



"Proyecto Piloto de Distribución Eléctrica en Redes Subterráneas en el Micro Centro de la Ciudad de Encarnación"

Técnico Esp. Edgardo Lecoque Duarte

Ing. Walter J. Van Dyck Ruiz Díaz

Ing. Vidal A. Fretes Martínez

DD/RS - Administración Nacional de Electricidad - ANDE

PARAGUAY

1 ESTRUCTURA DEL TRABAJO

La estructura del trabajo es la siguiente: encabezado, resumen, palabras clave, cuerpo del trabajo y bibliografía.

1.1 Encabezado

Incluye el encabezado del Seminario, el número de referencia del trabajo, el título del trabajo, y los datos del autor

1.2 Resumen

Este trabajo surge tras la necesidad de adecuar las redes actuales de la ANDE a las nuevas necesidades de la Ciudad de Encarnación. Tal es así que han surgido leyes de zonificación Municipal apoyando y gestionando de alguna manera en donde se establece una zona de la ciudad en la cual deben eliminarse las redes aéreas, con el fin de herosear dicho sector en vista a la nueva imagen de la ciudad como un importante centro turístico nacional.

Consiste, por lo tanto; en la adecuación de las redes de distribución aéreas existentes, a un sistema de redes subterráneas en MT y BT en el micro-centro de Encarnación como se mencionó, siendo la zona de implementación del proyecto piloto un total de 23 (veintitres) cuadras sobre las principales calles de la misma (Mcal. Estigarribia, Juan L. Mallorquín y Carlos A. López, con los tramos de las calles transversales comprendidas entre estas)



X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de Setiembre de 2012

Dentro de esta zona ya existe un tramo subterráneo de dos cuadras en pleno funcionamiento, desde hace 2 (dos) años, periodo en el cual se han podido analizar ciertos aspectos que podrían mejorar tanto en la ejecución de los trabajos de implementación, en la operación y en los criterios de distribución de BT y MT para la red de distribución así como también la falta de proyección para el crecimiento de la demanda eléctrica del sector. Es en base a esta experiencia, y con apoyo de otros sectores de la empresa principalmente del Departamento de Proyectos de Distribución; que ha sido elaborado el presente proyecto piloto variando ciertos criterios de los tradicionalmente empleados dentro de la empresa esperando logren mejorar su desempeño.

Las principales innovaciones de este proyecto consisten en la implementación de nuevas disposiciones de las líneas de MT, BT y en la forma de distribución para la provisión de energía a los usuarios.

Se proyecta instalar en ambas veredas 2 (dos) ternas de caños de PEAD de 100mm. para MT, 1(una) terna será utilizada y la otra quedará para reserva; una tercera terna será destinada a la distribución de BT; todas estas serán instaladas en una misma zanja. Además se proyectó 1 (un) tritubo para señales débiles o de control de ANDE, asimismo serán instalados electroductos del mismo material para alimentación de AP y las acometidas de usuarios. En los cruces de calles además de lo anterior serán protegidos mecánicamente mediante bloque de H^oA^o prefabricado.

Los usuarios serán servidos directamente desde un tablero de distribución, dispuesto en la vereda municipal, basado en normas internacionales, con la instalación de llaves limitadoras de carga para usuarios según la declarada.

Los registros serán de H^oA^o prefabricado, he irán ubicados en cada cambio de dirección y las distancias entre ellos será según disponen los reglamento de MT y BT de ANDE.

Los conductores utilizados para MT, AL aislado XLPE, serán de 50mm² normalizado por ANDE y en BT se utilizaran conductores unipolares de Cu aislados del tipo NYY, para las alimentaciones de los tableros de distribución de BT.

Los puestos de distribución a instalar son del tipo centro compacto externo (tipo kiosko) con transformadores de 500 KVA, los demás puestos de distribución subterráneos existentes serán repotenciados, obteniendo un aumento de potencia de 4.000 KVA (aproximadamente en el área en cuestión).

