

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA.  
RECINTO UNIVERSITARIO SIMÓN BOLÍVAR.  
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN.  
INGENIERÍA ELÉCTRICA.**



*Líder en Ciencia y Tecnología*

**Tesis modalidad prácticas profesionales para optar por el título  
de Ingeniero Eléctrico.**

**TITULO DE LAS PRÁCTICAS PROFESIONALES:**

**Creación de nuevo circuito CLN-3030, en subestación las  
Colinas para el delastre de cargas de subestaciones (Ticuantepe  
y Altamira).**

**AUTOR:**

**Br. Jennifer Odalys Hurtado Leal.**

**2010-33248**

**TUTOR: Ing. María Fabiola Vanegas.**

**Universidad Nacional de Ingeniería.**

**Managua, octubre del 2021**

## GLOSARIO

**Delastre de cargas:** desconexión deliberada de ciertas cargas de un sistema eléctrico de forma manual o automática, como consecuencia de condiciones anormales de funcionamiento, para preservar la integridad de dicho sistema y minimizar las interrupciones masivas del servicio a consumidores.

**Subestación:** es una instalación destinada a establecer los niveles de tensión adecuados para la transmisión y distribución de la energía eléctrica. Su equipo principal es el transformador.

**Distribución eléctrica:** transferencia de energía eléctrica a los consumidores, dentro de un área específica.

**Barra:** Se llaman barras colectoras al conjunto de conductores eléctricos que se utilizan como conexión común de los diferentes circuitos que consta una subestación. En una subestación se puede tener uno o varios juegos de barras que agrupan distintos circuitos.

**Celda (switchgear):** al conjunto continuo de secciones verticales (celdas) en las cuales se ubican equipos de maniobra (interruptores de potencia, seccionadores, etc.), media (transformadores de corriente y tensión, etc.) y cuando se solicite equipos de protección y control montados en uno o más compartimentos insertos en una estructura metálica externa que cumple la función de recibir y distribuir energía eléctrica.

**Circuito eléctrico:** Es el recorrido establecido de antemano que una corriente eléctrica tendrá. Se compone de distintos elementos que garantizan el flujo y control de los electrones que conforman la electricidad.

**Línea Soterrada:** es una infraestructura para la transmisión de energía eléctrica o telecomunicaciones, son cables subterráneos.

**Canalización subterránea:** son esencialmente tubos de distintos materiales y características cuyo objetivo principal es proteger los conductores de cualquier daño que se trasladan de un lugar a otro bajo el suelo por medio de una canaleta de obra civil.

**Cajas de registro subterráneo:** son obras civiles hechas de concreto bajo el suelo, para realizar conexiones y derivaciones eléctricas entre los conductores subterráneos, que no pueden quedar desprotegidos.

**Interruptor telecontrolado:** elemento de maniobra cuyas características son las definidas para el interruptor. Adicionalmente va equipado con detección de paso de falla y puede ser maniobrado por telecontrol desde el COR.

**Seccionador:** Elemento de maniobra de accionamiento unipolar, manual por pértiga, capaz de abrir o cerrar circuitos con tensión y corrientes

**Cortacircuito fusible de expulsión:** elemento de protección y maniobra de accionamiento unipolar, manual por pértiga, capaz de abrir o cerrar circuitos con tensión y corrientes. Incluye un elemento fusible calibrado, que al fundir provoca la apertura del seccionador.

**Fusible:** elemento de protección que al fundirse aísla una parte de la red, por ejemplo, un racimo.

**Aislador:** elemento de mínima conductividad eléctrica, diseñado de tal forma que permita dar soporte rígido o flexible a conductores o a equipos eléctricos y aislarlos eléctricamente de otros conductores o de tierra.

**Alambre:** filo o filamento de metal, trefilado o laminado, para conducir corriente eléctrica. Anclaje: poste cuya función es contener o evitar la propagación de una falla como consecuencia de la rotura de un conductor.

**Apoyo:** nombre genérico dado al dispositivo de soporte de conductores y aisladores de las líneas o redes aéreas. Pueden ser postes, torres u otro tipo de estructura.

**Armado:** conjunto de materiales cuya función es sostener los conductores en el poste, definiendo la ubicación espacial de los mismos.

**Cable:** conjunto de alambres sin aislamiento entre sí y entorchado por medio de capas concéntricas.

**Cantón:** conjunto de vanos comprendidos entre dos postes con cadenas de amarre, donde se tiende y se regula el conductor.

**Capacidad de corriente:** corriente máxima que puede transportar continuamente un conductor en las condiciones de uso, sin superar la temperatura nominal de servicio.

**Carga:** la potencia eléctrica requerida para el funcionamiento de uno o varios equipos eléctricos o la potencia que transporta un circuito.

**Cimentación:** obra civil cuya función es transmitir las cargas de los postes al suelo, distribuyéndolas de manera que no superen su presión admisible.

**Corriente eléctrica:** es el movimiento de cargas eléctricas entre dos puntos que no se hallan al mismo potencial, por tener uno de ellos un exceso de electrones respecto al otro.

**Corto circuito:** unión de muy baja resistencia entre dos o más puntos de diferente potencial del mismo circuito.

**Factor de riesgo:** condición ambiental o humana cuya presencia o modificación puede producir un accidente o una enfermedad ocupacional.

**Flecha:** distancia vertical máxima en un vano, entre el conductor y la línea recta horizontal que une los dos puntos de sujeción.

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

**Norma técnica:** documento aprobado por una institución reconocida, que prevé, para un uso común y repetido, reglas, directrices o características para los productos o los procesos y métodos de producción conexos, servicios o procesos, cuya observancia no es obligatoria.

**Plano eléctrico: representación** gráfica de las características de diseño y las especificaciones para construcción o montaje de equipos y obras eléctricas.

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

**Sistema eléctrico:** conjunto de medios y elementos útiles para la generación, transporte, distribución y uso final de la energía eléctrica.

**Tabla de regulación:** tabla que indica las tensiones con las que se deberá tender el conductor en un cantón determinado, bajo las condiciones climáticas señaladas en la Tabla de Tendido. Además, indica el valor de la flecha que se espera en cada vano que conforma el cantón.

**Tabla de tendido:** tabla que indica las tensiones y flechas que presenta el conductor, para distintos valores de vano regulador, en aquellas condiciones climáticas establecidas (temperaturas sin sobrecarga) para el tendido en un cantón de la línea.

