

**Comité de Estudio B1 - Cables Aislados**

**Instalación de Cables de 132 KV Y 220 KV en Zonas Altamente Urbanizadas -  
Electroducto de 220 kV en Ciudad Autónoma de Bs As**

**I.M. RUIZ\***  
**Edenor S.A.**  
**Argentina**

**A. VILLAFANE**  
**Edenor S.A.**  
**Argentina**

**L.B. BEITONE**  
**Edenor S.A.**  
**Argentina**

**L. MEDAGLIA**  
**Edenor S.A.**  
**Argentina**

**Resumen** – *El objetivo del documento técnico, es transmitir la experiencia adquirida durante la instalación de más de 140 km de cable subterráneo de alta tensión de 132 kV y 220 kV.*

*Una gran parte de estas instalaciones que se han construido se desarrollan por zonas altamente urbanizadas, con una importante interferencia de otras instalaciones. En particular en el año 2008 se ha instalado una terna de 220 kV de 8,5 km de longitud, desarrollada íntegramente por la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, capital de la República Argentina, con un alto impacto en su etapa de construcción.*

*Con la experiencia adquirida en años anteriores en la utilización de cables de aislación de aceite (O.F.), y con la nueva etapa de utilización de cables de XLPE a partir de 1996 se describen las actualizaciones de las especificaciones que forman parte de los pliegos de bases y condiciones a fin de introducir las mejoras en las nuevas obras.*

*Con los resultados de los estudios técnicos se han desarrollado cambios en la metodología de construcción y en la protección mecánica de los cables. Todos los cambios tienen como fin primordial disminuir el impacto producido por las excavaciones y mejorar las condiciones de seguridad de la instalación.*

*Se describen los inconvenientes que se presentan al trabajar en zonas altamente urbanizadas, prestando una especial atención a los aspectos relacionados con la seguridad en la vía pública y el impacto en el medio ambiente. Se destacan los aspectos más importantes a tener en cuenta, abarcando todas las etapas desde el anteproyecto hasta la puesta en servicio de la instalación.*

**Palabras clave:** Electroductos - Zonas urbanas - Cable Subterráneo - Obras civiles – Impacto Ambiental

## **1 INTRODUCCION**

Durante el año 2008 se ha instalado en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) un electroducto de 220 kV de 8,5 km de longitud que vincula las Subestaciones Puerto Nuevo con Colegiales. La ejecución de la obra civil se llevo a cavo en 9 meses, aunque todas las etapas previas de permisos y autorizaciones llevan los inicios de las obras a varios meses atrás. Durante el transcurso de toda la obra se han presentado diversos inconvenientes, como reclamos de vecinos, obstáculos no previstos en el proyecto, simultaneidad de obras con otros proyectos del Gobierno de la Ciudad, etc.

Esta obra en particular, por su magnitud e importancia, ha brindado una gran experiencia, que sumada a la de otras obras que se ejecutaron en la empresa nos permiten analizar y describir nuestras prácticas habituales en la instalación de cables de alta tensión.

A fin de describir las tareas para la construcción e instalación de Electroductos se dividen en las siguientes etapas:

- Anteproyecto
- Elaboración de los pliegos de bases y condiciones.
- Tipo de instalación.
- Gestión de permisos.
- Recepción y ensayo de Materiales
- Ejecución de la obra civil.
- Puesta en servicio y pruebas de las instalaciones.

## **2 ANTEPROYECTO DE LA OBRA**

Una vez establecida la necesidad de un nuevo electroducto para vincular dos subestaciones y/o alimentar futuras SS.EE., se analizan las zonas por las cuales puede llegar a desarrollarse el mismo.

Haciendo un recorrido por las mismas, se seleccionan las posibles trazas, identificando tres trazas alternativas para realizar el estudio de impacto ambiental. Sobre estas trazas se relevan todos los posibles impactos, incluidas las interferencias en el subsuelo.

Una vez efectuado el estudio de impacto ambiental se presentan las trazas en los distintos organismos para la gestión de los permisos y se realizan los pliegos de bases y condiciones para las licitaciones de las obras civiles y la compra de los materiales.

La confección del proyecto ejecutivo de la obra será incluida en el pliego, a cargo del contratista.

En el pliego para la contratación de la obra civil se indicará la traza, los volúmenes de obra a ejecutar y el tipo de instalación a adoptar, incluyendo todas las especificaciones técnicas correspondientes. Es importante que en el mismo se incluyan todas las tareas en forma clara y completa.

## **3 TIPOS DE INSTALACION**

A la hora de construir un electroducto de cable subterráneo surge la pregunta de que tipo de ducto es el más conveniente.