Los artefactos de alumbrados públicos son del tipo ornamental, utilizados en la obra ejecutada anteriormente, y serán alimentados por circuitos con medición y comandos independientes en los tableros de distribución de BT correspondientes.

Las principales ventajas que se esperan lograr son:

- Aumento de la confiabilidad del sistema;
- Control preciso de las cargas de los usuarios en BT y alumbrados públicos;
- Mejora en el impacto visual del sector;
- En caso de averías, rápido retiro y reposición de conductores dañados;
- Planificación para crecimiento de la demanda eléctrica del sector por 10 años.

1.3 Palabras claves

Redes Subterráneas - Tablero de Distribución de BT - Líneas de MT y BT en ductos - Centro Compacto Externo

1.4 Cuerpo del trabajo

1.4.1 Introducción

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de Setiembre de 2012

Debido a una imagen urbana muy deteriorada por la polución visual causadas por las redes aéreas, telefónicas, TV por cable, fibra óptica, las aceras estrechas con carteles publicitarios, toldos y arborizadas y leyes ambientales cada vez mas exigentes realizar la distribución de redes eléctricas subterránea se ha convertido en una alternativa favorable y una solución definitiva a los variados problemas que acarrea la distribución de red eléctrica aérea.

Se considera que la instalación de redes subterráneas cumplen los objetivos generales para la modernización de las redes aéreas existentes e implantación de nuevos servicios con una mayor flexibilidad, seguridad, confiabilidad y capacidad de servicio, sin perder de vista la estética y la belleza, también la poca contaminación del medio ambiente.¹

1.4.2 Situación y Emplazamiento

El área objeto del presente plan de trabajo es el microcentro de la ciudad de Encarnación, espacio que abarca 8 manzanas con un total de 23 cuadras, sobre las calles Dr. Juan León Mallorquín y Mcal. José Félix Estigarribia así como también las calles transversales partiendo de 25 de Mayo hasta Padre Kreusser.



Figura 1 – Ubicación del proyecto de líneas subterráneas (rojo), redes subterráneas (amarillo)

1.4.3 Características de la zona de influencia

Es una zona urbana con una densidad poblacional medianamente alta, edificaciones de pequeño y mediano porte, predominantemente del sector comercial y residencial.

Se encuentra alimentada actualmente por 22 puestos de distribución con una potencia total instalada de aproximadamente 21,5 MVA/km². Se presume que el sistema estaría trabajando a un 90% de su capacidad nominal instalada [1].

Actualmente el centro urbano se encuentra servido de energía eléctrica mediante líneas aéreas casi en su totalidad; una pequeña parte de la zona céntrica que se encuentra servida con redes subterráneas (2 cuadras o unos 300 metros aproximadamente) desde hace dos años, además de las entradas a los puestos de distribución subterráneas, los cruces de calles y las salidas de baja tensión

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de Setiembre de 2012

en tramos cortos. Las líneas alimentadoras son aéreas; las troncales tienen una sección de conductor de aluminio desnudo de 95mm² cada una, y con un proyecto de ampliación en vista con cambios de conductores desnudos a protegidos de 185 mm² que posibilitarán una mayor flexibilidad en el servicio.

La zona urbana céntrica es alimentada por tres líneas primarias aéreas distribuidas en forma radial con opciones de acoplamientos entre ellas, salidas de una sola subestación 66/23kv ubicada al noreste del centro a unos 2 km en el B° Santa María, e interconectadas a través de seccionadores de líneas que sirven para maniobras. Mediante estos sistemas de maniobras las líneas se pueden seccionar y realizar cortes parciales solamente en los lugares donde se necesitan desenergizar afectando de esa forma la menor área posible, de este modo otras secciones adyacentes puede seguir funcionando normalmente [1].

En la actualidad en la zona en cuestión tenemos dos tipos de puestos de distribución (o puestos de transformación):

- Puestos de distribución aéreos y
- Puestos de distribución subterráneos

1.4.4 Redes de distribución aéreas.

Son aquellas en las que los conductores van instalados por encima del suelo. Para mantener los conductores a la distancia mínima, indicado por normas, se utilizan apoyos, que pueden ser madera, hormigón armado, etc.

