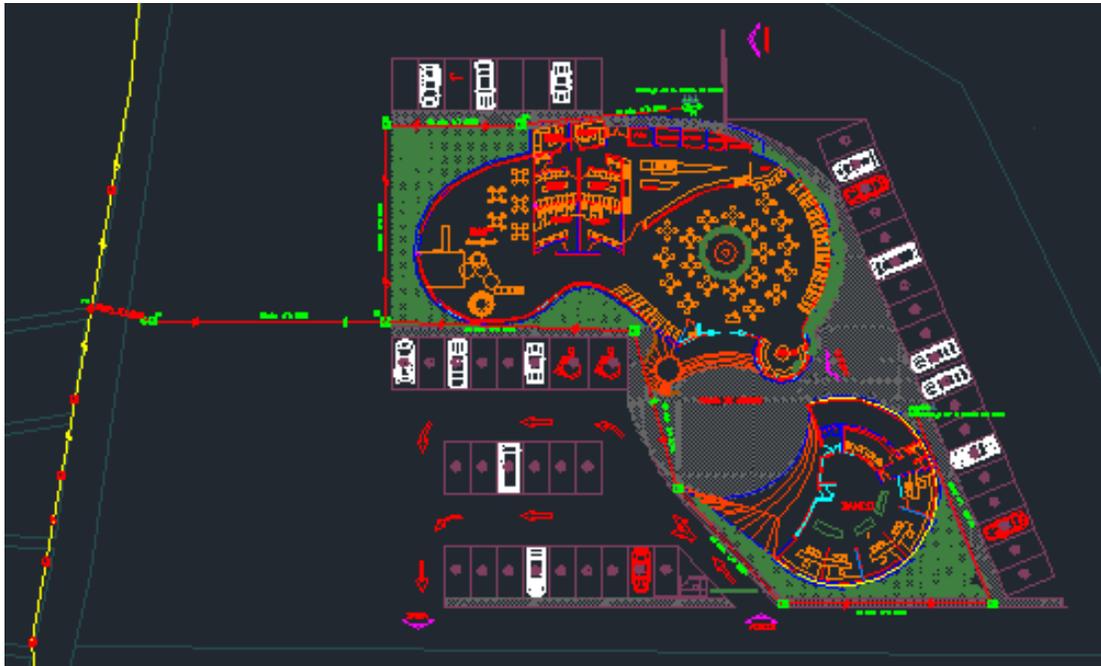
El dueño del inmueble solicita una construcción eléctrica que sostenga la carga eléctrica que utilizaran los establecimientos de sus clientes, para ello facilito el plano de la plaza comercial para realizar la propuesta de diseño.

PLANO PLAZA COMERCIAL BANCO Y RESTAURANTE



Se realizó el replanteo en el sitio donde se construye dicha plaza, enfocándonos en las tradicionales redes aéreas de media tensión, se presentó el siguiente diseño:

PLANO PLAZA COMERCIAL BANCO Y RESTAURANTE CON LA PROPUESTA DE RED ELECTRICA AEREA DE MEDIA TENSION



El diseño aéreo contempla los materiales detallados en tablas

LISTA DE MATERIAL Y SUS COSTOS UNITARIOS Y TOTALES			
Material	Cantidad a instalar	Precio Unitario	Costo Total
POSTE HORMIGON 300 daN 12 m	3	C\$ 6.033,31	C\$ 18.099,94
ML. CABLE DE COBRE DESNUDO #2 AWG	67	C\$ 72,50	C\$ 4.857,50
CRUCETA ANGULAR METÁLICA 2 400 mm	20	C\$ 1.770,88	C\$ 35.417,62
ALARGADERA 10" PARA CADENA DE AISLADORES	4	C\$ 140,96	C\$ 563,84
GRILLETE LARGO RECTO 5/8" 11.300KG	65	C\$ 86,35	C\$ 5.612,75
TORNILLO ACERO GALVANIZADO C.T. 5/8"x12"	14	C\$ 26,02	C\$ 364,28
TORNILLO ACERO GALVANIZADO C.T. 5/8"x14"	6	C\$ 30,63	C\$ 183,78
PERNO CORTO ACERO GALVANIZADO	8	C\$ 34,65	C\$ 277,20
TORNILLO ACERO GALVANIZADO CON OJO C.T. 5/8"x12"	11	C\$ 68,27	C\$ 750,97
TUERCA EXAGONAL ACERO GALVANIZADO 5/8"	16	C\$ 17,33	C\$ 277,28
ARANDELA PLANA REDONDA 5/8"	154	C\$ 22,14	C\$ 3.409,56
ARANDELA DE PRESIÓN 5/8"	38	C\$ 3,14	C\$ 119,32
ARANDELA CURVA CUADRADA 2-1/4X2-1/4X3/16"	32	C\$ 5,90	C\$ 188,80
TORNILLO ACERO GALVANIZADO CON OJO C.T. 5/8"x14"	11	C\$ 62,18	C\$ 683,98
PERNO ROSCA CORRIDA AC. GALV. 5/8" X 12"	26	C\$ 38,56	C\$ 1.002,56
RETENCION PREFORMADA "Z"	8	C\$ 19,85	C\$ 158,80
GRAPA AMARRE ALUMINIO COND. AWG 1/0 (RAVEN)	65	C\$ 231,55	C\$ 15.050,75
CONECTOR CUÑA A PRESIÓN 1/0 - 1/0 AWG	28	C\$ 30,95	C\$ 866,46
CONECTOR CUÑA A PRESIÓN 1/0 - #2 AWG	19	C\$ 59,48	C\$ 1.130,12
GRAPA CONEXIÓN CABLE TIERRA SIN TORNILLO	16	C\$ 11,38	C\$ 182,08
CONECTOR COMPRESION #2-#2 CU	13	C\$ 8,39	C\$ 109,07
AISLADOR PORCELANA TIPO POSTE 13,2 kV (ANSI 57-1)	12	C\$ 165,35	C\$ 1.984,18
VARILLA DE ANCLAJE DE OJO C.T. 3/4"x8'	2	C\$ 81,34	C\$ 162,67
ANCLA DE HORMIGON	2	C\$ 198,82	C\$ 397,64
CONECTOR COMPRESION PICA P.T.	8	C\$ 20,75	C\$ 166,02
PICA DE PUESTA A TIERRA 5/8" X 8'	8	C\$ 121,71	C\$ 973,67
AISLADOR COMPOSITE TIPO SUSPENSION 13,2 KV	54	C\$ 205,63	C\$ 11.104,24
AISLADORES P/RETENIDA ASI 54-2	2	C\$ 7,59	C\$ 15,18
RETENCION PREFORMADA CABLE ACERO 3/8"	8	C\$ 34,13	C\$ 273,07

LISTA DE MATERIAL Y SUS COSTOS UNITARIOS Y TOTALES			
Material	Cantidad a instalar	Precio Unitario	Costo Total
CONECTOR CUÑA A PRESION 1/0 - 1/0 AWG	9	C\$ 30,95	C\$ 278,51
ML. COND. TRENZADO CUADRUPLIX 600V 4/0	8	C\$ 149,44	C\$ 1.195,55
TERMINAL COMPRESIÓN BIMETÁLICO COND.4/0 AWG	20	C\$ 15,69	C\$ 313,78
CRUCETA ACERO GALV. 2-1/2"X2-1/2"X1/4"X6' 7"	6	C\$ 780,01	C\$ 4.680,08
PUNTAL PLETINA 1-1/4" X 1/4" X 28"	12	C\$ 52,22	C\$ 626,69
GRILLETE SHACKLE C/PASADOR 5/8"	12	C\$ 88,19	C\$ 1.058,28
HORQUILLA GUARDACABO PASAD. DE 5/8"	12	C\$ 85,98	C\$ 1.031,76
ESPIGA CRUCETA ACERO 5/8" X7-1/2" ROSCA 1"	6	C\$ 24,93	C\$ 149,57
TUERCA DE OJO ACERO GALVANIZADO 5/8"	12	C\$ 36,16	C\$ 433,92
ARANDELA GALV PRESION 1/2"	2	C\$ 2,03	C\$ 4,06
PERNO GALV. T/MAQUINA 3/8" X 2"	8	C\$ 12,73	C\$ 101,84
PERNO GALV. T/MAQUINA 5/8" X 10"	2	C\$ 23,43	C\$ 46,86
PERNO GALV. TODA ROSCA 5/8" X 12"	6	C\$ 38,75	C\$ 232,50
PERNO GALV. T/MAQUINA 1/2" X 10"	2	C\$ 19,08	C\$ 38,16
ARAND GALV PRESION P/PERNO 3/8"	8	C\$ 2,03	C\$ 16,24
AISLADOR PORCELANA TIPO CARRETE (ANSI 53-2)	4	C\$ 7,68	C\$ 30,70
SOPORTE P/1 AISLADOR T/CARRETE 3" DIAM.	4	C\$ 26,55	C\$ 106,20
CRUCETA ANGULAR METÁLICA 1 400 mm	6	C\$ 1.175,22	C\$ 7.051,33
M3 DE HORMIGON	2,4	C\$ 2.247,26	C\$ 5.393,42
ML. CONDUCTOR ALUMINIO ACERO ACSR 1/0 RAVEN	1783,96	C\$ 11,16	C\$ 19.916,13
POSTE HORMIGON PRET CENTRIF/VIBRADO 300 daN 10,5	7	C\$ 5.149,59	C\$ 36.047,10
ML. CABLE ACERO GALVANIZADO 3/8"	26	C\$ 20,30	C\$ 527,80
ARANDELA DE PRESION 5/8"	2	C\$ 3,14	C\$ 6,28
ARAND GALV CURV P/PERNO 5/8". 4"X4"X1/4"	2	C\$ 35,61	C\$ 71,22
PERNO GUARDACABO C/OJO ANG. 5/8"X10"	2	C\$ 47,25	C\$ 94,50
CUBIERTA PLASTICA P/RETENIDA	2	C\$ 77,68	C\$ 155,36
CONDUCTOR COBRE DESNUDO 7 HILOS NO 2 AWG	20	C\$ 72,50	C\$ 1.450,00
MENS T/ABRAZ TRIFAS 3TRANSF 15 A30KVA	2	C\$ 1.937,50	C\$ 3.875,00
SOPORTE DOBLE UNIDAD PARARRAYO-SECCIONADOR.	6	C\$ 316,38	C\$ 1.898,27
ARANDELA DE PRESIÓN 5/8"	8	C\$ 3,14	C\$ 25,12
ARANDELA CURVA CUADRADA 2-1/4X2-1/4X3/16"	6	C\$ 5,90	C\$ 35,40
ARANDELA GALV PRESION 1/2"	8	C\$ 2,03	C\$ 16,24
PERNO GALV. T/MAQUINA 3/8" X 2"	4	C\$ 12,73	C\$ 50,92

LISTA DE MATERIAL Y SUS COSTOS UNITARIOS Y TOTALES			
Material	Cantidad a instalar	Precio Unitario	Costo Total
ARANDELA GALV CUAD 2" X2" P/PERNO 1/2"	2	C\$ 4,80	C\$ 9,60
PERNO GALV. T/MAQUINA 5/8" X 12"	8	C\$ 25,65	C\$ 205,20
PERNO GALV. T/MAQUINA 1/2" X 10"	2	C\$ 19,08	C\$ 38,16
ARAND GALV PRESION P/PERNO 3/8"	4	C\$ 2,03	C\$ 8,12
CONECTOR L.V. 3/0 ACSR DERIV 6 ACSR	6	C\$ 102,88	C\$ 617,29
CONEC COMP C 2 SOL-2 STR A 2 CU	6	C\$ 3,52	C\$ 21,14
CONEC COMP C C/SEP AL 1/0-2/0 A 2-1/0 CU	2	C\$ 24,06	C\$ 48,12
ESTRIBO P/CONEC L.V. 266-336.4 MCM ACSR	6	C\$ 24,51	C\$ 147,05
TRANSF CONV 25 KVA 14.4/24.9 KV 120/240 V	6	C\$ 17.598,88	C\$ 105.593,26
PARARRAYOS AUTOVÁLVULA 24,9 kV 15 kA	6	C\$ 563,86	C\$ 3.383,16
CORTACIRCUITO FUSIBLE 100 AMP 27 KV	6	C\$ 1.058,75	C\$ 6.352,52
SOPORTE HORQUILLA PARA AISLADOR TIPO CARRETE	2	C\$ 87,82	C\$ 175,64
PERNO CORTO ACERO GALBANIZADO 3/4-3/4 x3	12	C\$ 34,65	C\$ 415,80
AISLADOR PORCELANA TIPO CARRETE (ANSI C29.3)	2	C\$ 7,68	C\$ 15,35
RETENCION PREFORMADO OMEGA DOBLE	2	C\$ 9,66	C\$ 19,32
RETENCION PREFORMADO OMEGA 1 AISLADOR	6	C\$ 77,44	C\$ 464,64

El costo de la obra incluido el IVA y mano de obra es de C\$ 568,295.90 del cual C\$ 213,110.99 corresponde a mano de obra, el total en dólares neto es de \$ 19,940.21.