Antiguamente los cables se colocaban directamente enterrados con una protección de arena y losetas de hormigón. De este modo, para hacer el tendido del cable era necesario que la zanja se encontrara abierta en toda su longitud entre fosas de empalme. Se limitaba el tamaño de las bobinas a 600 metros, a fin de limitar también la longitud de zanja abierta. Además, los tiempos que transcurrían hasta el tapado de la zanja eran demasiado prolongados.

Con el objetivo de eliminar los problemas mencionados se ha estandarizado la utilización de ductos conformados por tubos de polietileno de alta densidad inmersos en un bloque de hormigón. Esto permite independizar la ejecución del ducto con el tendido del cable, dejando este último para cuando esta terminada la obra civil, con lo cual la longitud entre fosas no estará limitada por la longitud permitida de la excavación, sino por la longitud de las bobinas. De este modo hacer tendidos más largos y reducir la cantidad de empalmes. Se reducen la longitud de zanja abierta y el tiempo durante el cual la misma esta abierta. Permite

realizar las tareas en forma sectorizada y optimizar la utilización de cuadrillas y equipos de tendido (excavación, hormigonado, tapado y reparación y tendido de conductores), se reduce notablemente el impacto de las excavaciones.

Además de la ventaja antes mencionada, este tipo de ducto garantiza una muy buena protección de la instalación frente a obras de otras empresas, lo cual es imprescindible en este tipo de cables.

Dentro del macizo de hormigón se colocará un triducto donde se alojará una fibra óptica para el telecomando y comunicaciones. El mismo se posiciona por encima de los cables de potencia y a un costado a fin de poder realizar las tareas de mantenimiento del cable o de la fibra óptica en forma independiente sin afectar a la otra instalación.

En la figura 1 puede verse un esquema de este tipo de instalación en sus dos variantes, tresbolillo y coplanar, indicando también la ubicación mas recomendable del triducto para la fibra óptica mencionado anteriormente.

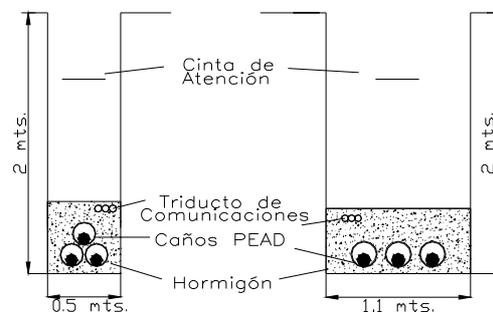


Fig. 1. Corte Del ducto

Si bien ya elegimos las características del ducto, ahora nos falta determinar el tipo del cable a utilizar y si se utilizara disposición en tresbolillo o coplanar.

En las zonas en donde se construyen estos electroductos, es normal que en los caños pueda llegar a quedar presencia de agua, producto de la cercanía de las napas de agua o de alguna inundación. Es por esto que cuando se elige el tipo de cable a adoptar se debe pensar en alguno con una eficaz barrera para la humedad. Una solución conveniente es la utilización de cable de cobre con pantalla de plomo, como el indicado en la figura 2.



Fig. 2. Corte de un Cable XLPE

Si bien la vaina exterior de PE del cable es una barrera contra el ingreso de agua al XLPE, esta puede dañarse con facilidad (roedores o accidentes), es por eso que se recomienda la pantalla de plomo, ya que esta es mecánicamente más resistente.

En cuanto a la disposición de los cables, como ya se mencionó anteriormente existen dos variantes, tresbolillo y coplanar.

La alternativa más conveniente se determinará de un cálculo económico. Además de tener como variantes las disposiciones de los cables tenemos como variante el sistema de puesta a tierra a adoptar. Por un lado, se debe tener en cuenta que la disposición tresbolillo requiere zanjas más angostas y por lo tanto son más económicas que las de la disposición coplanar. Por otro lado, es sabido que la utilización de transposición de vainas (cross-bonding) en el sistema de puesta a tierra permite transportar más energía que otros sistemas. En la ecuación se debe considerar todo, tanto el costo de instalación y posterior mantenimiento del sistema de puesta a tierra, como el costo de la energía no suministrada por un sistema a diferencia de otro.

En nuestro caso las disposiciones utilizadas son: para 132 kV disposición tresbolillo con puesta a tierra efectiva en todas las fosas de empalme y para 220 kV tresbolillo con sistema de transposición de pantallas.

Es importante destacar que en el sistema de puesta a tierra con transposición de pantallas se debe verificar la aislación de la vaina para garantizar el funcionamiento correcto de la instalación. Por tal motivo se recomienda que luego de tendido los conductores se realice una prueba de vaina, y que luego de ejecutados los empalmes y tapadas las fosas se repita la misma. Cualquier falla de la vaina del cable, de la carcasa de los empalmes o del cable concéntrico que se utiliza para la transposición pone en riesgo la integridad del cable, de aquí la importancia de probar todos los componentes en forma conjunta.