1.4.5 Redes de distribución subterráneas.

Son aquellas en que los conductores van situados por debajo del nivel del suelo.

Ventajas en redes de distribución subterráneas con respecto a las redes aéreas:

- Mayor confiabilidad y seguridad
- Mejor estética
- Mayor flexibilidad y continuidad de servicio
- Menor impacto ambiental.

Desventajas:

- La principal desventaja es el alto costo de la inversión inicial, por ello se aplica en zonas urbanas.
- La localización de fallas se hace dificultosa.
- El mantenimiento es más complicado y reparaciones mas demoradas.
- Están expuesto a la humedad y a la acción de los roedores.

1.4.6 Características Técnicas del Proyecto

1.4.6.1 Conductores de MT

Los cables utilizados son unipolares de aluminio 23 kV con aislación XLPE y cumplen como mínimo las especificaciones técnicas de la ANDE [2].

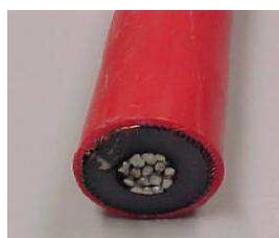
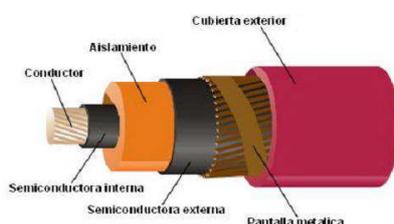


Figura 2 – Conductor Al XLPE de 23kV / Imagen ilustrativa.

1.4.6.2 Puestos de Distribución

El abastecimiento de la carga instalada y servida en baja tensión está hecho por 17 puestos de distribución, de los cuales 7 son los proyectados y 10 se encuentran en servicio con anterioridad, la mayoría de estos serán repotenciados una vez implementado el presente proyecto [1].

La potencia total instalada es de 9.225 kVA para hacer frente a la carga de 7.220 kW de la zona. De las cuales unos 4.300 kVA son totalmente nuevos distribuidos en 7 puestos de distribución.

Para abastecer tal carga, fueron realizadas aproximadamente 55 salidas de BT, distribuidas en aproximadamente 90 cuadros de distribución y estas a su vez están divididas en cuadros de distribución principal y seccional.

Los cuadros principales son los que derivan directamente de los tableros de BT y los seccionales son los que derivan de los cuadros principales [1]

1.4.6.3 Puesto de Distribución. Subterráneo / Nivel Convencional

En el sector afectado por el proyecto se cuentan con unos 7 (siete) Puestos de Distribución de estas características.



Figura 3 – Puestos de Distribución Subterráneos a) Tablero con Seccionadores de MT Bajo Carga y Tablero BT independiente b) Con Celdas Compactas

1.4.6.4 Puestos de distribución - Centro compacto exterior

Es un centro de transformación prefabricado compacto, tipo kiosco, en casetas de H°A°, de instalación a nivel del suelo y maniobra exterior de reducidas dimensiones (según especificación técnica del fabricante).





Figura 4 – P.D. Centro Compacto Exterior (Tipo Kiosco) / Imágenes ilustrativas.

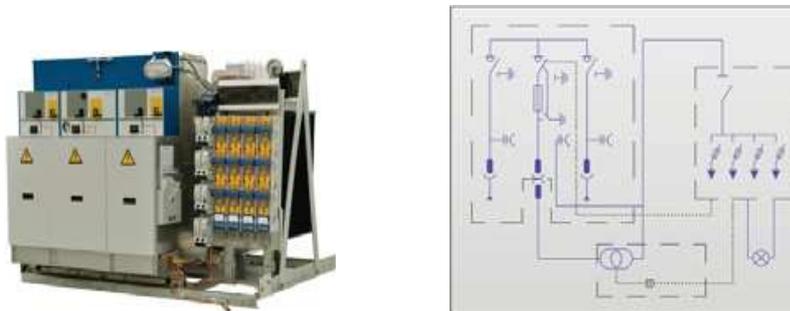


Figura 5 – Celdas Compactas - Maniobras en M.T. y B.T / Imágenes ilustrativas.