**Vano:** distancia horizontal entre postes contiguos en una línea de distribución.

**CNDC:** centro nacional de despacho de carga.

**COR:** control de la operación de la red.

**BDI:** base de datos de instalaciones.

**ITC:** interruptor telecontrolado.

**SGT:** sistema de gestión de trabajos.

**UUC:** unidades constructivas.

**RTE:** Recepción técnico económico.

**RLAT:** Reglamento de líneas eléctricas de alta tensión.

# CONTENIDO

CONTENIDO .....	V
RESUMEN EJECUTIVO .....	1
1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO .....	2
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO .....	3
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
3. ALCANCES .....	4
3.1 CARACTERIZAR EL ANÁLISIS REALIZADO POR PARTE DEL CENTRO NACIONAL DE DESPACHO DE CARGA (CNDC), EN LAS REDES DE DISNORTE/DISSUR. ....	4
3.2 REALIZAR UN LEVANTAMIENTO DE RED EXISTENTE PARA DETERMINAR LAS MODIFICACIONES EN LAS REDES EXISTENTES O A INSTALAR. ....	7
3.2.1 <i>Puntos de protección para derivadas</i> .....	13
3.2.2 <i>Puntos fronteras entre circuitos</i> .....	15
3.3 ELABORAR DISEÑO, CÁLCULOS, DETALLES SOTERRADOS E INFORME.....	17
3.3.1 <i>Diseño en AutoCAD</i> .....	17
3.3.2 <i>Cálculo de conductor</i> .....	19
3.3.3 <i>Metodología de cálculos mecánicos</i> .....	22
3.3.4 <i>Tablas de cálculos mecánicos</i> .....	34
3.3.5 <i>Metodología para redes soterradas</i> .....	36
3.3.6 <i>Ejemplo de detalle soterrado</i> .....	48
3.3.7 <i>Estaqueo</i> .....	49
3.3.8 <i>Elaboración de informe</i> .....	50
3.3.9 <i>Presupuesto</i> .....	51
3.4 REALIZAR UNA PROGRAMACIÓN FÍSICA DE LAS ACCIONES A EJECUTAR PARA EL SEGUIMIENTO Y EJECUCIÓN DE LA OBRA DISEÑADA .....	54
3.4.1 <i>Principales pasos para la ejecución de un proyecto</i> .....	54
3.4.2 <i>Replanteo</i> .....	55
3.4.3 <i>Descargo</i> .....	55
3.4.4 <i>Izado de apoyos</i> .....	57
3.4.5 <i>Acopio de materiales</i> .....	58
3.4.6 <i>Tendido de conductores</i> .....	58
3.4.7 <i>Retenidas</i> .....	59
3.4.8 <i>Puesta a tierra</i> .....	59
3.4.9 <i>Recepción</i> .....	60
4. PRESENTAR PLANOS ACTUALIZADOS DE LA NUEVA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN.....	62
5. CRONOGRAMA .....	64
6. ÁREA DE TRABAJO .....	66

7.	IMPORTANCIA (IMPACTO DEL TEMA) .....	67
8.	CONCLUSIÓN.....	68
	ANEXOS.....	69

## RESUMEN EJECUTIVO

La presente práctica profesional es una referencia al lector que indaga acerca de la creación de nuevo circuito CLN-3030, en subestación las colinas para el delastre de cargas de subestaciones (Ticuantepe y Altamira), como también la elaboración de su diseño y ejecución de este proyecto.

El presente documento está estructurado de tal forma explicar los alcances previos para de este proyecto y sus objetivos específicos lo que permitirá dar una idea general de su contenido, donde se deja entre ver la importancia de crear un nuevo circuito, para liberar carga a otros circuitos existentes colindantes, que se encuentran casi al límite de su capacidad y con limitaciones para poder asumir cargas futuras.

En los diferentes puntos de este proyecto específicamente alcances técnicos se verá todo lo que son las normativas de construcción y sus puntos destacados en la obra como también los objetivos planteados y ejecutados.

En la descripción del proyecto se presenta metodologías que deben ser implementadas como su levantamiento y diseño eléctrico, como también es presentar los principales pasos para la ejecución de la obra eléctrica, además se expone el proceso cálculos mecánicos.

Elaboración de planos requeridos en el diseño de líneas aéreas trifásicas según manual de construcción proyecto tipo 13.2/24.9 kV.

EL cual utiliza la Distribuidora de electricidad DISNORTE - DISSUR para construcción o normalización de nuevas redes o existentes, este trabajo está un ejemplo de diseño en el que se trata de llevar de la mano al lector durante todo el desarrollo del proyecto, explicándoles de manera muy sencilla; con el fin de que luego pueda aplicar este proceso en sus propios diseños, sin embargo, es importante aclarar que todas las redes construidas por el gobierno de Nicaragua a través del Ministerio de Energía y Minas aplican como referencia la norma ENEL 1998, ejemplo; Proyectos PER o PENSER Componente 1 y 2; para el resto de construcción la Distribuidora exige que sea bajo la normativa tipo.

En anexos el lector encontrara tabla y gran variedad de información que le ayudarán a seguir ampliando sobre el tema de diseño de redes de distribución. Es de mucha importancia, y hace énfasis en esto, que el lector conozca y domine las distintas normas de diseño de redes de distribución que actualmente se utilizan en nuestro país.



## **1. Descripción general del proyecto**

Las redes de distribución de energía eléctrica a nivel nacional han presentado una serie de cambios o modificaciones debido al incremento en la demanda energética, por consiguiente, presentando cambios en las características de construcción.

El presente trabajo se enfoca en presentar una propuesta técnica para brindar solución a la gran demanda de consumo energético que se presenta en la zona de las Colinas, las Jaguitas, carretera a Masaya y sector Santo Domingo (Managua), así de igual manera tomando en cuenta la proyección de futuras cargas. Se realizará la presentación de un diseño, definiendo una trayectoria para un nuevo circuito de media y baja tensión, donde este asumirá cargas de los circuitos Altamira y Ticuantepe, ejecutándose 4.92km en extensión, conversión, repotenciación de la red de media tensión existente y 18mts de red soterrada para la salida de subestación.

En el documento se analizará y se presentará los diferentes procedimientos que se tomarán en cuenta para la realización y ejecución del proyecto antes mencionado, considerando los pasos a seguir en un proyecto de red de distribución lo cuales son muy importantes y nos permiten determinar la pre factibilidad del proyecto tales como, avances técnicos y rentabilidad tecno económico, con este último se determina la posibilidad del mismo, hay otra serie de procesos que son necesarios implementar para poder conllevar las etapas o proceso de culminación.