Luego, con el cálculo térmico se terminará de dimensionar la instalación, determinando la distancia necesaria entre fases para poder transmitir la potencia establecida.

#### **4 ADQUISICIÓN DE MATERIALES**

En las distintas obras que se desarrollaron la compra de los materiales se hizo de varias maneras. En algunos casos se adjudicó la obra con provisión y montaje de materiales incluido, es decir del tipo "llave en mano", aunque últimamente la tendencia es adjudicar por separado la compra de los materiales de la contratación de la obra civil y el tendido del cable.

Con la separación de contratos mencionada es necesario establecer fronteras para las responsabilidades de contratista de la obra civil y tendido y las del proveedor o proveedores de los materiales y el montaje de accesorios. Todas las bobinas de cables a utilizar en la obra serán ensayadas en fábrica según las normas vigentes. Luego será responsabilidad del contratista de la obra civil su transporte y tendido en los ductos. Como se mencionó anteriormente, luego del tendido se hará sobre el cable el ensayo de la vaina exterior, a fin de demostrar que en el mismo no se produjeron daños durante el tendido (independientemente del sistema de puesta a tierra adoptado). De fallar el ensayo, el contratista de la obra civil será el único responsable del estado del cable. Con estas pautas se logra que el contratista de la obra civil construya los ductos con su mejor criterio a fin de que no se dañe el cable durante el tendido.

Tanto para el cable, como para los accesorios (empalmes y terminales) se realizan los ensayos de recepción en fábrica según las normas I.E.C. e I.E.E.E. que correspondan. Del mismo modo, previo a la adjudicación se verifica que todos los materiales tengan efectuados los ensayos de tipo recomendados por I.E.C o I.E.E.E.. De este modo se busca minimizar las posibilidades de falla de la instalación.

#### **5 OBRA CIVIL**

La ejecución de la obra civil es la etapa en donde se producen los impactos ambientales con la sociedad. Una buena planificación de las tareas durante la confección del proyecto nos permite reducir al mínimo las molestias que puedan ocasionarse. Es conveniente destacar que estos impactos son temporarios, correspondiendo a afectaciones puntuales de niveles sonoros, calidad del aire por emisiones de material particulado y gases, interacciones con el medio urbano ya sea en función de los vecinos frentistas, como del tránsito de las calles durante las obras.

Los impactos mas significativos de esta etapa corresponden a los posibles accidentes que pudieran ocurrir, tanto de personas o con estructuras pre existentes, debido a que el proyecto se desarrolla sobre un ámbito urbano casi pleno.

Debemos pensar que las excavaciones generan un gran movimiento de tierra. En las zonas en donde se desarrolle la traza se circulará con una gran cantidad de camiones y maquinarias. La gran circulación de maquinaria mencionada anteriormente, o la sola existencia de una zanja abierta son riesgos potenciales para los peatones o vehículos. Durante la ejecución de las tareas debe cuidarse la seguridad en la vía pública. Es por esto que nunca debe descuidarse la señalización y el vallado del área de trabajo. La señalización diurna se debe hacer con una cantidad adecuada de carteles indicadores de los peligros a los que se exponen las personas. La señalización nocturna debe hacerse con balizas luminosas que permitan visualizar la zona de trabajo sin inconvenientes.

Otras premisas importantes en el tema de seguridad es la contención de la tierra en cajones y el tapado de la zanja con rejillas cuando no se esta trabajando en ella.

Estas consideraciones además de permitirnos trabajar con las condiciones adecuadas de seguridad hacen que se minimice el impacto.

Previo a la ejecución de las excavaciones de la zanja se realizarán sondeos a efectos de relevar los obstáculos e instalaciones existentes en el subsuelo para poder confeccionar el proyecto ejecutivo.

La excavación de las zanjas, en las que se construirá el macizo de hormigón se realizarán en forma manual para evitar posibles daños o deterioros sobre otras instalaciones. Normalmente la forma de ejecutarlas cuando se desarrollan por calzada es un 50% a cielo abierto y 50% en túnel, sin interrupción del transito; y un 70% a cielo abierto y 30% en túnel cuando se desarrollan por vereda.



Fig. 3. Ejecución de obra civil

A fin de optimizar el avance de obra y según lo mencionado anteriormente, la utilización de ductos nos permitía trabajar en forma sectorizada, sin necesidad de abrir grandes longitudes de zanjeo. Si se dividen las obras por frentes de trabajo, cada frente abarcara 100 o 300 metros y se dividirá en tres tramos perfectamente identificados de 30 o 100 metros cada uno respectivamente, según el grado de urbanización de la zona:

Excavación

Hormigonado

Tapado y reparación de veredas y calzadas.