1.4.6.5 Características técnicas de las salidas y los cuadros de BT.

Las potencias de demanda de los usuarios que han sido utilizadas para los dimensionamientos de los conductores y equipos son aquellas que fueron declaradas a la ANDE; tomadas como base para el dimensionamiento de los centros de transformación y los conductores.

Todas las instalaciones son sistemas trifásicos de cuatro conductores 3 fases y un neutro y tensiones alternadas. Están diseñadas en forma radial, con sección uniforme en las salidas.

La estructura general de las redes subterráneas de BT de ANDE son del tipo radial; por lo tanto, fueron utilizadas cables de cobre con sección uniforme de 95mm² y de 70mm² para fase y neutro respectivamente en las salidas del tablero (TBT) de BT, y las alimentaciones de los cuadros (CBT) de distribución seccionales cables de menor sección [1].

1.4.6.6 Conductores de BT

Los conductores que serán utilizados para la distribución de las redes subterráneas de BT, son conductores de cobre unipolares, aislados aptos para instalaciones subterráneas.

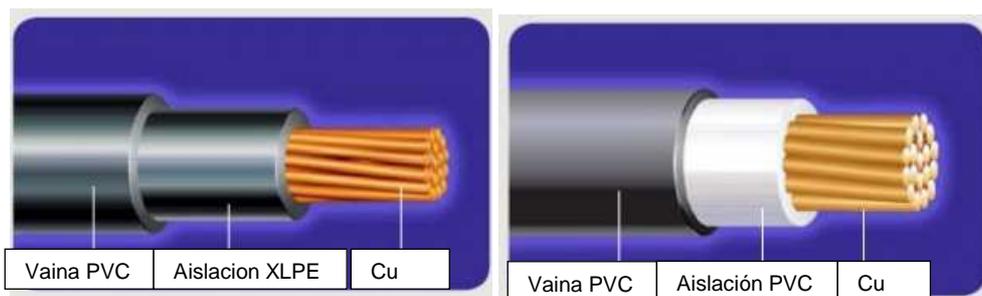


Figura 6 – Cable de cobre aislado para BT.

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de Setiembre de 2012

Tabla I – Resumen de potencia de puestos de distribución

PD's	Potencia Nominal Inst. (kVA)	CARGA (KW)
PD1M2	630	180.1
PD-2	315	309.62
PD2M2	630	677.35
PD-3	630	348.34
PD3M2	1000	751.05
PDM3	630	529.75
PD-4	630	153.15
PD-5	500	183.62
PD-6	500	407.41
PD-7	315	136.74
PD-8	500	404.12
PDM6	500	956.14
PD-9	630	579.99
PD-10	315	385.85
PD1M7	500	764.81
PD-11	500	344.89
PDM8	500	125.15
Total	9.225	7.238

Los circuitos están protegidos en tableros de salidas (TBT) contra sobrecargas y cortocircuitos mediante fusibles NH, y en cuadros (CBT) de distribución con disyuntores automáticos tripolares y monopolares para algunas acometidas.

1.4.6.7 Cuadros de distribución de baja tensión (CBT)

La distribución tanto las derivaciones como las acometidas, parten de los cuadros de distribución (CBT), los cuadros principales cumplen las dos funciones la de derivación a otro cuadro seccional y la alimentación de los sistemas de barras para salidas de las acometidas correspondientes a los usuarios ubicados en el mismo cuadro [1].

Las derivaciones como máximo cuentan con una entrada y dos salidas tomando como base los sistemas de barras principales, en ambos casos el cuadro poseen dos sistemas de barras:

- Sistemas de barras principales que alimenta todo el tablero, del cual parte la derivación para otro cuadro cercano.
- La derivación al sistema de barra que alimentan las llaves limitadoras correspondientes a los usuarios estos últimos ubicado en el mismo tablero. Tanto la derivación a otro cuadro y la alimentación de las barras de distribución están seccionados según cargas conectados al mismo, para que cada cuadro y sistemas de barras sean lo más independiente posible y a la vez mantener las partes necesarias seccionadas, como se indican en el anexo de los planos.