Cabe mencionar que una vez aprobado el estudio técnico, la obra se presenta al área de proyectos en donde se procede a realizar levantamientos en manuscritos de forma clara y precisa, con el fin de determinar los alcances tanto de red de media tensión como de baja tensión, luego se elabora el diseño eléctrico con base a criterios establecidos previamente, así mismo el diseño eléctrico en media y baja tensión, son debidamente justificados con cálculos que determinan o garantizan la confiabilidad del proyecto, y basándose estrictamente en criterios técnicos establecidos en las normativas vigentes, tales como la norma de la Empresa Nicaragüense de Electricidad (ENEL 98), proyecto tipo, Código de Instalaciones Eléctricas de Nicaragua (CIEN) y el Código Eléctrico Nacional (NEC).

## **2. Objetivos del proyecto**

### **2.1 Objetivo General**

Diseñar, construir y supervisar la realización de una red aérea de media y baja tensión, en la creación de un nuevo circuito CLN-3030 perteneciente a la subestación las Colinas, con una longitud total de 9.06km de línea troncal.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar el análisis realizado por parte del centro nacional de despacho de carga (CNDC), en las redes de la Distribuidora.
- Realizar un levantamiento de red existente para determinar las modificaciones en las redes existentes o por instalar.
- Elaborar diseño, cálculos, detalles soterrados e informe final del proyecto.
- Realizar una programación de las acciones a efectuar para el seguimiento y ejecución de la obra diseñada.

Presentar planos actualizados de la nueva red de distribución eléctrica de media y baja tensión.

### **3. Alcances**

El proyecto de nuevo circuito (CLN3030), concerniente a la subestación las Colinas, el cual tendrá contemplado criterios técnicos y normas que se establece en las líneas aéreas de media y baja tensión las cuales serán aplicadas al nuevo circuito a crear, esto por la necesidad de mejorar la calidad del servicio eléctrico a los clientes y asegurar las condiciones de la red, para enfrentar el crecimiento vegetativo de la zona.

Cabe mencionar que dicho proyecto se realizará en secciones, es decir que la línea troncal se construirá no en su totalidad sino en tramos, esto debido a la necesidad y requerimiento en asumir cargas de los circuitos ALT-3010, ALT-3020 y TCP-3010. La línea troncal estará definida por redes existente con calibre de conductor 3/0 y 1/0 ACSR y nuevos tramos de red con calibre de conductor 336.4MCM, eventualmente se realizará la conversión de total de la línea a 336.4 MCM, de acuerdo al requerimiento que presente la línea y conforme al Plan de sostenibilidad de la Distribuidora.

El Ámbito de cada subestación, es establecer los puntos frontera entre subestaciones, la definición del dominio eléctrico de cada subestación, en este caso referido a para el circuito Colinas CLN 3030

Definición del dominio eléctrico de cada subestación, aplicar un modelo de este, según la topología del terreno, definir líneas principales, derivadas y subderivadas. Obtener una conectividad de forma que se pueda operar según el modelo, Pétalo apoyado, colocar elementos de corte ente la línea principal y las derivadas y subderivadas.

Al redefinir las redes existentes a red principal (troncal) se tendrá que suprimir elementos de cortes situados en lugares inadecuados, ya que dicha línea principal deberá estar libre de estos elementos en todo su recorrido, y finalmente la adecuación de las secciones de conductores.

#### **3.1 Caracterizar el análisis realizado por parte del centro nacional de despacho de carga (CNDC), en las redes de DISNORTE/DISSUR.**

Se realiza análisis por parte del centro nacional de despacho de carga (CNDC), quienes se encargan de la coordinación, supervisión y control de la operación de la red (COR), con el fin de unificar los criterios utilizados para la ejecución de maniobras de la red de distribución, utilizar un lenguaje común que permita la interpretación correcta de las instrucciones y solicitudes que se realicen, ejecutar maniobras con seguridad, garantizar las operaciones en el sistema eléctrico con criterios de economía, confiabilidad, seguridad y calidad, garantizar la seguridad

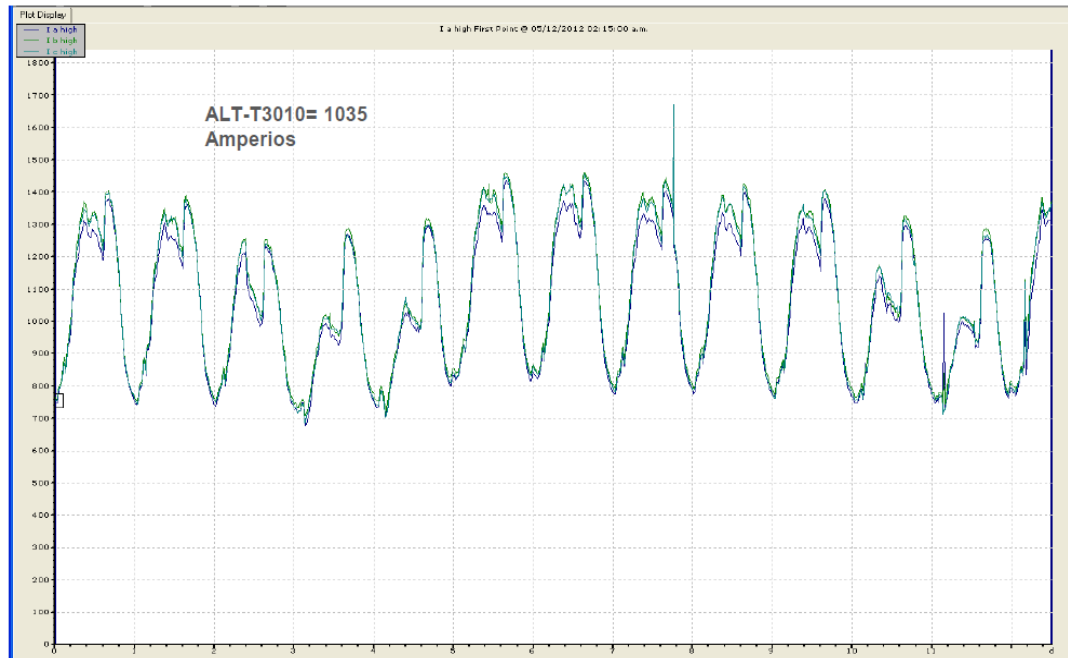
de las personas, de los equipos y prevenir fallas en el sistema debidas a errores en la operación.