Esto fue aprobado por el dueño de la plaza pero no así por los clientes del mismo, alegando que esto afectaba sus diseños arquitectónicos de manera que no sería apreciada la fachada exterior de los establecimientos.

El dueño de la plaza procede a solicitar un diseño en el cual no sean visibles las líneas de media tensión explicándonos la inquietud de sus clientes.

Se procedió a realizar un diseño subterráneo que cumpliera las mismas características eléctricas del aéreo y así mismo con la estética solicitada por el cliente. Se presenta el siguiente diseño:

PLANO PLAZA COMERCIAL BANCO Y RESTAURANTE CON LA PROPUESTA DE RED ELECTRICA SUBTERRANEA DE MEDIA TENSION



El diseño Subterráneo contemplo los materiales de tallados en tablas:

COSTO DE MATERIALES Y MANO DE OBRA CON RED SUBTERRANEA			
Material	Cantidad a instalar	Precio Unitario	Costo Total
MTS CABLE 1/0 COBRE XLPE	264	C\$ 336,30	C\$ 88.783,20
CURVA 4 X 90 PVC RADIO LARGO	2	C\$ 478,52	C\$ 957,03
CRUCETA 2400 MM	2	C\$ 2.137,50	C\$ 4.275,00
CORTA FUSIBLE	6	C\$ 2.479,50	C\$ 14.877,00
PARARRAYO	6	C\$ 1.553,25	C\$ 9.319,50
MENSULA PARA CORTA CIRCUITO Y PARARRAYO	6	C\$ 327,75	C\$ 1.966,50
FUSIBLE 10	6	C\$ 242,25	C\$ 1.453,50
CONECTOR CUÑA 1/0-1/0	9	C\$ 179,55	C\$ 1.615,95
CONECTOR CUÑA 1/0-#2	6	C\$ 171,00	C\$ 1.026,00
CONECTOR MECANICO PARA TRAFIO	2	C\$ 78,38	C\$ 156,75
CONECTOR PARA PICA P T	4	C\$ 27,93	C\$ 111,72
PICA PUESTA A TIERRA 5/8	4	C\$ 168,44	C\$ 673,74

COSTO DE MATERIALES Y MANO DE OBRA CON RED SUBTERRANEA			
Material	Cantidad a instalar	Precio Unitario	Costo Total
CONECTOR TIPO C	8	C\$ 46,46	C\$ 371,64
CONDUCTOR COBRE #2	25	C\$ 83,51	C\$ 2.087,63
CONDUCTOR COBRE 1/0	6	C\$ 110,01	C\$ 660,06
CINTA SEÑALIZACION "ALTO VOLTAJE"	1	C\$ 299,25	C\$ 299,25
TEIPE ELECTRICO 3M SCOTT	4	C\$ 91,49	C\$ 365,94
TEIPE ELECTRICO VULCANIZABLE 3M	2	C\$ 318,35	C\$ 636,69
GRAPA SIN TORNILLO A TIERRA	6	C\$ 77,24	C\$ 463,41
CONECTOR BIMETALICO #2	12	C\$ 42,75	C\$ 513,00
CONECTOR BIMEALICO 1/0	12	C\$ 47,03	C\$ 564,30
SUJETADORES PARA CABLE PRIMARIO 1/0	6	C\$ 688,28	C\$ 4.129,65
JUEGO DE TERMINAL EXTERIOR 25 KV	2	C\$ 5.001,75	C\$ 10.003,50
CODOS ELBOW	6	C\$ 3.011,88	C\$ 18.071,28
RESINA 3M	2	C\$ 1.995,00	C\$ 3.990,00
CINTA BANDIT	1	C\$ 883,50	C\$ 883,50
PEGA PVC 1/8	1	C\$ 285,00	C\$ 285,00
ADAPTADOR MACHO 4´	8	C\$ 153,90	C\$ 1.231,20
TUBO IMC 4´	4	C\$ 3.494,96	C\$ 13.979,82
TUBO PVC CED 40	35	C\$ 1.168,50	C\$ 40.897,50
TRANSFORMADOR PAD MOUNTED 75 KVA	2	C\$ 128.250,00	C\$ 256.500,00
CRUCETA ANGULAR METÁLICA 2400 MM	2	C\$ 2.137,50	C\$ 4.275,00
GRILLETE SHACKLE C/PASADOR 5/8"	6	C\$ 529,14	C\$ 3.174,84
HORQUILLA GUARDACABO PASAD. DE 5/8"	6	C\$ 515,88	C\$ 3.095,28
SOPORTE VERTICAL CHAPA PARA AISLADOR T/P	1	C\$ 481,00	C\$ 481,00
TUERCA DE OJO ACERO GALVANIZADO 5/8"	6	C\$ 216,96	C\$ 1.301,76
ARANDELA DE PRESIÓN 5/8"	11	C\$ 34,54	C\$ 379,94
ARANDELA CURVA CUADRADA 2-1/4X2-1/4X3/16"	1	C\$ 5,90	C\$ 5,90
ARANDELA GALV PRESION 1/2"	1	C\$ 2,03	C\$ 2,03
PERNO GALV. T/MAQUINA 3/8" X 2"	4	C\$ 50,92	C\$ 203,68
PERNO GALV. T/MAQUINA 5/8" X 10"	1	C\$ 23,43	C\$ 23,43
PERNO GALV. TODA ROSCA 5/8" X 12"	3	C\$ 116,25	C\$ 348,75
PERNO GALV. T/MAQUINA 1/2" X 10"	1	C\$ 19,08	C\$ 19,08
ARAND GALV PRESION P/PERNO 3/8"	4	C\$ 8,12	C\$ 32,48
AISLADOR PORCE TIPO CARRETE (ANSI 53-2)	2	C\$ 15,35	C\$ 30,70
SOPORTE P/1 AISLADOR T/CARRETE 3" DIAM.	2	C\$ 53,10	C\$ 106,20
ML. CABLE DE COBRE DESNUDO #2 AWG	6	C\$ 217,50	C\$ 1.305,00
CRUCETA ANGULAR METÁLICA 2400 MM	4	C\$ 2.137,50	C\$ 8.550,00
GRILLETE LARGO RECTO 5/8" 11.300KG	2	C\$ 86,35	C\$ 172,70
TORNILLO ACERO GALVANIZADO C.T. 5/8"x12"	4	C\$ 52,04	C\$ 208,16
TORNILLO ACERO GALVANIZADO CON OJO C.T. 5/8"x12"	2	C\$ 68,27	C\$ 136,54
TUERCA EXAGONAL ACERO GALVANIZADO 5/8"	4	C\$ 34,66	C\$ 138,64
ARANDELA PLANA REDONDA 5/8"	24	C\$ 265,68	C\$ 6.376,32
ARANDELA DE PRESIÓN 5/8"	4	C\$ 6,28	C\$ 25,12

COSTO DE MATERIALES Y MANO DE OBRA CON RED SUBTERRANEA			
Material	Cantidad a instalar	Precio Unitario	Costo Total
ARANDELA CURVA CUADRADA 2-1/4X2-1/4X3/16"	1	C\$ 5,90	C\$ 5,90
ARANDELA GALV PRESION 1/2"	1	C\$ 2,03	C\$ 2,03
PERNO GALV. T/MAQUINA 3/8" X 2"	4	C\$ 50,92	C\$ 203,68
PERNO GALV. T/MAQUINA 5/8" X 10"	1	C\$ 23,43	C\$ 23,43
PERNO GALV. TODA ROSCA 5/8" X 12"	3	C\$ 116,25	C\$ 348,75
PERNO GALV. T/MAQUINA 1/2" X 10"	1	C\$ 19,08	C\$ 19,08
ARAND GALV PRESION P/PERNO 3/8"	4	C\$ 8,12	C\$ 32,48
AISLADOR PORCELANA TIPO CARRETE (ANSI 53-2)	2	C\$ 15,35	C\$ 30,70
SOPORTE P/1 AISLADOR T/CARRETE 3" DIAM.	2	C\$ 53,10	C\$ 106,20
ML. CABLE DE COBRE DESNUDO #2 AWG	6	C\$ 217,50	C\$ 1.305,00
CRUCETA ANGULAR METÁLICA 2400 MM	4	C\$ 2.137,50	C\$ 8.550,00
GRILLETE LARGO RECTO 5/8" 11.300KG	2	C\$ 86,35	C\$ 172,70
TORNILLO ACERO GALVANIZADO C.T. 5/8"x12"	4	C\$ 52,04	C\$ 208,16
TORNILLO ACERO GALVANIZADO CON OJO C.T. 5/8"x12"	2	C\$ 68,27	C\$ 136,54
TUERCA EXAGONAL ACERO GALVANIZADO 5/8"	4	C\$ 34,66	C\$ 138,64
ARANDELA PLANA REDONDA 5/8"	24	C\$ 265,68	C\$ 6.376,32
ARANDELA DE PRESIÓN 5/8"	4	C\$ 6,28	C\$ 25,12
ARANDELA CURVA CUADRADA 2-1/4X2-1/4X3/16"	8	C\$ 23,60	C\$ 188,80
TORNILLO ACERO GALVANIZADO CON OJO C.T. 5/8"x14"	2	C\$ 62,18	C\$ 124,36
PERNO ROSCA CORRIDA AC. GALV. 5/8" X 12"	4	C\$ 77,12	C\$ 308,48
GRAPA AMARRE ALUMINIO COND. AWG 1/0 (RAVEN)	2	C\$ 231,55	C\$ 463,10
CONECTOR CUÑA A PRESIÓN 1/0 - #2 AWG	2	C\$ 59,48	C\$ 118,96
GRAPA CONEXIÓN CABLE TIERRA SIN TORNILLO	4	C\$ 22,76	C\$ 91,04
CONECTOR COMPRESION #2-#2 CU	2	C\$ 8,39	C\$ 16,78
ML. CONDUCTOR ALUMINIO ACERO ACSR 1/0 RAVEN	320	C\$ 45,99	C\$ 14.716,80
AISLADOR PORCELANA TIPO POSTE 13,2 kV (ANSI 57-1)	1	C\$ 165,34	C\$ 165,34
GRILLETE LARGO RECTO 5/8" 11.300KG	12	C\$ 86,35	C\$ 1.036,20
AISLADOR COMPOSITE TIPO SUSPENSION 13,2 KV	12	C\$ 205,63	C\$ 2.467,61
GRAPA AMARRE ALUMINIO COND. AWG 1/0 (RAVEN)	12	C\$ 231,55	C\$ 2.778,60
POSTE HORMIGON PRET CENTRIF/VIBRADO 500 daN 12 m	2	C\$ 8.445,00	C\$ 16.890,00
AISLADORES P/RETENIDA ASI 54-2	1	C\$ 7,59	C\$ 7,59
RETENCION PREFORMADA CABLE ACERO 3/8"	2	C\$ 68,27	C\$ 136,54
ML. CABLE ACERO GALVANIZADO 3/8"	13	C\$ 263,90	C\$ 3.430,70
ARANDELA DE PRESION 5/8"	1	C\$ 3,14	C\$ 3,14
ARAND GALV CURV P/PERNO 5/8". 4"X4"X1/4"	1	C\$ 35,61	C\$ 35,61
PERNO GUARDACABO C/OJO ANG. 5/8"X10"	1	C\$ 47,25	C\$ 47,25
RETENCION PREFORMADA CABLE ACERO 3/8"	2	C\$ 68,27	C\$ 136,54
CUBIERTA PLASTICA P/RETENIDA	1	C\$ 77,68	C\$ 77,68
VARILLA DE ANCLAJE DE OJO C.T. 3/4"x8'	1	C\$ 81,34	C\$ 81,34
ANCLA DE HORMIGON	1	C\$ 198,82	C\$ 198,82

El costo de la obra eléctrica-subterránea incluida el IVA y mano de obra es de C\$ 1212,812.81 del cual C\$ 574,490.28 corresponde a mano de obra, el total en dólares neto es de \$ 42,554.84.

Para la construcción de la red subterránea se necesita elaborar una construcción civil que contempla: canaletas y arquetas o cajas de derivación donde estarán canalizados los conductores.

Para esta construcción se realiza el presupuesto, según el diseño del recorrido de la red se utilizaran los siguientes materiales:

COSTO DE MATERIALES PARA CONSTRUCCION Y MANO DE OBRA DE ARQUETAS			
Material	Cantidad a instalar	Precio Unitario	Costo Total
BLOQUE HUECO	490	C\$ 16,00	C\$ 7.840,00
BOLSA DE CEMENTO	21	C\$ 265,00	C\$ 5.565,00
ARENA	3 1/2	C\$ 350,00	C\$ 1.225,00
PIEDRIN	3 1/2	C\$ 850,00	C\$ 2.975,00
HIERRO DE 1/2	3 1/2	C\$ 1.250,00	C\$ 4.375,00
ALAMBRE DE AMARRE	7	C\$ 20,00	C\$ 140,00
CLAVOS DE 3"	7	C\$ 20,00	C\$ 140,00
TABLA 1"X12"X6 VARAS	2	C\$ 450,00	C\$ 900,00
MANO DE OBRA	1	C\$ 3.000,00	C\$ 3.000,00

COSTO DE MANO DE OBRA DE CANALIZACION			
Material	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total
MANO DE OBRA APERTURA, ATERRADO Y PROCTOR	250	C\$ 80,00	C\$ 20.000,00

El costo de la obra Civil incluida el IVA y mano de obra es de C\$ 53,084,00 el total en dólares neto es de \$ 1,863.