Las salidas para las acometidas están preparadas para más de 30 módulos, las barras para más de 630A nominal.



Figura 7 – Cuadro de distribución de BT (CBT) / Imagen ilustrativa.

1.4.6.8 Aluminado público

Se han proyectado equipos de iluminación que han sido definidos por el Departamento de Obras Públicas de la Municipalidad de Encarnación, y los mismos no están normalizados aun por la ANDE por lo cual se consideran del tipo ornamental. En las esquinas; fueron colocados los del tipo cerrado con doble equipo y con vidrio plano en poste de metal troncocónico y los del tipo trial en las veredas en los demás sectores.



Figura 8 – a) Luminarias decorativas tipo trial b) Tipo cerrado con vidrio plano para esquinas

1.4.6.9 Zanjas en Vereda

Las dimensiones de las zanjas es de 1,35x0,60 m en trayectos normales, 0,7x0,8 m mínimo en lugares donde van ubicados registros de B.T. y 1,35x1,14 mínimo para ubicaciones de registros de MT, manteniendo la misma profundidad en ambos casos [1].

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de Setiembre de 2012

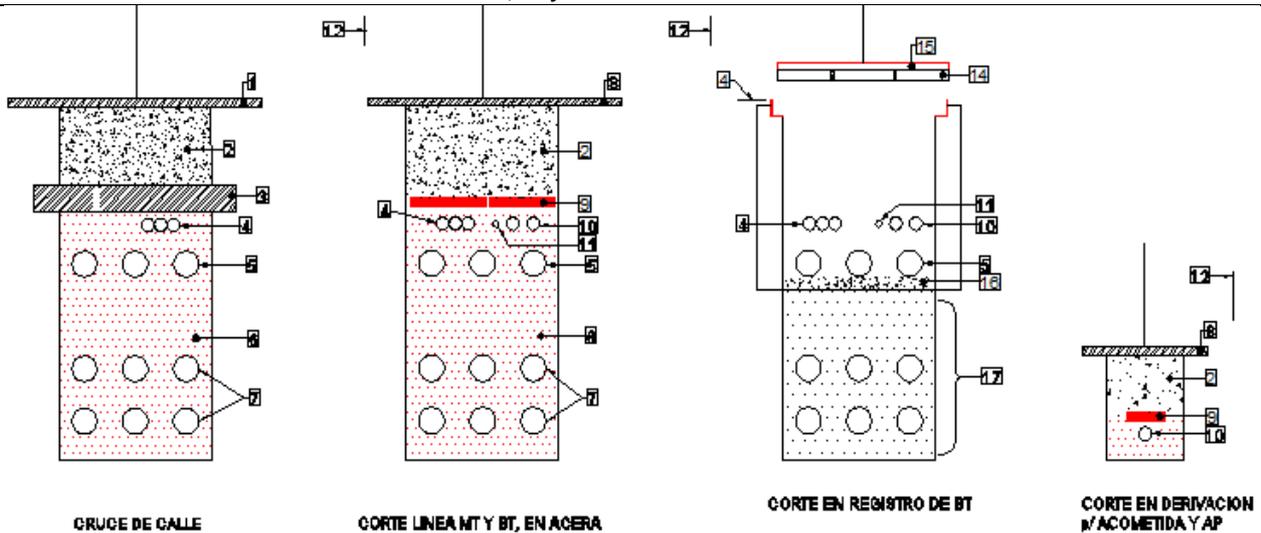


Figura 9 - En corte a) Zanja de Cruce de Calle b) Zanja en vereda c) Registro de BT d) Derivación para acometida

1.4.6.7 Registros

Mediante estos se distribuyen los circuitos y los cables, las distancias entre ellos están dadas de acuerdo a las normativas de MT y BT en este proyecto son utilizados 4 tipos de registros;

- 1° Para media y baja tensión en forma conjunta los que están ubicados en las esquinas principalmente y a cada 40 o 50 m en las veredas,
- 2° Para baja tensión solamente en las veredas para las distribuciones,
- 3° y 4° Los registros que corresponden a las acometidas y los alumbrados públicos [1].