Dicha área, al dirigir la operación del sistema de la red de distribución, participa en el análisis de la red, elaborando un registro de informes mensuales y anuales de los eventos y datos históricos que ocurran en el sistema, planteando la necesidad de la creación de un circuito nuevo, esto debido al crecimiento histórico de la carga en todo el perímetro de la zona las Colinas, las Jaguitas, carretera a Masaya y sector Santo Domingo (Managua), el cual se encuentran alimentados por circuitos pertenecientes de subestaciones Altamira y Ticuantepe.

El informe por parte la oficina técnica de operación, donde indican el estado en el que se encuentran las barras en las salidas de las subestaciones, en curvas de corriente:

- La barra N° 1 de subestación Altamira ALT-3010, con un registro de 1035 amperios, estando a un 84% de su cargabilidad.

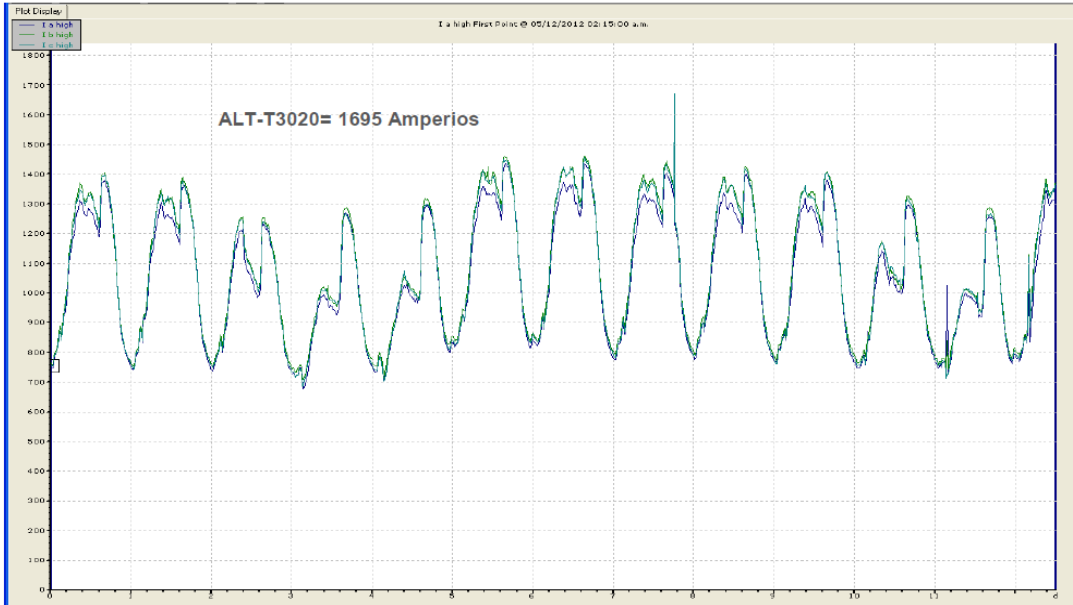
Actualmente la barra ALT-T3010 registra 1035 amperios, estando al 84% de su cargabilidad, este valor limita la capacidad de la barra para asumir cargar futuras. Debido a esta situación se hace necesario trasladar carga a la nueva SE Las Colinas brindando un servicio de calidad a los clientes evitando disparos por sobrecarga.



Fuente: SCADA - proporcionada por área de despacho de carga.

- La barra N° 2 de subestación Altamira ALT-3020, con un registro de 1695 amperios, estando a un 87% de su cargabilidad.

Actualmente la barra ALT-T3020 registra 1695 amperios, estando al 87% de su cargabilidad. Este valor limita la capacidad de la barra para asumir nuevas cargas futuras. Debido a esto se hace necesario trasladar carga a la nueva SE Las Colinas con la finalidad de brindar un servicio de calidad a los clientes evitando disparos por sobrecarga.

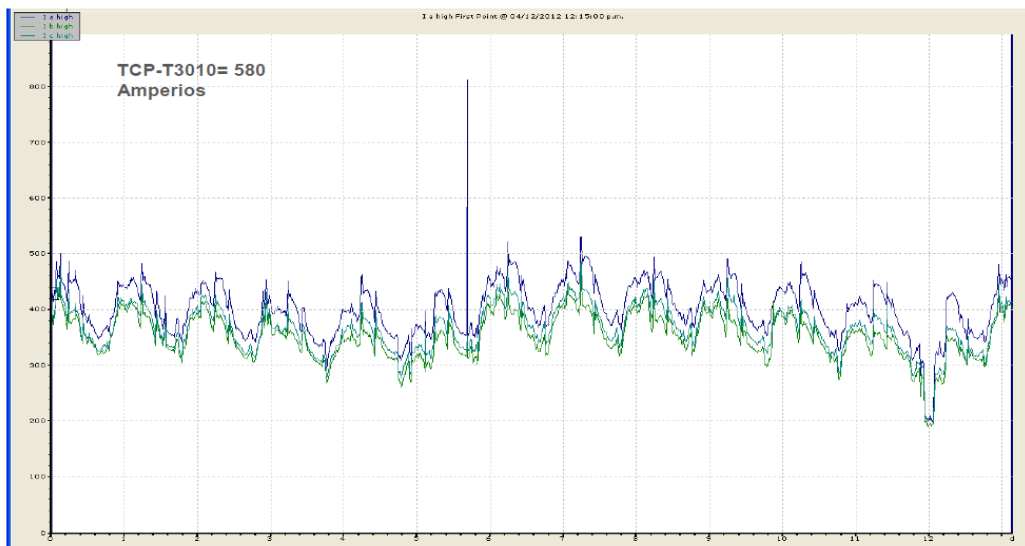


**Figura N°2.** Curvas de corriente.

**Fuente:** SCADA - proporcionada por área de despacho de carga.

- La subestación Ticuantepe 1, TCP-3010, con un registro de 580 amperios, estando a un 76% de su cargabilidad.

Actualmente la barra TCP-T3010 registra 580 amperios, estando al 76% de su cargabilidad y el crecimiento vegetativo de la zona compromete a la distribuidora a proyectar actuaciones futuras para evitar que la barra quede limitada para alimentar nuevas cargas futuras.



**Figura N°3.** Curvas de corriente.

**Fuente:** SCADA - proporcionada por área de despacho de carga.

Estos valores limitan la capacidad de las barras para asumir cargas futuras, solicitando mejoras a la red.