El costo totalizado de la obra eléctrica-subterránea y obra civil es de C\$1265,896,8 siendo el total en dólares de \$ 44,417,43.

Analizando ambos costos LAMT y LSMT existe una diferencia de \$ 24,477.22, como se explicaba en las desventajas las redes subterráneas sus costos son elevados, motivos por los cuales pocos obras son ejecutadas con este modelo de construcción, aun así sus ventajas son satisfactorias respecto a las LAMT. Ver capítulo III pág. 62

CAPITULO V:

GUIA DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE REDES ELECTRICAS SUBTERRANEAS DE MEDIA TENSION

PASO 1. CARACTERIZACION DE LA ZONA DE TRABAJO

Primeramente antes de diseñar cualquier sistema eléctrico como paso inicial se debe realizar una visita al terreno donde se ejecutara la obra, esto para evaluar las condiciones en campo y de acuerdo a lo visualizado se realizara el diseño que cumpla las condiciones y requerimientos establecidos.

No está de más solicitar a las autoridades públicas planos de los diferentes servicios que se consideren puedan existir en zona donde se ejecutara la obra.

Dentro de estas condiciones se debe evaluar el físico del terreno (plano o irregular), características de la tierra con el fin de definir el tipo de material civil que se debe utilizar para la obra, identificar presencia de acueductos, sistemas eléctricos, comunicación y tuberías de gas subterráneo existente en el terreno.

Aunque la mayoría de obras subterráneas del país son privadas se deberá solicitar documento de servidumbre de paso, esto en el caso que la red recorra una propiedad ajena al dueño de la obra. En el documento se debe expresar el permiso de realizar mantenimiento preventivo y correctivo en caso de ser necesario.

PASO 2. DOCUMENTACION DE LA OBRA²⁶

Toda obra subterránea o aérea debe ser presentada a la distribuidora correspondiente, para que esta valore los alcances de la obra, cálculos y

²⁶ Tomado del documento Normas técnicas para redes eléctricas subterráneas.-Gas Natural Fenosa. 2011. Pag. 40

materiales a instalar, mismos que se comparan con características de homologación normadas.

La documentación deberá contener en la memoria de cálculo información sobre caída de tensión, selección del conductor, demanda del cliente, planos, selección de transformador y protecciones. Se debe presentar la lista de materiales eléctricos junto con la información técnica brindada por el proveedor.

En los casos en los que sea necesario se incluirá una relación de cruzamientos, paralelismos y demás situaciones con los datos necesarios para su localización e identificación del propietario, entidad u organismo afectado.

PASO 2.1 PLANOS²⁷

PASO 2.1.1 PLANO DE SITUACION Y EMPLAZAMIENTO

El plano de situación representará el trazado de la línea en un plano a escala 1:50 000 ó 1:10 000, en donde sea perfectamente identificable el emplazamiento de la línea. El trazado de las líneas se representará en un plano a escala de 1:2 000 ó 1:500 según las necesidades.

En casos se podrán utilizar otras escalas similares a las indicadas, que muestren con el detalle necesario las instalaciones, en función de la cartografía disponible en el país.

²⁷ Tomado del documento Normas técnicas para redes eléctricas subterráneas.-Gas Natural Fenosa. 2011. Pag. 41

PASO 2.1.2 OTROS PLANOS

Cuando sea preceptivo se incluirán planos de los elementos constructivos que sean necesarios (canalizaciones, arquetas, puesta a tierra, etc.) Además, siempre que se empleen aplicaciones especiales que no estén reflejadas en este documento y sea necesaria su definición, se incluirán los correspondientes planos descriptivos.

Se presentaran 2 tipos de planos y 3 copias de cada uno:

1. Plano Eléctrico
2. Plano Civil

PASO 2.1.2.1 PLANO ELECTRICO

En el mismo se reflejara el recorrido del circuito eléctrico a ejecutar de manera unifilar con simbologías eléctricas, Se indicara la ubicación de seccionamiento, protecciones y centro de transformación.

PASO 2.1.2.2 PLANO CIVIL

Para cada tipo de instalación subterránea se deberá presentar un plano civil diferente con vista aérea y vista de perfil donde se mostraran las dimensiones correspondientes.

PASO 3. OBRA CIVIL

PASO 3.1 CANALIZACION²⁸

Se inicia el proceso de excavación dentro del área del proyecto, tomando en cuenta las dimensiones estipuladas por el tipo de canalización a utilizar en la obra.

PASO 3.2 ARQUETAS O CAJA DE REGISTRO²⁹

Se construirán arquetas (caja de registro) en el paso aéreo subterráneo, ángulos pronunciados, derivadas, centro de transformación en el recorrido de la obra (en caso que exista), seccionamiento y al final de la construcción donde se instalara el banco de transformación. Ver capítulo I.

En caso que se construya arquetas en sitios que no cumplan los requerimientos anteriores deberá ser justificado. Esto depende si la construcción es urbana o rural.

PASO 3.3 CIERRE DE ZANJAS³⁰

Una vez realizado los trabajos de canalización, el cierre de las zanjas deberá hacerse por capas sucesivas de 10 cm de espesor, las cuales serán apisonadas y regadas si fuese necesario con el fin de conseguir un próctor de 95%.

²⁸ Tomado del documento Normas técnicas para redes eléctricas subterráneas.-Gas Natural Fenosa. 2011. Pag. 145

²⁹ Tomado del documento Normas técnicas para redes eléctricas subterráneas.-Gas Natural Fenosa. 2011. Pag. 147

³⁰ Tomado del documento Normas técnicas para redes eléctricas subterráneas.-Gas Natural Fenosa. 2011. Pag. 157

El Contratista será responsable de los hundimientos que se produzcan por la deficiente realización de esta operación y, por lo tanto, serán de su cuenta las posteriores reparaciones que tengan que ejecutarse.

PASO 3.4 REPOSICIÓN DE PAVIMENTO³¹

Los pavimentos serán repuestos de acuerdo con las normas y disposiciones dictadas por el propietario de los mismos. Deberá lograrse una homogeneidad de forma que quede el pavimento nuevo lo más igualado posible al antiguo, haciendo su reconstrucción por piezas nuevas. En general se utilizarán materiales nuevos salvo las losas de piedra, adoquines, bordillos de granito y otros similares.

PASO 4. SISTEMA ELECTRICO

PASO 4.1 TENDIDO DE CONDUCTOR³²

En este paso se colocará el carrete del conductor en el lugar elegido, de forma que la salida del conductor se efectúe por su parte superior y emplazada, de tal forma que el conductor no quede forzado al tomar la alimentación del tendido. Para el tendido del conductor el carrete estará siempre elevado.

Cuando los conductores se tiendan a mano los operarios estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja.

³¹ Tomado del documento Normas técnicas para redes eléctricas subterráneas.-Gas Natural Fenosa. 2011. Pag. 158

³² Tomado del documento, Pliego de Condiciones Técnicas de Montaje - versión 5 – EPSA. Pag.19

PASO 4.2 PROTECCIÓN MECÁNICA³³

Cuando los conductores no están entubados están expuestos a daños por material extraño al momento del cierre de zanjas. Para ello se colocará un tritubo en polietileno de alta densidad tipo III clase B a lo largo de la longitud de la canalización.

PASO 4.3 SEÑALIZACIÓN³⁴

Todo conductor o conjunto de conductores debe estar señalado por una cinta de señalización colocada como máximo a 0,30 m por debajo del nivel del suelo.

Cuando los conductores o conjuntos de conductores de categorías de tensión diferentes estén superpuestos, debe colocarse dicha cinta encima de cada uno de ellos. Estas cintas estarán de acuerdo con la especificación correspondiente.

PASO 4.4 PUESTA A TIERRA³⁵

Para la baja tensión el conductor neutro se conectará a tierra en el Centro de Transformación, así como en otros puntos de la red, de un modo eficaz.

Las pantallas de los conductores deben ser puestas a tierra en los extremos de cada conductor y en los empalmes, con objeto de disminuir la resistencia global a tierra. Cuando las tomas de tierra de pararrayos de edificios se

³³ Tomado del documento Normas técnicas para redes eléctricas subterráneas.-Gas Natural Fenosa. 2011. Pag. 157

³⁴ Tomado del documento Normas técnicas para redes eléctricas subterráneas.-Gas Natural Fenosa. 2011. Pag. 157

³⁵ Tomado del documento Normas técnicas para redes eléctricas subterráneas.-Gas Natural Fenosa. 2011. Pag. 158

encuentren bajo la acera, próximas a conductores eléctricos en que las envueltas no están conectadas en el interior de los edificios con la bajada del pararrayos conviene tomar alguna de las precauciones siguientes:

1. Interconexión entre la bajada del pararrayos y las envueltas metálicas de los conductores.
2. Distancia mínima de 0,50 m entre el conductor de toma de tierra del pararrayos y los conductores o bien interposición entre ellos de elementos aislantes.

Con motivo de un defecto a masa lejano y con objeto de evitar la transmisión de tensiones peligrosas en el tendido de conductor por galería, las pantallas metálicas de los conductores se pondrán a tierra al realizar cada una de las cajas de empalme y en las cajas terminales

PASO 4.4.1 MATERIALES³⁶

Se debe instalar los materiales declarados en la documentación de la obra.

No se podrán emplear materiales que no hayan sido homologados por la oficina técnica de la distribuidora. Se realizaran cuantos ensayos y análisis indique el supervisor de obra, aunque no estén indicados en este pliego de condiciones. Los conductores instalados serán los que se figuran en el proyecto y deberán estar de acuerdo con la especificación correspondiente.

³⁶ Tomado del documento Normas técnicas para redes eléctricas subterráneas.-Gas Natural Fenosa. 2011. Pag. 159

PASO 5. TERMINALES Y EMPALMES³⁷

Los terminales y empalmes a utilizar deberán cumplir los requisitos de materiales homologados por la distribuidora.

PASO 6. PROTECCIONES³⁸

Las protecciones deberán ser instaladas en el paso aéreo subterráneo. Se respetara la capacidad indicada en los cálculos de protecciones.

PASO 7. SECCIONAMIENTO³⁹

Existen dos maneras de instalar seccionamiento en las derivadas:

1. En las aéreas deberán instalarse en poste de concreto de 12m con una estructura de acuerdo a la cantidad de conductores (trifásica, bifásica y monofásica).
2. Protecciones PAD MOUNTED.

³⁷ Tomado del documento Normas técnicas para redes eléctricas subterráneas.-Gas Natural Fenosa. 2011. Pag. 37

³⁸ Tomado del documento Normas técnicas para redes eléctricas subterráneas.-Gas Natural Fenosa. 2011. Pag. 37

³⁹ Tomado de http://grupoteimexico.com.mx/seccionadores_con_transferencia_automatica.php

PASO 8. PRUEBAS REALIZADAS AL CONDUCTOR⁴⁰

Se debe realizar pruebas de aislamiento y estado de la chaqueta del conductor antes y después de instalado, ver capítulo II.

Esta acción se realiza en presencia del supervisor que adjudica la distribuidora para dicha obra.

PASO 9. RECEPCION DE LA OBRA

En este paso el supervisor de la empresa constructora realiza la entrega de la obra a la distribuidora de energía.

En el recorrido el supervisor de la distribuidora toma en cuenta los criterios de recepción, verificando el acta de replanteo inicial con lo entregado en campo.

Al momento de la recepción la empresa constructora debe entregar los planos finales con todas las modificaciones o cambios que se hayan realizados durante el proceso de ejecución.

⁴⁰ Herbert Lann. (2011). Sistemas Inteligentes para la localización de averías de Cables.

Recuperado el 09/10/2015 de <http://www.sebakmt.com/fileadmin/files/broschueren/Bro-Kabelfehlerortung-es.pdf>.

CONCLUSIONES

Durante el trabajo de investigación realizado, se determinó el proceso que conlleva la construcción de un diseño de red subterránea MT documentación, materiales, equipos, normas y costos. Se logró descomponer los objetivos generales y específicos para con el tema resultando una guía que respeta los parámetros antes mencionados.

Al estudiar los equipos para realizar ensayos de pruebas y detección de fallas de los conductores, se obtuvo una mejor percepción de los diferentes tipos de fallas que pueden presentar las obras subterráneas y como detectarlos con el equipo adecuado tomando en cuenta la característica que presente la falla.

Las ventajas y desventajas de las LSMT, fueron de importancia al momento de valorar un diseño, ya que no solo debemos inclinarlos al costo que pueda presentar este tipo de construcciones si no al beneficio futuro que me ofrecen las ventajas respecto a las redes aéreas.

Se ejemplifico una obra que contemplo ambos modelos de construcción (LAMT y LSMT) donde se trató de hacer más notoria las diferencias entre sus costos tanto de mano de obra como de materiales.