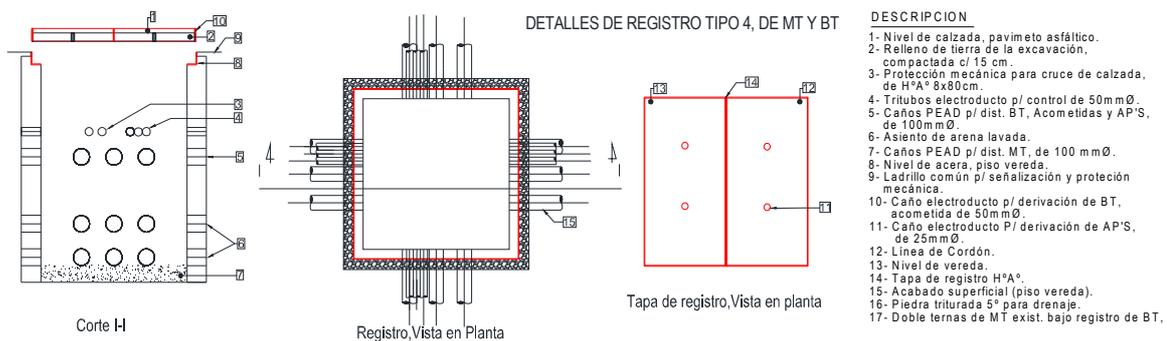


Figura 10 - Registro Tipo 4 a) En corte b) En Planta c) Tapa de registro

1.4.9 Conclusiones

- La importancia de este proyecto se demuestra en la necesidad de que el micro centro de la ciudad de Encarnación, cuente con una instalación subterránea por la transición y crecimiento que ha sufrido últimamente.
- El costo de este sistema eléctrico es sensiblemente superior al de una red aérea, compensándose esta diferencia en la cantidad de energía no facturada que se da por la

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de Setiembre de 2012

interrupción del servicio con redes aéreas, y en un mayor y mejor control de las pérdidas eléctricas al utilizar tecnologías adecuadas en las redes subterráneas.

- Disminución sustancial de la polución visual lo que en una ciudad que se está convirtiendo en polo turístico nacional es un detalle no menor.
- Con este proyecto se tendrá una mayor confiabilidad, seguridad, continuidad en el servicio, menor impacto ambiental en comparación con la instalación aérea existente. Además un sistema aéreo tiene una vida útil de 25 años, mientras que el subterráneo puede durar aproximadamente los 50 años [1].

1.5 Bibliografía

[1] *Edgardo Lecoque Duarte*, "Proyecto de Adecuación de las Redes Aéreas de Distribución en el Microcentro de Encarnación a Redes de Distribución Subterráneas", Tesis de Grado - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Itapúa, 2012, pág. 18 - 132.

[2] Especificaciones Técnicas "ANDE: EE.TT. N° 03.24.26 Rev3 – Cable de Aluminio Unipolar Aislado Subterráneo para 23 kV" - Administración Nacional de Electricidad (ANDE), Paraguay, 2001, pág. 2 - 5.

[3] "Resumen Estadístico Año 2011" - Dirección de Planificación General y Política Empresarial Administración Nacional de Electricidad (ANDE), Paraguay, 2012, pág. 6

[4] "Estudio de pérdidas en compañías de distribución de electricidad de Argentina" - MR Consultores - Procobre - ICA International Copper Association, Ltd. Acceso en 2012. <http://www.afinidadelectrica.com.ar/articulo.php?IdArticulo=215>

[5] "Eficiencia Energética Iberdrola" - Grupo Iberdrola, España, Acceso en 2012. http://www.iberdrola.es/webibd/gc/prod/es/doc/eficiencia_energetica_empresa_electrica.pdf