Con los registros históricos de la zona donde se indica que los circuitos Altamira y Ticuantepe no podrían asumir las demandas de carga actuales ni futuras, se solicita la creación un nuevo circuito, que asegure mitigar las necesidades del sector, adecuando parte de las cargas existentes de la subestación Altamira, circuitos (ALT3010, ALT-3020), así mismo el circuito (TCP3010) de la Subestación Ticuantepe, el cual registran una capacidad limitada para asumir cargas futuras, esto permitirá a la Distribuidora obtener un mejor aprovechamiento de las redes, brindando un mejor servicio y evitando disparos por sobrecarga.

Las acciones a realizarse para este circuito se encuentran justificadas producto del análisis por parte de Planificación y Distribución, debido a la necesidad, mejora de las redes y calidad de servicio; así como la disponibilidad de nuevas conexiones de futuros cliente, por lo que se encuentra en el plan de Sostenibilidad- Desarrollo de red, de la Distribuidora, catalogada como prioridad por la demanda de carga de clientes grandes, como PriceSmart, Cargill y Embajada Rusa.

El plan de Sostenibilidad- Desarrollo de red, de la Distribuidora no es más que la necesidad a la mejora de sus redes en mejora y calidad de servicio; así como la disponibilidad de nuevas conexiones de futuros clientes. Por lo que dichas acciones a realizarse para este circuito se encuentran justificadas producto del análisis de planificación y Distribución.

### **3.2 Realizar un levantamiento de red existente para determinar las modificaciones en las redes existentes o a instalar.**

De acuerdo con las consideraciones planteadas, se procede a realizar el levantamiento, donde se debe de tener en cuenta que es una de las principales etapas del proyecto, ya que nos muestra el estado actual de las redes de media y baja tensión.

El levantamiento deberá tener el siguiente contenido:

1. Número y calibre de conductores primarios y secundarios
2. Conjuntos primarios y secundarios.
3. Postes primarios y secundarios su dimensión y esfuerzo.
4. Tipos de retenidas.
5. Topología del terreno.

Un levantamiento se debe de realizar de forma clara y legible, realizado conforme las solicitudes recibidas anteriormente, con suficiente información para realizar el diseño y utilizando la simbología indicada por la Distribuidora DISNORTE-DISSUR.

Se debe mostrar toda la trayectoria de la red aérea de media tensión o baja tensión, según aplique el caso, una vez representado la red, se debe de describir todos aquellos elementos que componen una red eléctrica que propone adecuar de acuerdo con las soluciones planteadas y solicitadas por el encargado del área de supervisión y el proyectista que realiza el levantamiento.

Para el levantamiento, se hará uso de herramientas, como:

**Odómetro:** esta herramienta, es muy importante, debido a que se utiliza para medir distancias de puntos a puntos, en unidades metros. También para anular dudas con las distancias del ancho de aceras, calles, andenes, predios baldíos. Las distancias que son tomadas en cuenta para extender red de media o baja tensión se realizan con este instrumento, nosotros como diseñador debemos de respetar cierta distancia de seguridad vertical y horizontal de acuerdo al calibre del conductor a implementar en el proyecto, esto depende de la longitud del vano propuesto, en mutuo acuerdo a lo medido por el odómetro.

**Dispositivo GPS:** con esta herramienta podemos obtener las de coordenadas UTM de los puntos de apoyos existentes o a instalar.

**Un registro fotográfico:** Las fotografías deben de ser lo más puntualizadas a lo que se quiere detallar, en el campo se debe de tener en cuenta cuatros enfoques; una foto frontal del apoyo, una foto solamente enfocando los armados de media y baja tensión, logrando apreciar con mucha mejor claridad, clientes asociados y estado de los elementos, dos fotos panorámicas en ambas direcciones.

Una fotografía puede ser usada para justificar una acción, por eso es muy importante el uso adecuado de esta herramienta.



**Figura N°7.** Sistema de Posicionamiento Global.  
**Fuente:** Garmin GPS



**Figura N°8.** Odómetro.  
**Fuente:** Truper.

Siguiendo la propuesta por parte de oficina técnica de operación, para la definición de línea troncal del nuevo circuito, la cual deberá ser clara y legible, gracias a los equipos mencionados anteriormente. En el proceso de levantamiento se trabajará en conjunto entre el diseñador y la oficina técnica de operación para determinar la línea troncal del nuevo circuito (CLN-3030) y especificar las líneas que serán contempladas como derivadas o subderivadas. Habiendo definido la línea troncal, líneas derivadas y líneas subderivadas, se deberá solicitar a la oficina técnica de operación, las acciones a efectuar con los elementos de protección existentes, como cortacircuitos fusibles, seccionadores de barra solida e interruptores telecontrolados, sean reubicados, retirados, a instalar o se tengan que repotenciar, ya que dicha línea principal debe quedar protegida.

De una manera simplificada para una línea principal el número de interruptores telecontrolados puede determinarse según la potencia instalada para este caso.

En caso de línea principal apoyada, el elemento de maniobra del punto frontera será telecontrolado, si la suma de las potencias de las dos líneas es superior a 5000 kVA.



En las líneas principales de la red urbana aérea, además de los Interruptores telecontrolados se instalarán elementos de corte en carga de accionamiento manual cada 2000 kVA de potencia instalada.

Del levantamiento realizado se encontraron lo siguientes datos generales.