Toda esta información reunida se espera sea un aporte para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

GLOSARIO

ASTM: American Society for Testing and Materials

IEEE: Institute of Electric and Electronics Engineers

ANSI: American National Standart Institute.

A.T: Alta Tensión

B.T: Baja Tensión

MT: Media Tensión

MEGGER: Megóhmetro.

AIEE: American Institute of Electric Engineers

ISO: Organization for Standards

VLF: Very Low Frequency

TDR: Detector de fallas con radar

NEC: National Electrical Code

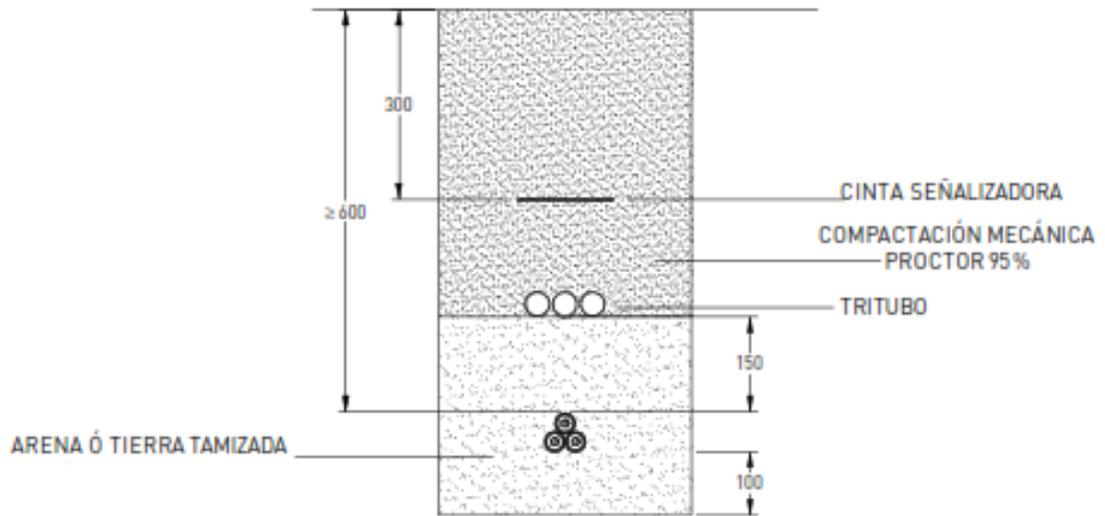
NESC: National Electrical Safety Code

LAMT: Líneas Aéreas de Media Tensión.

LSMT: Líneas Subterráneas de Media Tensión.

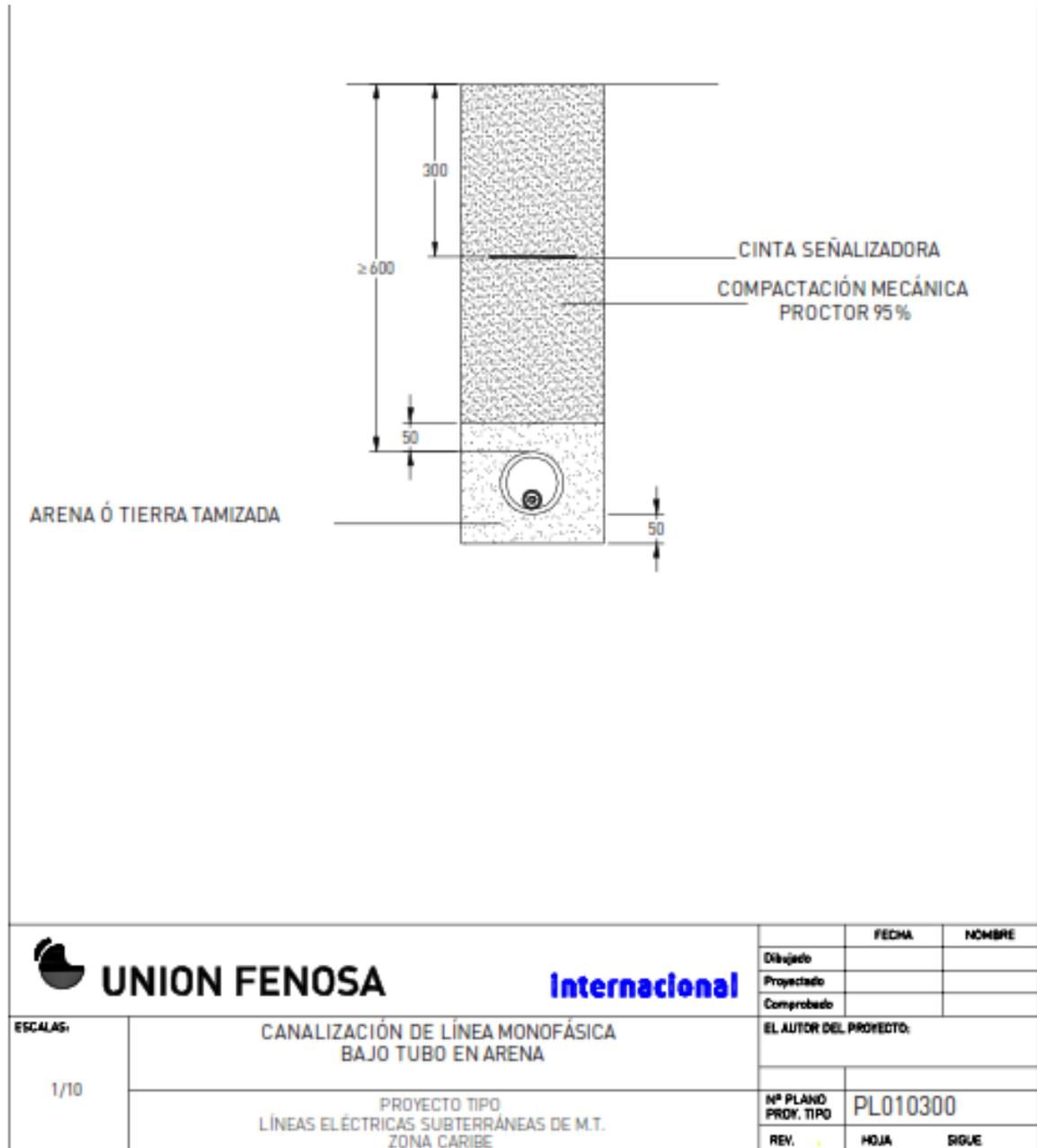
ANEXOS

CANALIZACION DE LINEA TRIFASICA DIRECTAMENTE ENTERRADA

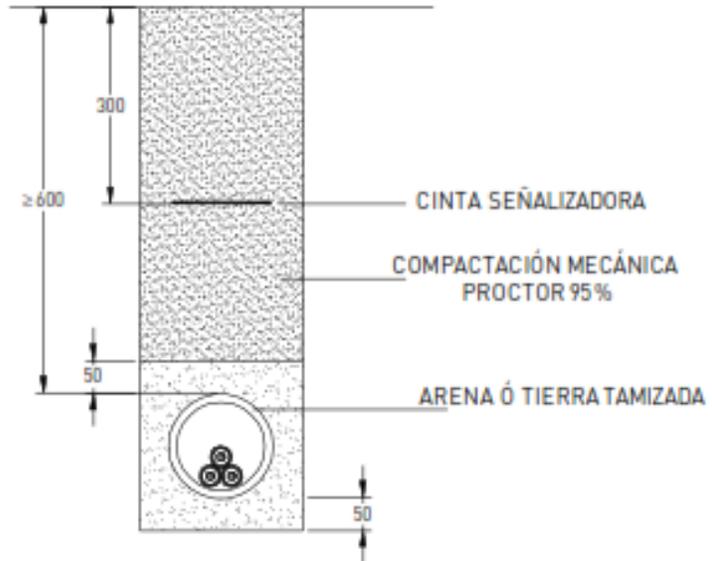


 UNION FENOSA	Internacional	FECHA	NOMBRE
		Dibujado	
		Proyectado	
		Comprobado	
ESCALAS:	CANALIZACIÓN DE LÍNEA TRIFÁSICA DIRECTAMENTE ENTERRADA	EL AUTOR DEL PROYECTO:	
1/10		Nº PLANO PROY. TIPO	PL010200
	PROYECTO TIPO LÍNEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS DE M.T. ZONA CARIBE	REV.	HOJA RIGUE

CANALIZACION DE LINEA MONOFASICA BAJO TUBO EN ARENA

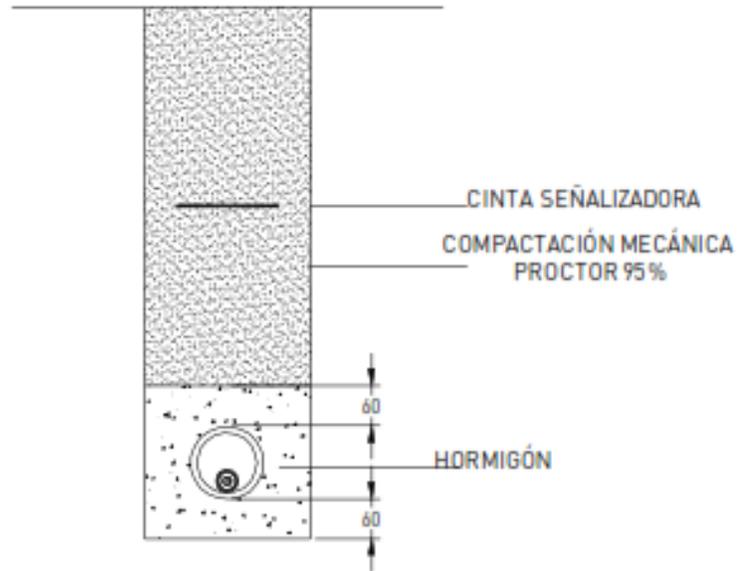


CANALIZACION DE LINEA TRIFASICA BAJO TUBO EN ARENA



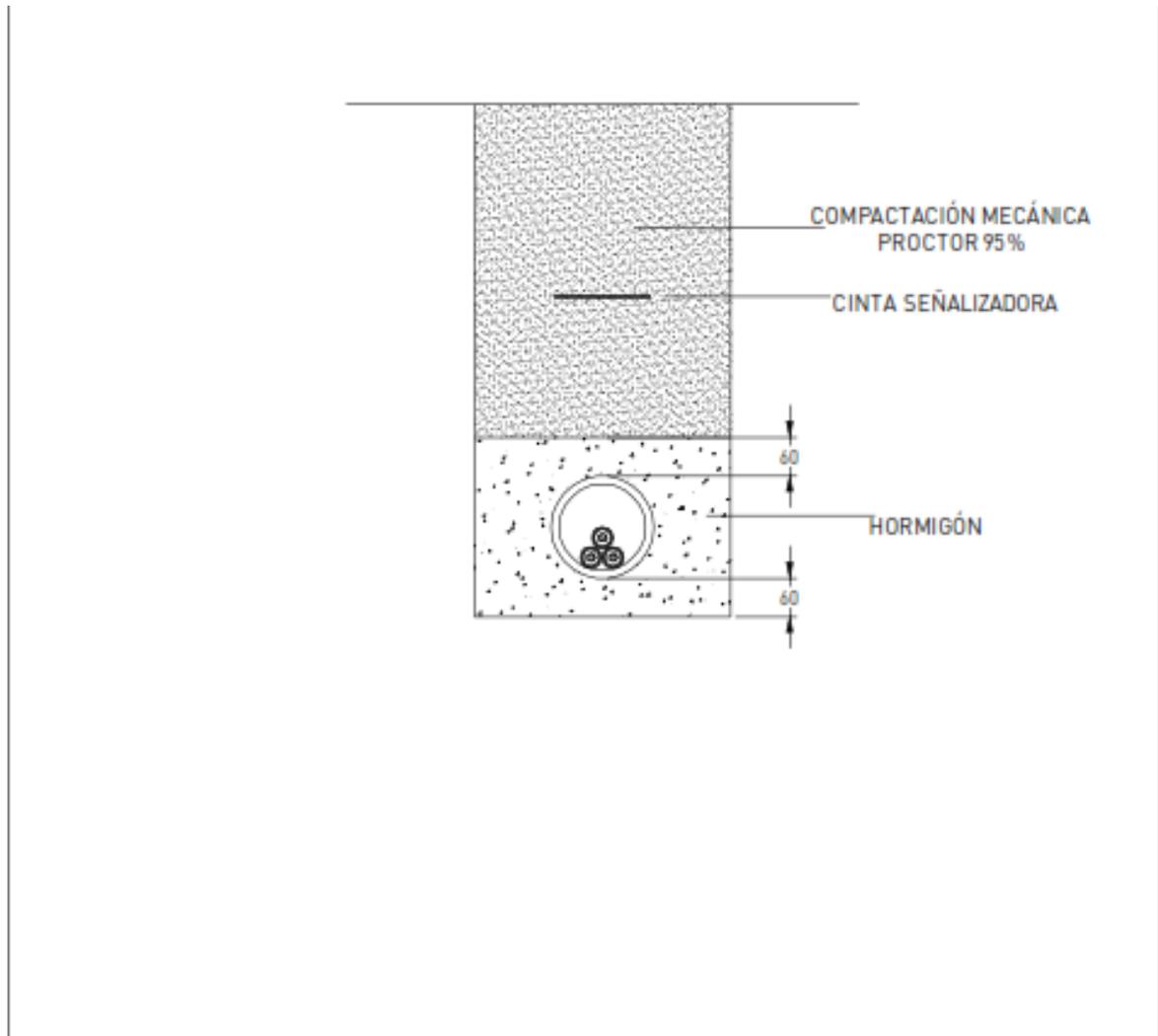
 UNION FENOSA	Internacional	FECHA	NOMBRE	
		Dibujado		
		Proyectado		
ESCALAS:	CANALIZACIÓN DE LÍNEA TRIFÁSICA BAJO TUBO EN ARENA	EL AUTOR DEL PROYECTO:		
1/10		PROYECTO TIPO LÍNEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS DE M.T. ZONA CARIBE	Nº PLANO: PROY. TIPO	PL010400
		REV.	HOJA	SIGUE