Durante la ejecución del macizo de hormigón, se dejaran ventanas cada 300 metros para la colocación de rodillos o empujadores que ayuden en el momento del tendido (figura 4).



Fig. 4. Tendido de Conductores

La longitud de las bobinas de cable será la que determine la distancia entre empalmes, y por ende, la cantidad de los mismos. Siempre es conveniente realizar la menor cantidad de empalmes, por un aspecto económico y por un aspecto de ambiental, ya que en la ejecución de fosas genera un impacto mayor al de la zanja. La limitación en la longitud de las bobinas puede deberse a cuestiones de fabricación o a cuestiones de transporte. En nuestro caso para 132 kV la longitud máxima de las bobinas es de aproximadamente 1000 metros y para 220 kV de 650 metros.

## 6 PUESTA EN SERVICIO

Una vez completada la totalidad de la obra se inicia la etapa de pruebas para la puesta en servicio de la instalación.

Debido al alto riesgo que se presenta al conectar un nuevo electroducto al sistema eléctrico, deben tomarse todos los recaudos para asegurar el buen funcionamiento del mismo.

Si bien en las sucesivas etapas de la construcción se fueron verificando las óptimas condiciones de los materiales es en esta etapa en donde se realizan las pruebas más importantes. Todos los materiales fueron ensayados en forma individual, pero nunca en conjunto. Es decir, que nunca se verificó el correcto montaje de empalmes y terminales.

Los ensayos posteriores al tendido es conveniente realizarlos en forma independientes a la red, para no comprometer la continuidad del servicio con el resultado del ensayo.

Anteriormente este ensayo se hacía con un equipo auxiliar de corriente continua, sometiendo al cable una tensión mayor a la nominal. Este ensayo es altamente cuestionado. No se puede determinar que tan representativo es el ensayo sobre la condición del cable ya que se lo esta solicitando a un esfuerzo dieléctrico diferente al que va a tener durante su servicio normal. Por otro lado, someter al cable a una tensión continua puede producir un envejecimiento prematuro en la aislación del mismo.

Con lo expuesto, se buscó la forma de cambiar el ensayo. Debía ser un ensayo independiente de la red, representativo del estado de la aislación y que no produjera ningún deterioro en el cable. Las alternativas son dos: ensayos a muy baja frecuencia (VLF) y ensayos con equipos resonantes.

Actualmente se han llevado a cabo ambas variantes en distintas instalaciones. Por razones operativas es más conveniente la variante con el equipo VLF.

Una vez superada la prueba de tensión, se conecta el cable a la red y se lo deja durante 24 hs. sin carga. Superado este lapso de tiempo se pone la instalación disponible al servicio.

Adicionalmente a los ensayos anteriores se ha estandarizado la ejecución de otras pruebas que se describen:

**Descargas Parciales:** Representa el estado inicial de la instalación, se obtiene un mapa metro a metro del cable, y de los empalmes. El resultado de este ensayo servirá en el futuro para analizar el envejecimiento de la instalación.

**Verificación del Sistema Cross-Bonding:** (para los casos en los que se utilice este sistema): Aun habiendo verificado la aislación de la vaina del sistema es importante verificar el correcto funcionamiento del mismo, esto puede hacerse inyectando una corriente trifásica en los conductores de potencia y midiendo la corriente inducida en la pantalla.

## **7 CONCLUSIONES**

Durante los últimos años se han construido una gran cantidad de electroductos subterráneos. Ha sido un desafío seguir el avance tecnológico en la construcción de los mismos. Se ha modificado el cable, el tipo de ducto, la forma de ejecución de la obra y los ensayos ha realizar.

Hoy en día este proceso sigue y ya se están analizando nuevas alternativas en la construcción del ducto. Las más destacadas son dos:

Instalación de un ducto con una fibra óptica en las cercanías de los cables de potencia para medir la temperatura del cable en tiempo real. Si bien el ducto se está instalando en todas las nuevas instalaciones, aun no se ha implementado el sistema.

Instalación de sensores en las puestas a tierra de los empalmes y terminales para la medición de descargas parciales y realizar un diagnostico de la aislación del cable.

Por otro lado, la instalación del cable de 220 kV que se realizó en el 2008 fue solo parte de una obra mayor que se llevará a cavo durante los próximos años, y que contempla una longitud de 40 km de similares características. Por lo expuesto es de suma importancia tomar la experiencia vivida y trasladarla en las futuras obras.