Circuito LCL-3030

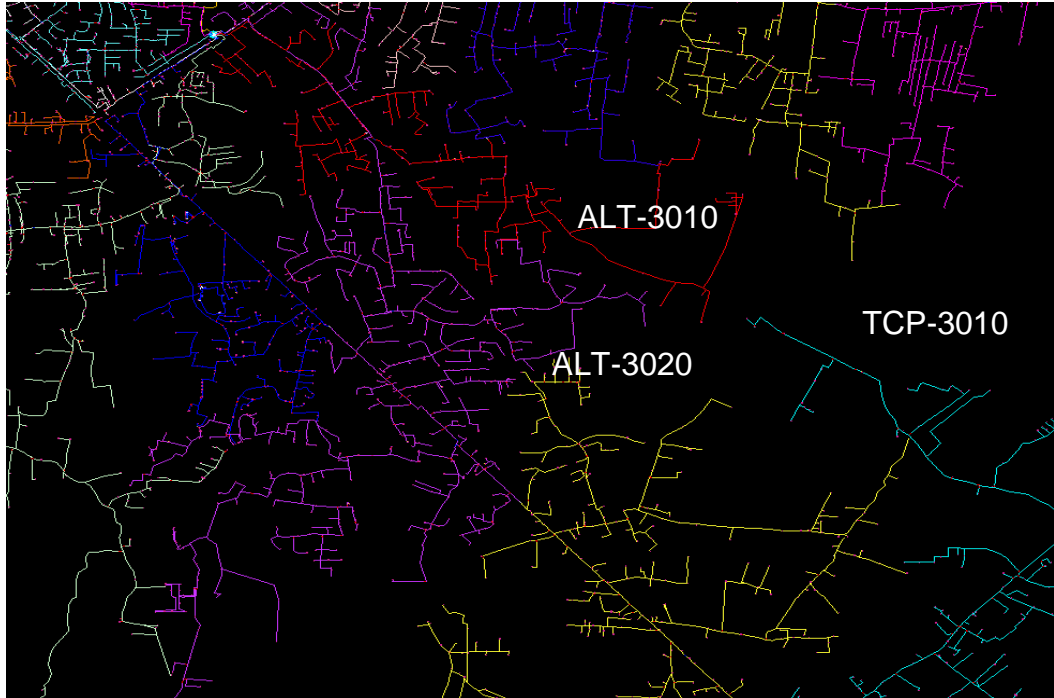
- Existe 2.54 KM de 336 ACSR de estos:
  - a) 1.805 de la troncal con calibre del conductor 336 ACSR del circuito ALT-3020.
  - b) 1.185 KM de la troncal con calibre del conductor 336 ACSR del circuito ALT-3010
  
- Se levantó 4.92 Km de estos:
  - a) Se re-potenciará a conductor 336 ACSR perteneciente al circuito ALT-3020
    - ❖ 1.23Km red área MT trifásica con calibre de conductor #2 ACSR
    - ❖ 0.92Km red área MT trifásica con calibre de conductor 1/0 ACSR
  - b) Se convertirá de monofásico a trifásico con conductor 336 ACSR perteneciente al circuito ALT-3010:
    - ❖ 0.90 Km de red área MT monofásica con calibre de conductor #2 ACSR
    - ❖ 0.98 Km red área MT monofásico con calibre de conductor 1/0 ACSR
  - c) Se construirán 0.89 metros de red aérea MT trifásica con calibre de conductor 336ACSR.

Respetando los criterios ya descritos con anterioridad y en mutuo acuerdo a las normativas vigentes, ya sean norma ENEL 98 y PROYECTO TIPO.

Por otra parte, la topología del lugar es muy importante ya que permite emplazar la red a instalar con mayor seguridad y sin complicaciones.

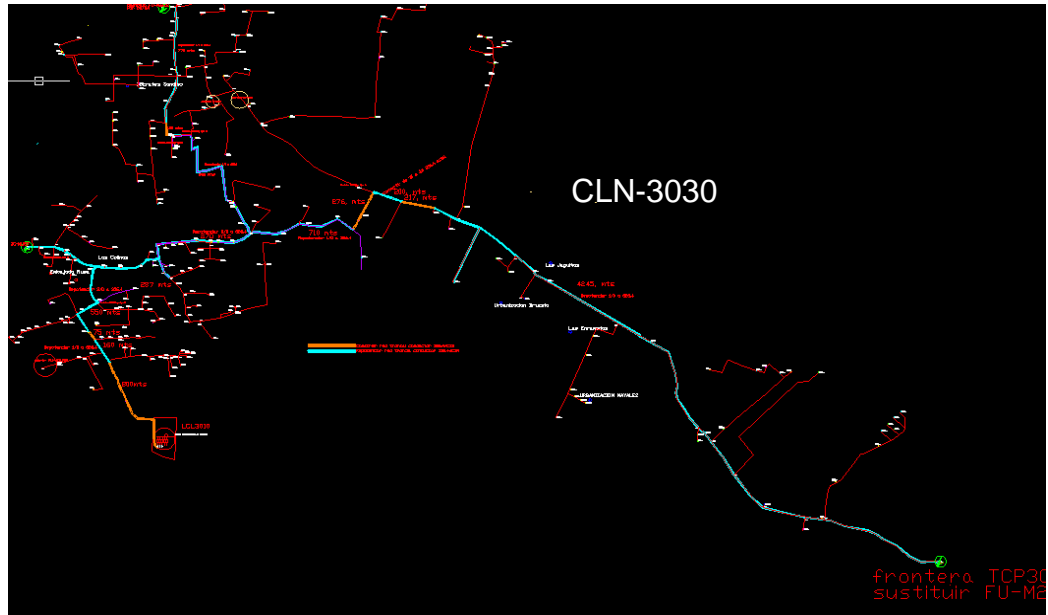
Oficina técnica de operación realiza una propuesta del posible dominio de las redes troncales y puntos de apoyo a otros circuitos (TCP-3010, ALT-3010 y ALT-3020), a construir por medio de la base de datos de instalaciones (BDI), donde se encuentran representadas gráficamente las instalaciones eléctricas, en la concesión de la Distribuidora, dicha propuesta quedará sujeta a cambios, en base a los datos reales que se obtengan en el levantamiento, de acuerdo a la factibilidad del terreno.

- Dominio circuitos ALT-3010, ALT-3020 y TCP-3010



**Figura N°9.** Dominio de circuitos  
**Fuente:** base de datos de instalaciones BDI

- Dominio del nuevo circuito Colinas (CLN-3030)



**Figura N°10.** Proyección del dominio de circuito CLN-3030  
**Fuente:** Extracción BDI- a Auto CAD.

La subestación ubicada en el Km10 carretera a Masaya, 3 cuadras este, 2 cuadras sur, deberá cumplir con el criterio de funcionamiento con n-1 elementos, con transformación fija, apoyo de otra subestación a través de la red de MT. La

salida del circuito será soterrada o subterránea, desde la barra en la subestación (cuarto de celda) a un punto donde se instalará un paso aéreo soterrado para que la línea trocal continúe aérea, por lo que en ese trayecto de línea soterrada se realizará canalizaciones y se construirán cajas de registro. Para el alojamiento seguro de línea principal.

La red troncal o línea principal trifásica que parte de la subestación, contiene la mayor sección de línea y posee la mayor carga del circuito, esta línea troncal posee líneas derivadas con configuraciones trifásicas o monofásicas alimentando un área determinada a la que se conecten los centros de transformación y Líneas subderivadas que parte de las líneas derivadas en configuraciones trifásicas o monofásicas.

Los puntos de apoyo se determinan en estructura llamada Pétalo Apoyado, la cual consiste en el que dos circuitos que parten de dos puntos de alimentación distintos de otra subestación a través de la red de media tensión, por medio de puntos frontera. Ambas líneas principales de cada subestación tendrán la capacidad para socorrerse mutuamente, esto mediante un elemento de maniobra llamado interruptor tele controlado.