CANALIZACION DE LINEA MONOFASICA BAJO TUBO HORMIGONADA



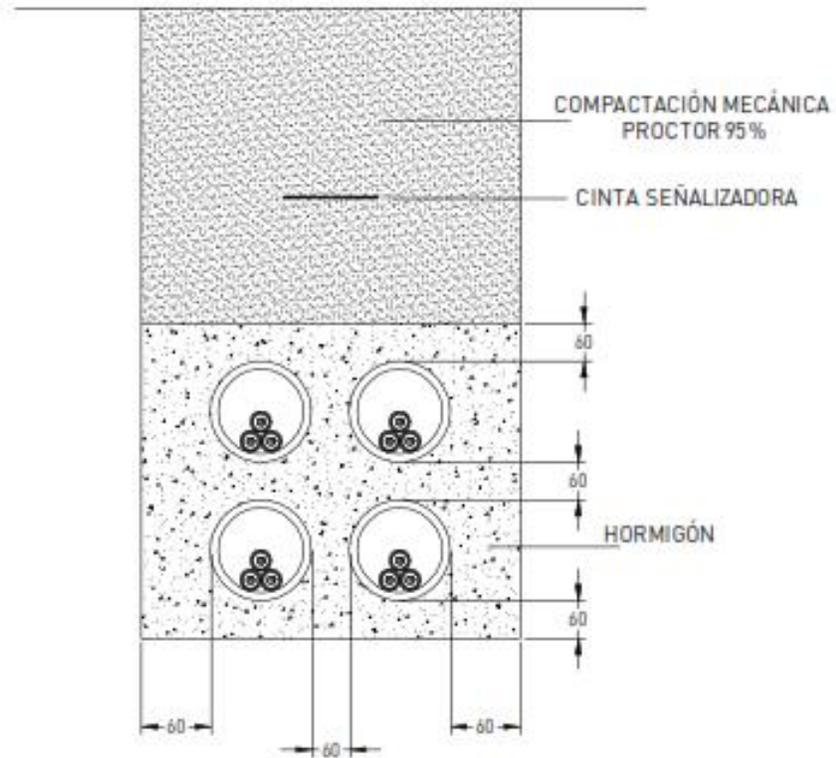
 UNION FENOSA	Internacional	Dibujado	FECHA	NOMBRE
		Proyectado		
ESCALAS:	CANALIZACIÓN DE LÍNEA MONOFÁSICA BAJO TUBO HORMIGONADA	Comprobado	EL AUTOR DEL PROYECTO:	
1/10			Nº PLANO PROY. TIPO	PL010500
	PROYECTO TIPO LÍNEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS DE M.T. ZONA CARIBE	REV.	HOJA	SIGUE

CANALIZACION DE LINEA TRIFASICA BAJO TUBO HORMIGONADA



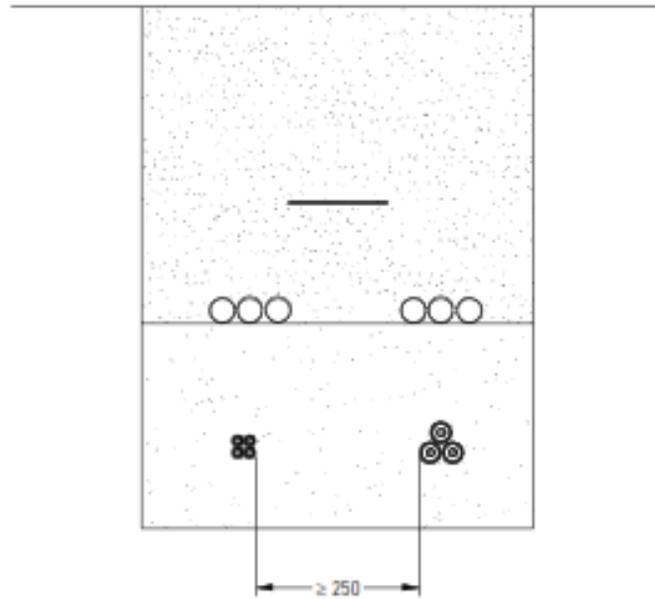
		FECHA	NOMBRE
	Dibujado		
	Proyectado		
	Comprobado		
ESCALAS:	CANALIZACIÓN DE LÍNEA TRIFÁSICA BAJO TUBO HORMIGONADA		EL AUTOR DEL PROYECTO:
1/10	PROYECTO TIPO LÍNEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS DE M.T. ZONA CARIBE		Nº PLANO PROY. TIPO PL010600
	REV.	HOJA	BOQUE

CANALIZACION DE LINEAS M.T BAJO TUBO HORMIGONADAS



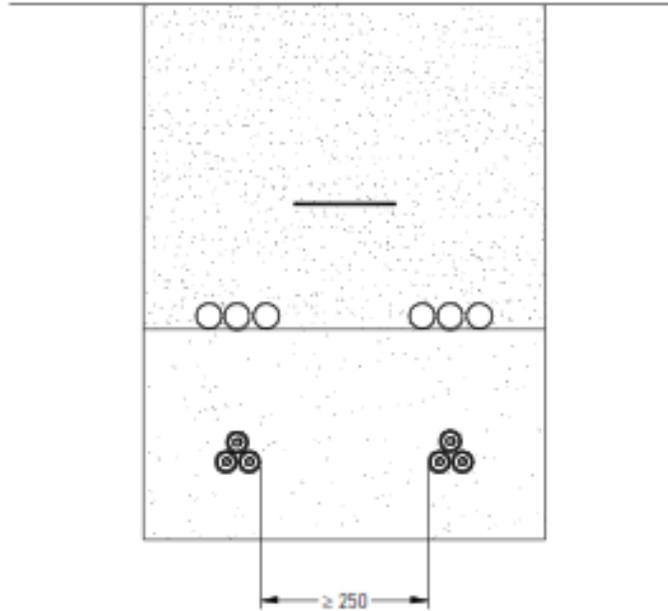
 UNION FENOSA Internacional		FECHA	NOMBRE
	Diseño		
	Proyectado		
	Comprobado		
ESCALAS:	CANALIZACIÓN DE LÍNEAS M.T. BAJO TUBO HORMIGONADAS (VARIAS CAPAS)		EL AUTOR DEL PROYECTO:
1/10	PROYECTO TIPO LÍNEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS DE M.T. ZONA CARIBE		Nº PLANO PROY. TIPO PL010700
	REV.	HOJA	SIGUE

PARALELISMO DE LINEA B.T Y LINEA M.T DIRECTAMENTE ENTERRADAS



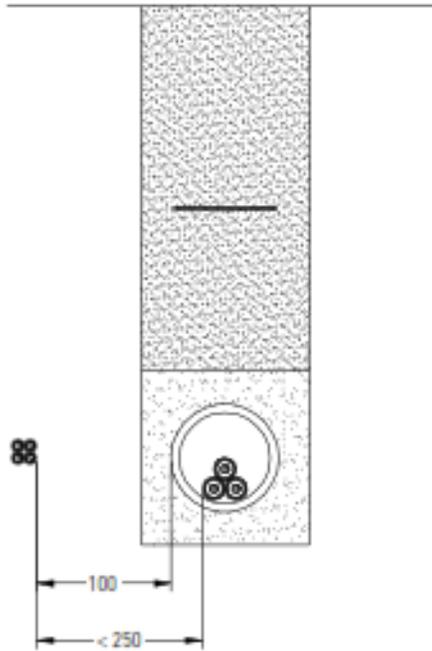
 UNION FENOSA	Internacional	FECHA	NOMBRE
		Dibujado	
		Proyectado	
		Comprobado	
ESCALAS:	PARALELISMO DE LÍNEA B.T. Y LÍNEA M.T. DIRECTAMENTE ENTERRADAS	EL AUTOR DEL PROYECTO:	
1/10	PROYECTO TIPO LÍNEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS DE M.T. ZONA CARIBE	Nº PLANO PROY. TIPO	PL020100
		REV.	HOJA SIGUE

PARALELISMO DE LINEAS M.T DIRECTAMENTE ENTERRADAS



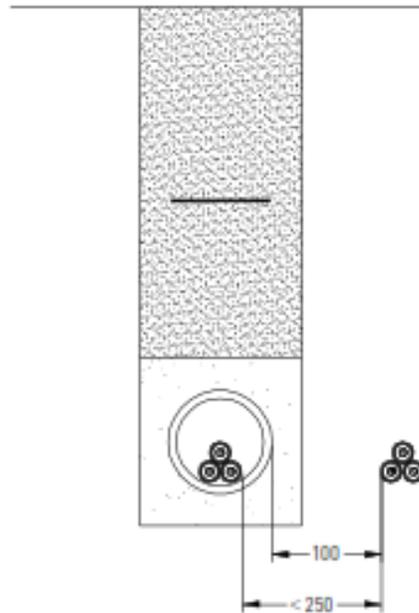
 UNION FENOSA	Internacional	FECHA	NOMBRE
		Dibujado	
ESCALAS: 1/10	PARALELISMO DE LÍNEAS M.T. DIRECTAMENTE ENTERRADAS	Proyectado	
		Comprobado	
		EL AUTOR DEL PROYECTO:	
		Nº PLANO PROY. TIPO	PL020200
		REV.	HOJA SIGUE

PARALELISMO DE LINEA B.T Y LINEA M.T BAJO TUBO EN ARENA



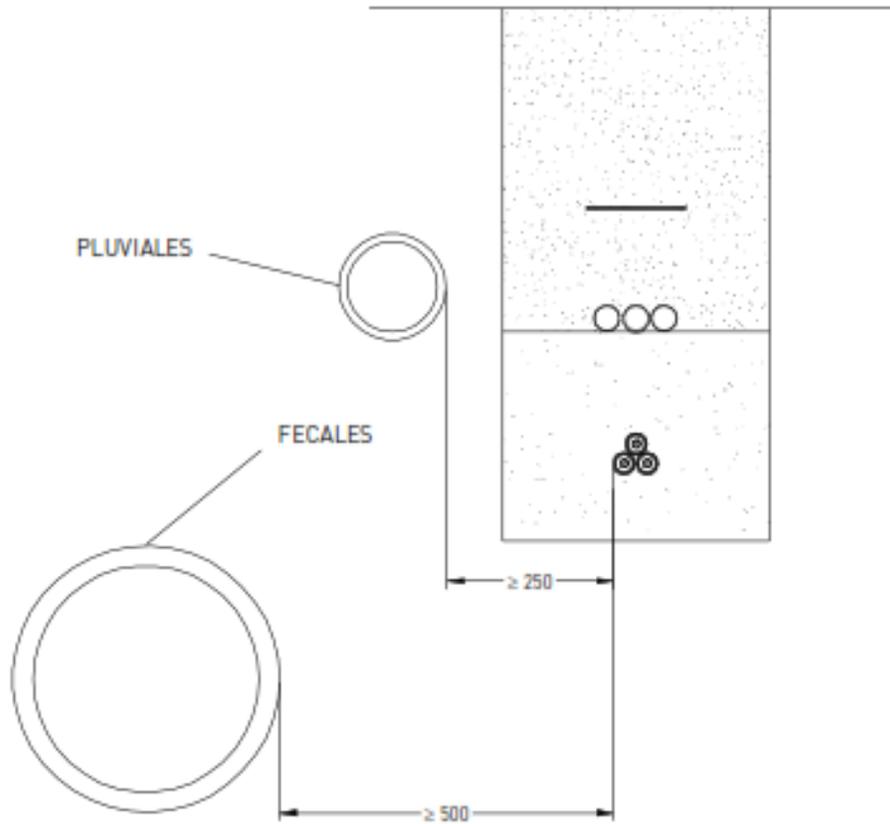
 UNION FENOSA Internacional			FECHA	NOMBRE
		Dibujado		
		Proyectado		
ESCALAS:		EL AUTOR DEL PROYECTO:		
1/10	PARALELISMO DE LÍNEA B.T. Y LÍNEA M.T. BAJO TUBO EN ARENA			
	PROYECTO TIPO LÍNEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS DE M.T. ZONA CARIBE	Nº PLANO PROY. TIPO	PL020300	
		REV.	HOJA	SIGUE