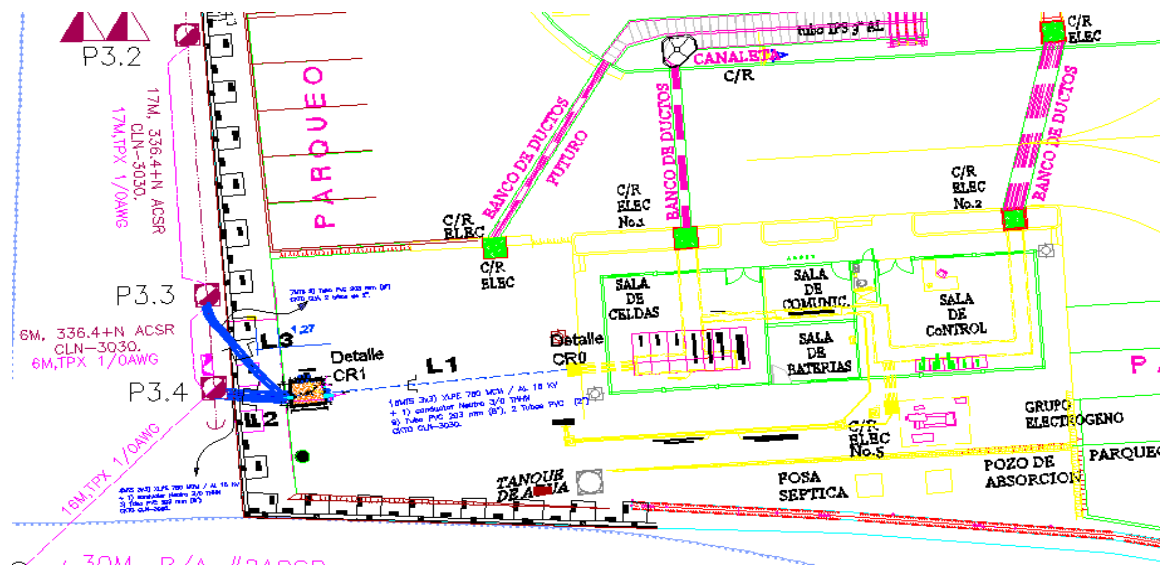
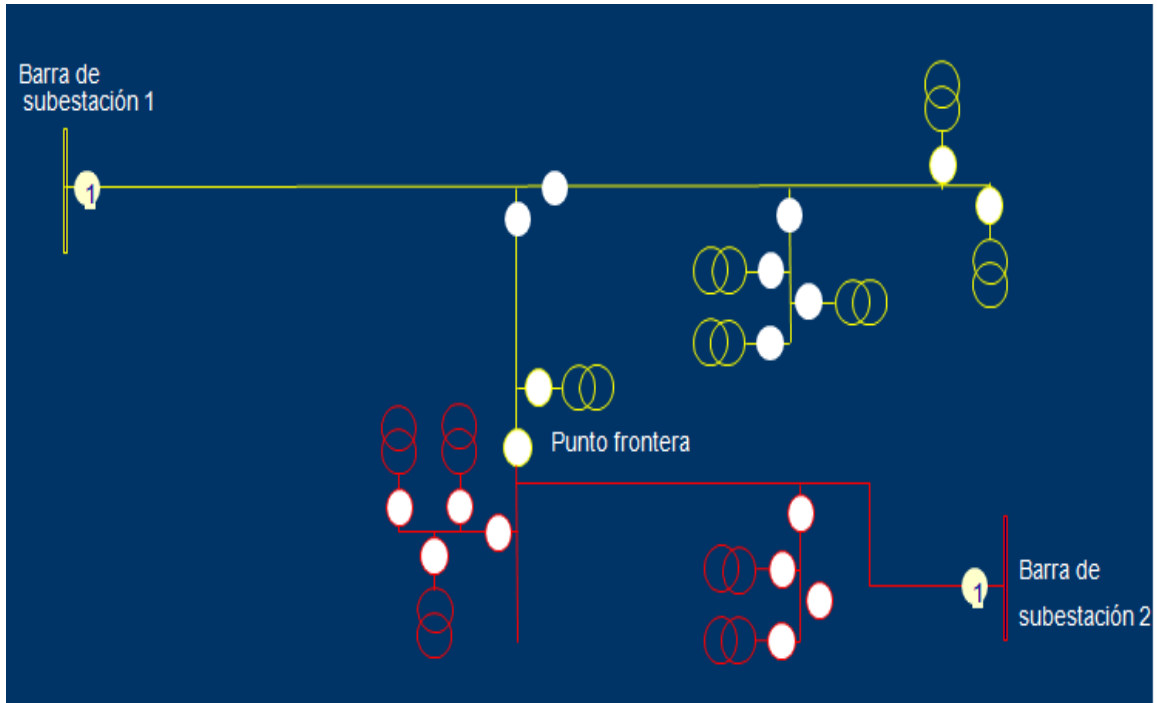


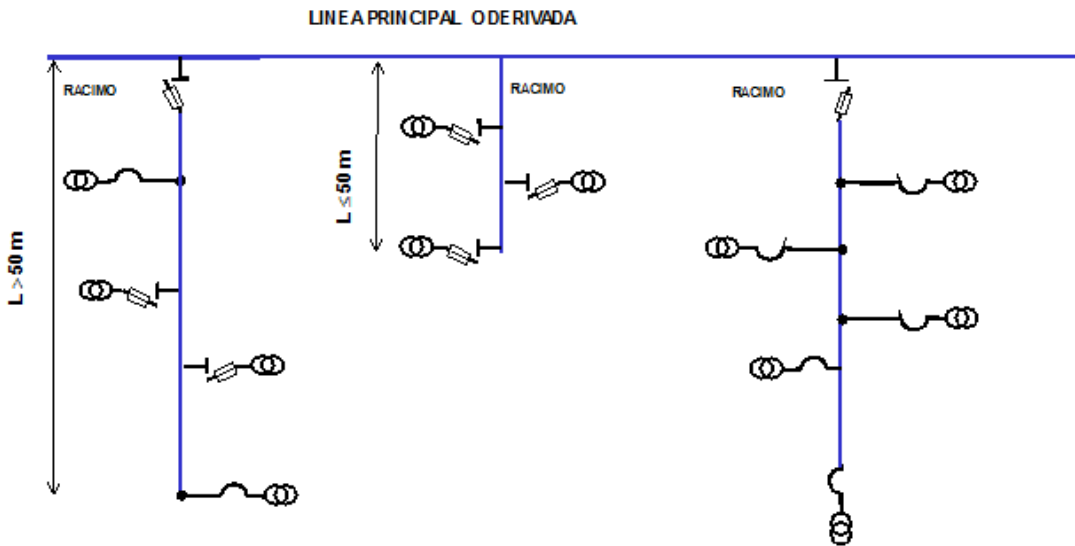
Figura N°11. Salida de circuito CLN-3030 de Subestación  
Fuente: Diseño Auto CAD.