PARALELISMO DE LINEAS M.T BAJO TUBO EN ARENA



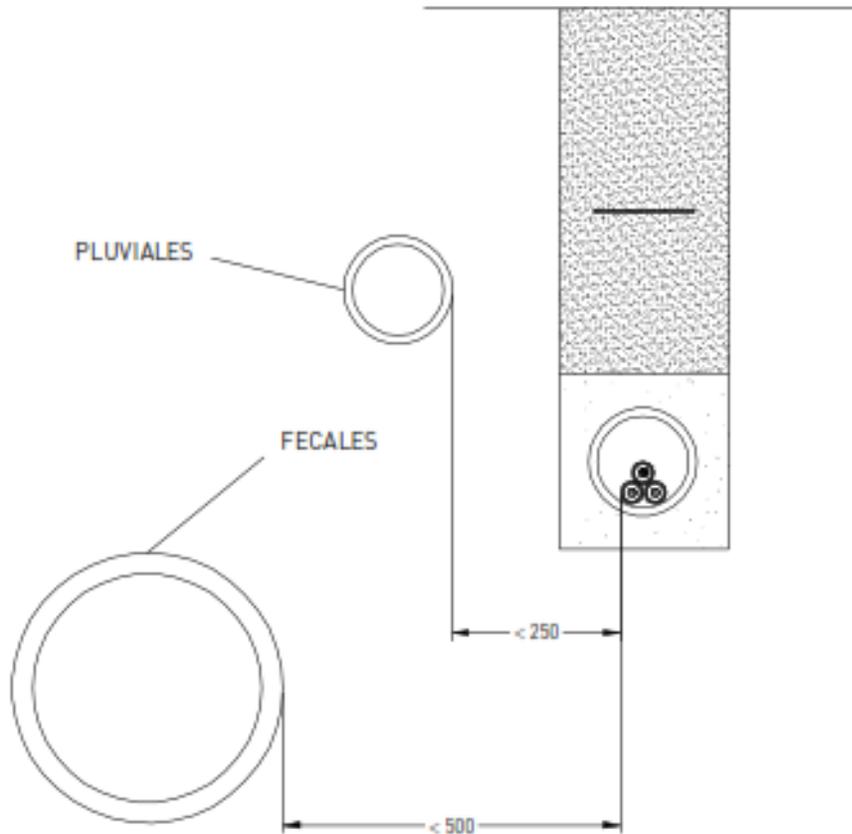
 UNION FENOSA	Internacional		FECHA	NOMBRE
		Dibujado		
		Proyectado		
		Comprobado		
ESCALAS:	PARALELISMO DE LÍNEAS M.T. BAJO TUBO EN ARENA		EL AUTOR DEL PROYECTO:	
1/10	PROYECTO TIPO LÍNEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS DE M.T. ZONA CARIBE		Nº PLANO PROY. TIPO	PL020350
		REV.	HOJA	SIGUE

PARALELISMO CON CANALIZACION DE ALCANTARILLADO DIRECTAMENTE ENTERRADA



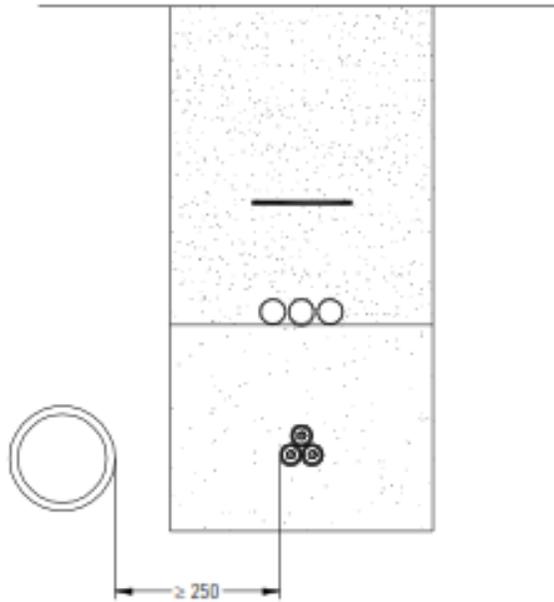
 UNION FENOSA	internacional		FECHA	NOMBRE
		Dibujado		
		Proyectado		
ESCALAS:	PARALELISMO CON CANALIZACIÓN DE ALCANTARILLADO DIRECTAMENTE ENTERRADA	EL AUTOR DEL PROYECTO:		
1/10		PROYECTO TIPO LÍNEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS DE M.T. ZONA CARIBE	Nº PLANO PROY. TIPO	PL020500
		REV.	HOJA	SIGUE

PARALELISMO CON CANALIZACION DE ALCANTARILLADO BAJO TUBO EN ARENA



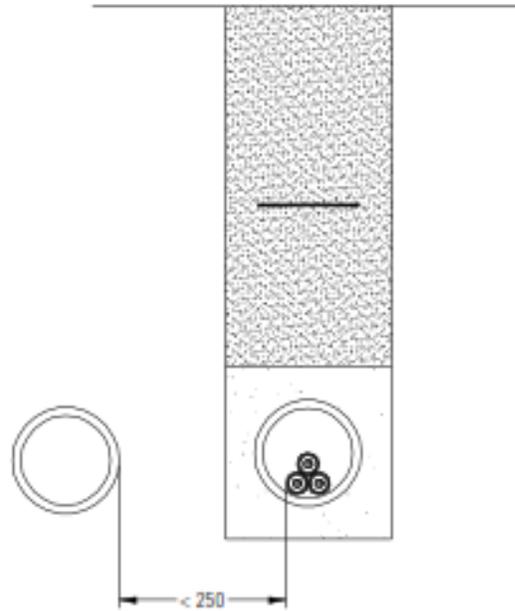
 UNION FENOSA Internacional		FECHA	NOMBRE
	Dibujado		
	Proyectado		
	Comprobado		
ESCALAS:	PARALELISMO CON CANALIZACIÓN DE ALCANTARILLADO BAJO TUBO EN ARENA	EL AUTOR DEL PROYECTO:	
1/10		Nº PLANO PROY. TIPO	PL020550
	PROYECTO TIPO LÍNEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS DE M.T. ZONA CARIBE	REV.	HOJA SIGUE

PARALELISMO CON CANALIZACION DE AGUA O VAPOR DE AGUA DIRECTAMENTE ENTERRADA



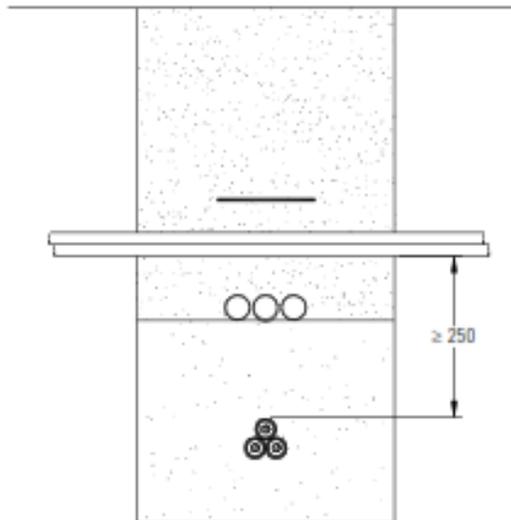
 UNION FENOSA	Internacional	FECHA	NOMBRE
		Dibujado	
ESCALAS:		Proyectado	
1/10		Comprobado	
PARALELISMO CON CANALIZACIÓN DE AGUA O VAPOR DE AGUA DIRECTAMENTE ENTERRADA		EL AUTOR DEL PROYECTO:	
PROYECTO TIPO LÍNEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS DE M.T. ZONA CARIBE		Nº PLANO PROJ. TIPO	PL020600
		REV.	HOJA SIGUE

PARALELISMO CON CANALIZACION DE AGUA O VAPOR DE AGUA BAJO TUBO EN ARENA



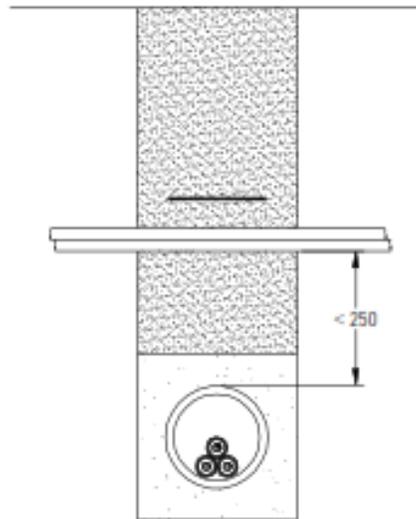
 UNION FENOSA	Internacional	FECHA	NOMBRE
		Dibujado	
		Proyectado	
		Comprobado	
ESCALAS:	PARALELISMO CON CANALIZACIÓN DE AGUA O VAPOR DE AGUA BAJO TUBO EN ARENA	EL AUTOR DEL PROYECTO:	
1/10	PROYECTO TIPO LÍNEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS DE M.T. ZONA CARIBE	Nº PLANO PROY. TIPO	PL020650
		REV.	HOJA SIGUE

CRUZAMIENTO DE LINEA M.T CON LINEA B.T DIRECTAMENTE ENTERRADO



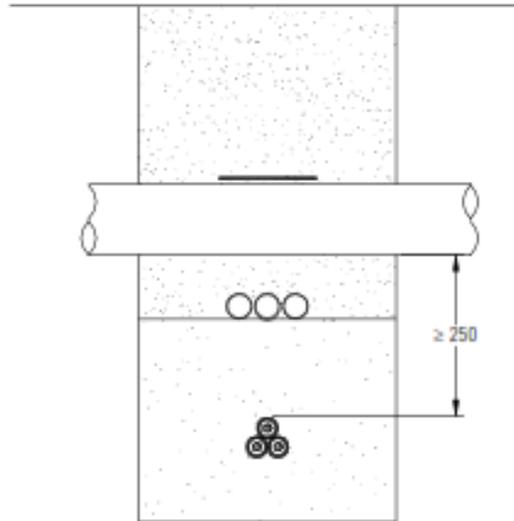
 UNION FENOSA	Internacional	FECHA	NOMBRE
		Dibujado	
		Proyectado	
		Comprobado	
ESCALAS:	CRUZAMIENTO DE LÍNEA M.T. CON LÍNEA B.T. DIRECTAMENTE ENTERRADA	EL AUTOR DEL PROYECTO:	
1/10		Nº PLANO PROY. TIPO	PL021300
	PROYECTO TIPO LÍNEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS DE M.T. ZONA CARIBE	REV.	HOJA SIGUE

CRUZAMIENTO DE LINEA M.T CON LINEA B.T BAJO TUBO EN ARENA



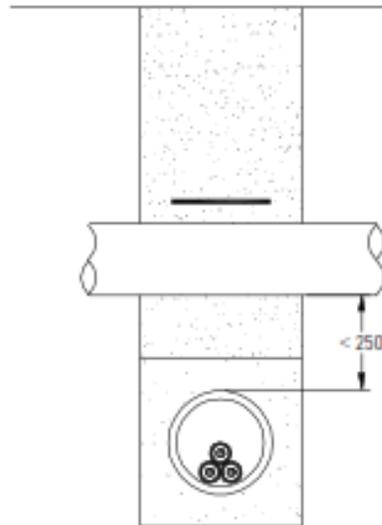
 UNION FENOSA	Internacional	FECHA	NOMBRE
		Dibujado	
ESCALAS: 1/10	CRUZAMIENTO DE LÍNEA M.T. CON LÍNEA B.T. BAJO TUBO EN ARENA		EL AUTOR DEL PROYECTO:
	PROYECTO TIPO LÍNEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS DE M.T. ZONA CARIBE		Nº PLANO PROY. TIPO PL021400
	REV.	HOJA	SIGUE

CRUZAMIENTO CON CANALIZACION DE GAS O AGUA DIRECTAMENTE ENTERRADO



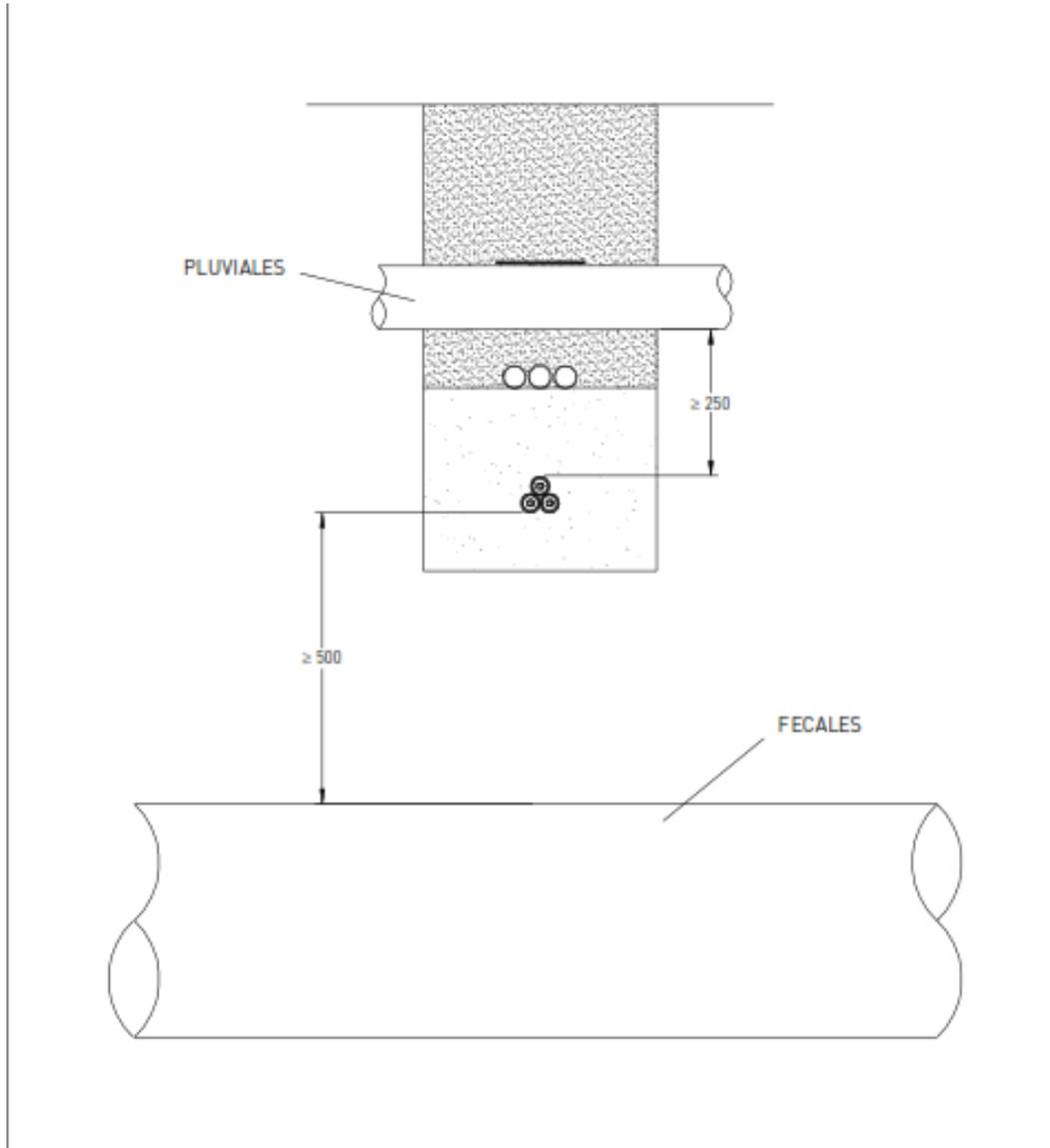
 UNION FENOSA	Internacional	FECHA	NOMBRE
		Dibujado	
		Proyectado	
ESCALAS:	CRUZAMIENTO CON CANALIZACIÓN DE GAS O AGUA DIRECTAMENTE ENTERRADA	EL AUTOR DEL PROYECTO:	
1/10		Nº PLANO PROY. TIPO	PL021800
	PROYECTO TIPO LÍNEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS DE M.T. ZONA CARIBE	REV.	HOJA SIGUE

CRUZAMIENTO CON CANALIZACION DE GAS O AGUA BAJO TUBO EN ARENA



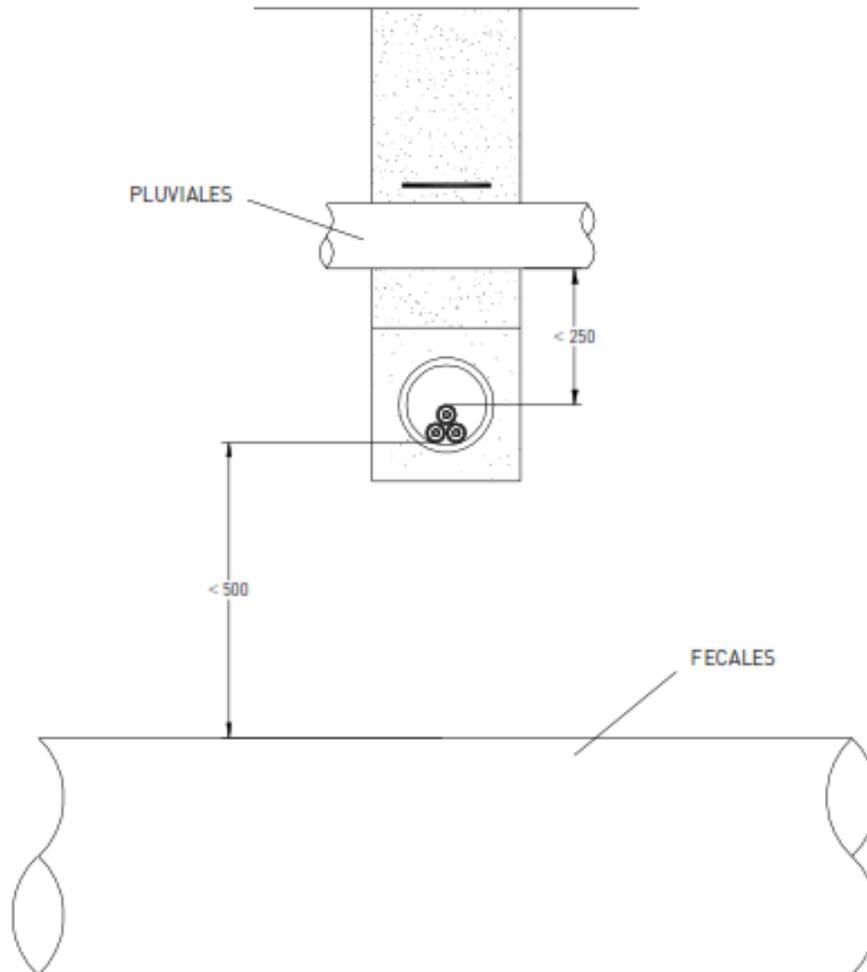
 UNION FENOSA	Internacional	FECHA	NOMBRE
		Dibujado	
		Proyectado	
ESCALAS:	CRUZAMIENTO CON CANALIZACIÓN DE GAS O AGUA BAJO TUBO EN ARENA	EL AUTOR DEL PROYECTO:	
1/10		Nº PLANO PROY. TIPO	PL021850
	PROYECTO TIPO LÍNEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS DE M.T. ZONA CARIBE	REV.	HOJA SIGUE

CRUZAMIENTO CON CANALIZACION DE ALCANTARILLADO DIRECTAMENTE ENTERRADA



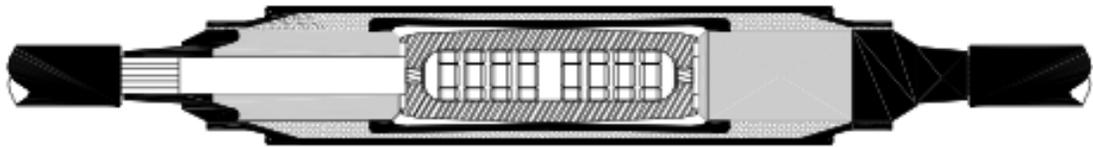
 UNION FENOSA	Internacional	FECHA	NOMBRE
		Dibujado	
		Proyectado	
ESCALAS: 1/10		EL AUTOR DEL PROYECTO:	
CRUZAMIENTO CON CANALIZACIÓN DE ALCANTARILLADO DIRECTAMENTE ENTERRADA		Nº PLANO PROY. TIPO	PL021900
PROYECTO TIPO LÍNEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS DE M.T. ZONA CARIBE		REV.	HOJA SIGUE

CRUZAMIENTO CON CANALIZACION DE ALCANTARILLADO BAJO TUBO EN ARENA



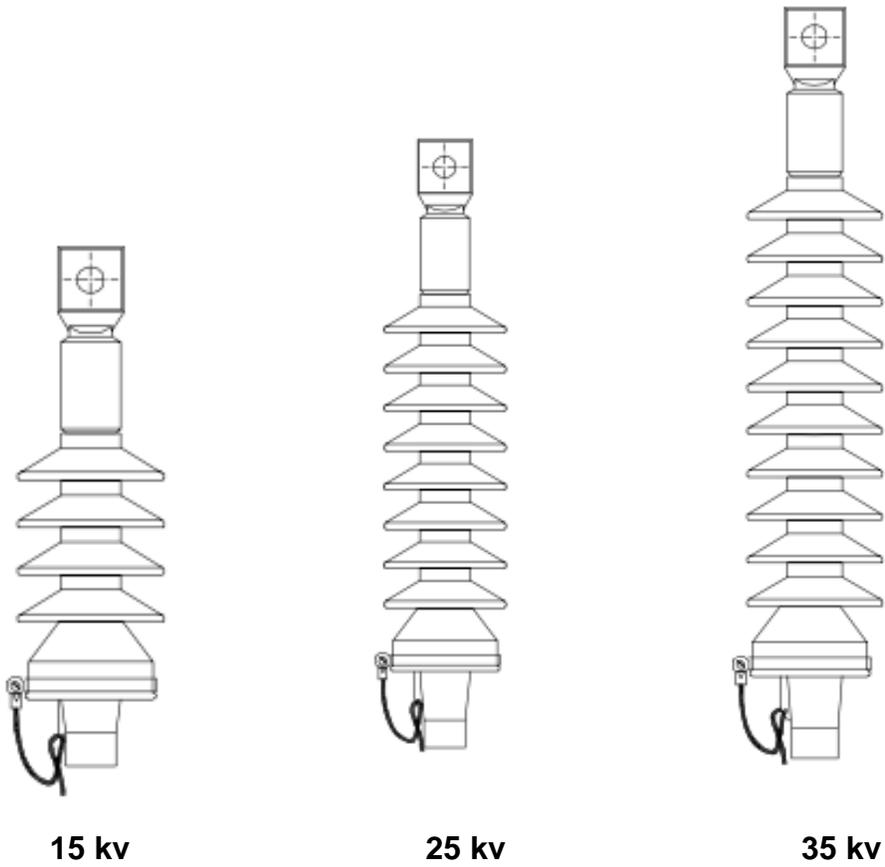
 UNION FENOSA	Internacional	Dibujado	FECHA	NOMBRE
		Proyectado		
ESCALAS:	CRUZAMIENTO CON CANALIZACIÓN DE ALCANTARILLADO BAJO TUBO EN ARENA	Comprobado	EL AUTOR DEL PROYECTO:	
1/10		PROYECTO TIPO LÍNEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS DE M.T.	Nº PLANO PROY. TIPO	PL021950

EMPALME CONTRACTIL EN FRIO PARA CONDUCTORES CON AISLAMIENTO SECO 15,25 Y 35 kv

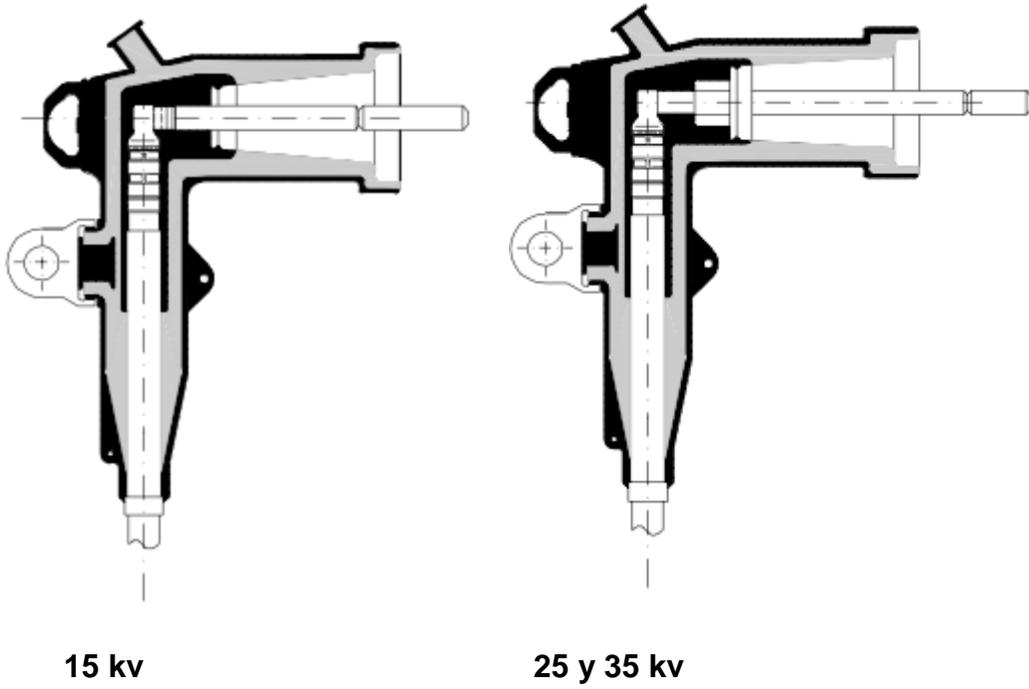


 UNION FENOSA	Internacional	FECHA	NOMBRE
		Dibujado	
		Proyectado	
ESCALAS:	EMPALME CONTRÁCTIL EN FRIO PARA CONDUCTORES CON AISLAMIENTO SECO 15,25 Y 35 kv	EL AUTOR DEL PROYECTO:	
	PROYECTO TIPO LÍNEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS DE M.T. ZONA CARIBE	Nº PLANO PROY. TIPO	PL030100
		REV.	HOJA SIGUE

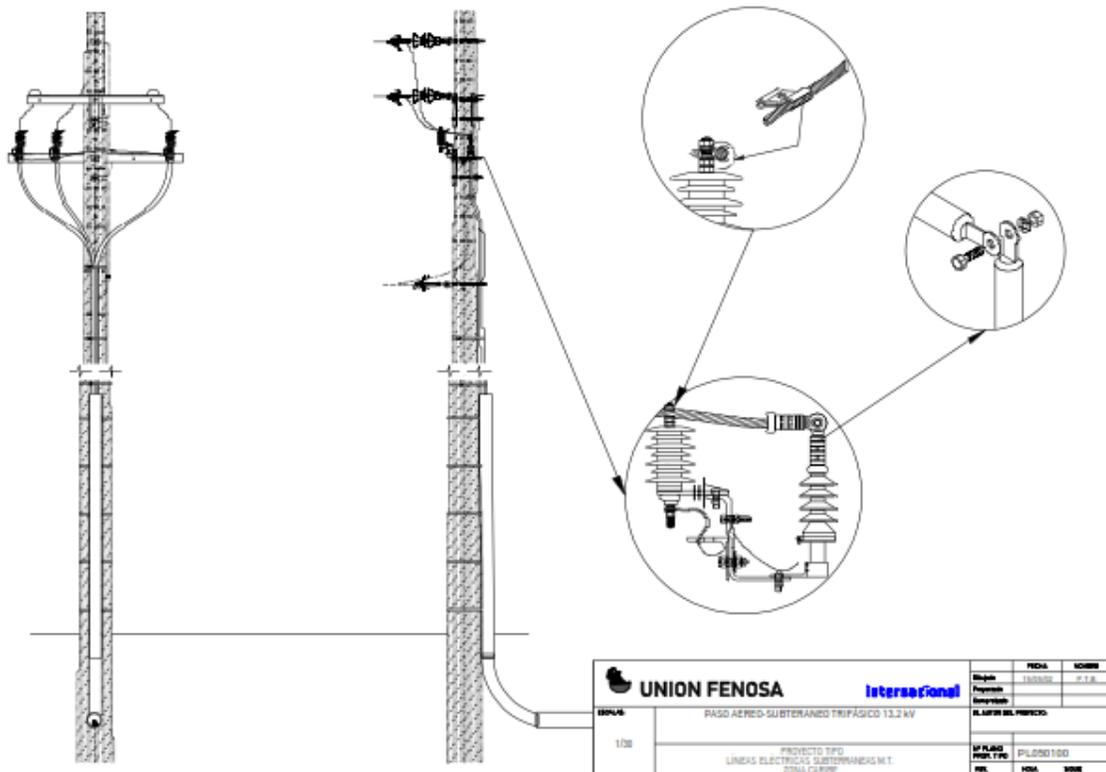
TERMINACION EXTERIOR CONTRACTIL EN FRIO



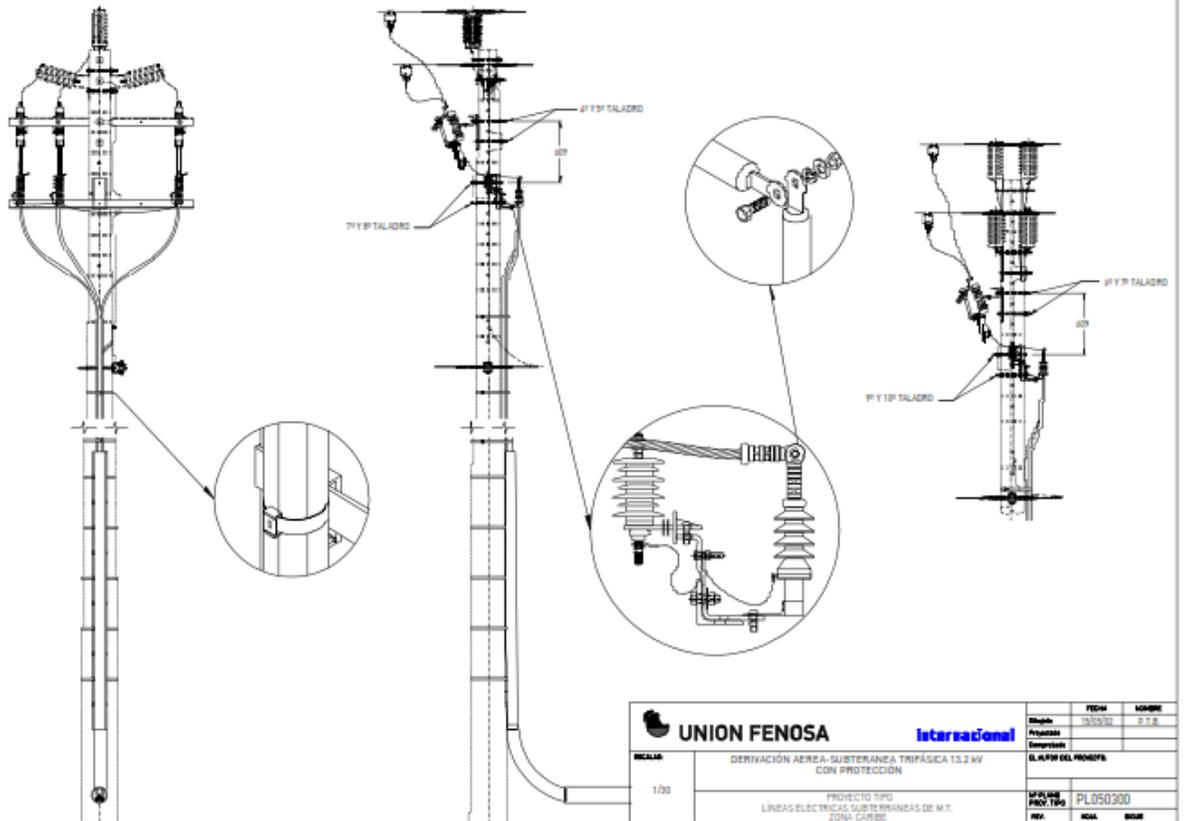
TERMINAL ACODADO ENCHUFABLE EN CARGA 200 A



PASO AEREO SUBTERRANEO TRIFASICO

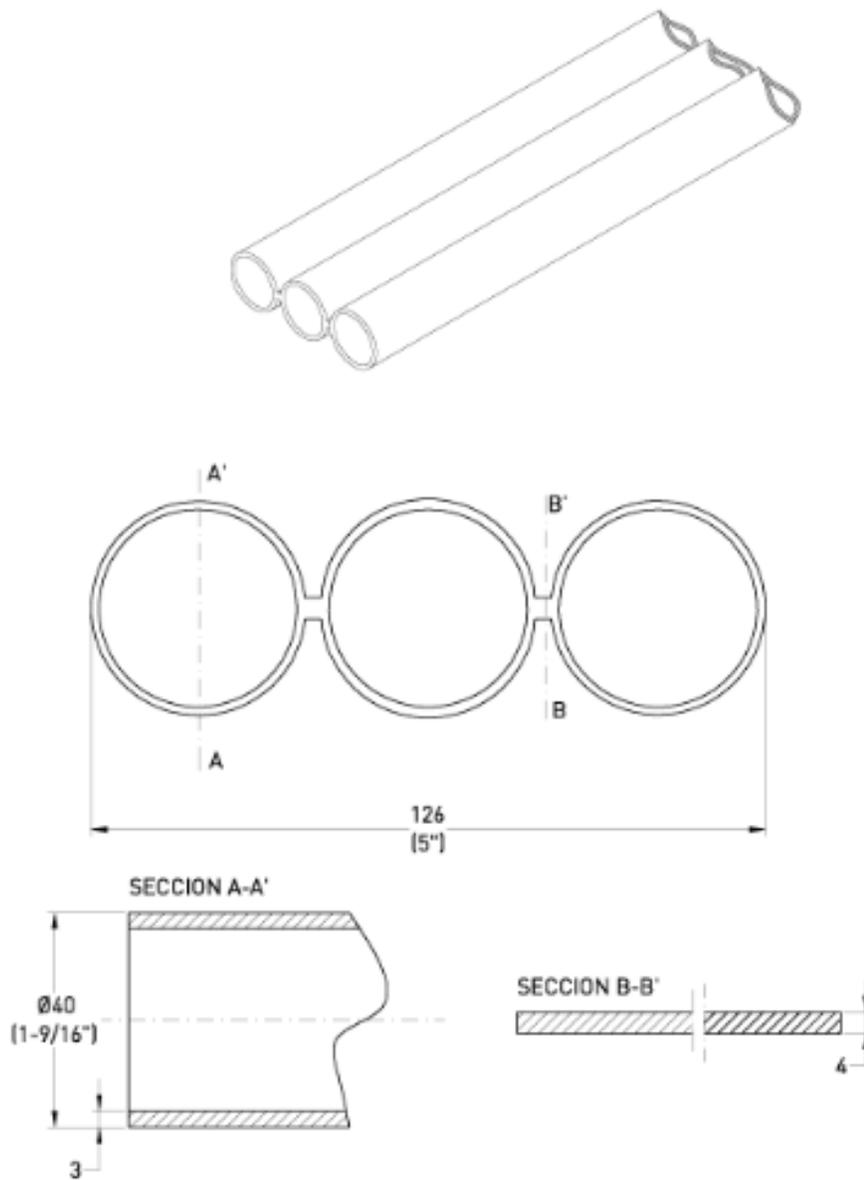


DERIVACION AEREO SUBTERRANEO TRIFASICO CON PROTECCION



 UNION FENOSA				FECHA	NOMBRE
				Elaborado	P.T.R.
NICARAGUA DERIVACION AEREA-SUBTERRANEA TRIFASICA 13.2 kV CON PROTECCION				ELABORADO POR	
1/20 PROYECTO TIPO LINEAS ELECTRICAS SUBTERRANEAS DE M.T. ZONA CARIBE				PL.050300	
REV.				NDA	NDA

DIMENSIONES DEL TRITUBO



Todas las cotas en mm (pulgadas).

 UNION FENOSA	internacional	DIBUJADO	RED-A	NOMBRE
		PROYECTADO		
ESCALAS:		EL AUTOR DEL PROYECTO		
SIN ESCALA		CÓDIGO MATERIAL	317960	
TRITUBO PARA CABLES DE COMUNICACIONES		N° PLANO	PM8100201	
CATÁLOGO DE MATERIALES		REVISADO	HOJA	0001

BIBLIOGRAFIA

Enel. (2015). Historia Jurídica. Recuperado el 08/10/2015 de <http://www.enel.gob.ni/index.php/enel-bienvenidos/historia-juridica>.

Herbert Lann. (2011). Herramientas de gran seguridad para el mantenimiento eficaz de redes eléctricas. Recuperado el 09/10/2015 de <http://www.sebakmt.com/fileadmin/files/broschueren/Bro-Tools-es.pdf>.

Herbert Lann. (2011). Sistemas Inteligentes para la localización de averías de Cables. Recuperado el 09/10/2015 de <http://www.sebakmt.com/fileadmin/files/broschueren/Bro-Kabelfehlerortung-es.pdf>.

Herbert Lann. (2011). Sistemas de ensayo de SebaKMT. Recuperado el 09/10/2015 de <http://www.sebakmt.com/fileadmin/files/broschueren/Bro-Pruefung-es.pdf>.

Gas Naturas Fenosa. (2011). Normas Técnicas para Redes Eléctricas Subterráneas. Recuperado el 06/10/2015 de http://www.asep.gob.pa/Electric/Anexos/Anexo_A_7346_Elec.pdf.

EPSA. (2005). Pliego de condiciones técnicas de Montaje. Recuperado el 21/03/2016 de <http://portal.epsa.com.co/Portals/0/PROVEEDORES/normas-tecnicas/mt-bt/redes-subterranas/4.Tecnica%20de%20montaje%20LSMT-LSBT%20-%20EPSA.pdf>.

UNION FENOSA INTERNACIONAL S.A. (2002). Especificación de Materiales. Recuperado el 21/03/2016 de http://www.electricaribe.com/servlet/ficheros/1297134217533/Obra_civil.pdf.

FECSA-ENDESA. (2006). Norma Técnica Particular Líneas Subterráneas de Media Tensión. Recuperado el 03/12/2015 de

<http://www.endesa.com/ES/PROVEEDORES/NORMATIVAYCONDICIONESCONTRATACION/Normativas/EspecificacionesParticularesBTERZ0.pdf>.

Pruebas y diagnosticos de cables. (2012. Recuperado el 05/05/2016 de

<https://constructorelectrico.com/pruebas-y-diagnostico-de-cables/>.