**Figura N°12.** Arquitectura de red- tipología de red  
**Fuente:** Copyright Gas Natural SDG, S.A.

### 3.2.1 Puntos de protección para derivadas

Los ramales o pequeñas derivaciones con longitud inferior a 50 m se considerarán parte de la línea de la que derivan, a la que se conectarán rígidamente, en consecuencia, solo se instalará el elemento de corte o protección en el origen del ramal en caso de que este alimente transformadores.



**Figura N°13.** Diagrama de una línea troncal  
**Fuente:** Arquitectura de red aérea Caribe.

En la adecuación de las redes aéreas existentes. Se admite la existencia de derivaciones que podrán ser apoyadas si se cumplen las siguientes condiciones: Solo se aplicará a derivaciones trifásicas con potencia instalada superior a 2000 kVA.

- La derivada tendrá en la conexión a cada una de las líneas un elemento de corte del mismo tipo. Reconectores, autoseccionadores, o Seccionadores-fusibles (XS).
- El punto frontera entre las dos líneas puede ser uno de estos elementos de corte, o bien uno intermedio en la línea derivada. En este caso será siempre un seccionador.
- El socorro solo se dará a la derivación, no debiéndose usar para socorro entre líneas principales. Por tanto, los dos elementos de conexión a las líneas principales y el punto frontera, si existe, no podrán estar simultáneamente cerrados.
- La derivada deberá tener una sección uniforme.

Línea conectada a la principal, que alimenta una determinada área o mercado y a la que se conectan los centros de transformación y racimos. Será generalmente abierta, Los criterios de aplicación determinaran los núcleos o mercado alimentados por una derivada que deban tener alimentación de socorro.

La derivada se conectará a la línea principal a través de un elemento de maniobra que se elegirá de acuerdo con el valor:

$$D = (P - Pd) \times L$$

Siendo:

P : Potencia total, en kVA, instalada en el segmento, incluida la derivada.

Pd: Potencia, en kVA, instalada en la derivada

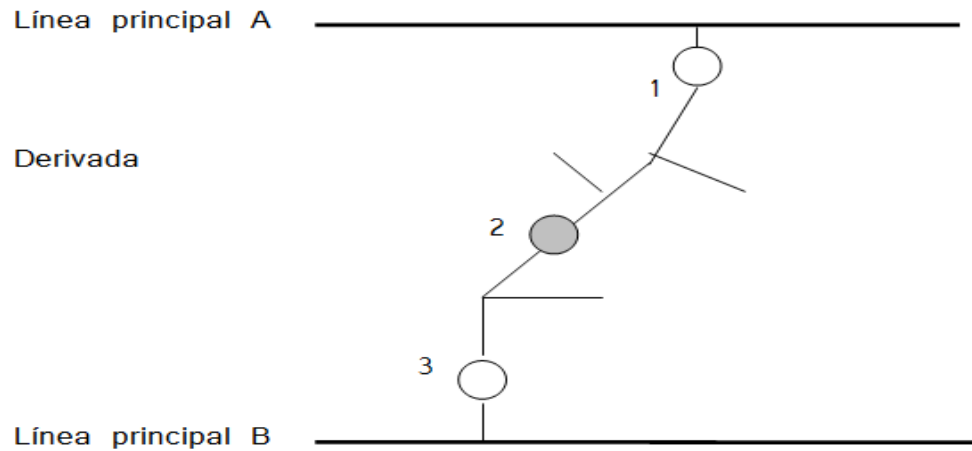
L: Longitud total de las líneas que componen la derivada.

De acuerdo con este criterio el elemento de maniobra a instalar podrá ser:

Reconector

Autoseccionador

Seccionador fusible

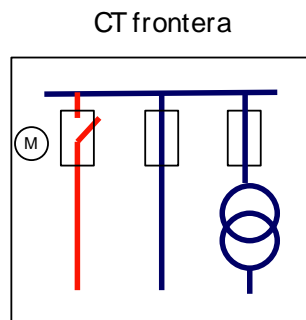
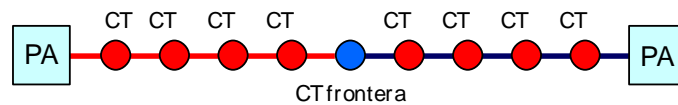


1. Elemento de derivación de línea A
2. Punto frontera
3. Elemento de derivación de línea B

**Figura N°14.** Diagrama de una línea troncal  
**Fuente:** Arquitectura de red aérea Caribe.

### 3.2.2 Puntos fronteras entre circuitos.

Para este proyecto de nuevo circuito con estructura **Pétalo apoyado**, estructura en el que los dos circuitos que lo forman parten de dos puntos de alimentación distintos. Estos circuitos confluyen en un punto frontera común, generalmente un CT. En dicho punto frontera, uno de los dos interruptores estará telecontrolado (circuito abierto en el esquema). Además del punto frontera, los criterios de aplicación determinarán los centros de transformación de cada circuito que deberán estar telecontrolados. Estos circuitos podrán ser trifásicos o monofásicos.



**Figura N°15.** Diagrama de una línea troncal  
**Fuente:** Arquitectura de red aérea Carib

### **Ocupación de la red:**

Esta estructura es la inicialmente prioritaria en la remodelación de la red, en poblaciones con más de un punto de alimentación, ya que permite el trasvase total de carga entre puntos de alimentación. El crecimiento y llenado de la misma determinará su evolución hacia las estructuras más complejas que se describen a continuación.

### **Línea principal:**

Línea eje de la estructura que tiene su origen en el interruptor automático de la salida en la subestación y finaliza en el punto frontera (PF) con otra línea principal, procedente de la misma o de otra subestación. Ambas líneas tendrán capacidad para socorrerse mutuamente en las condiciones fijadas por los criterios de aplicación.

El elemento de maniobra situado en el punto frontera será un interruptor telecontrolado. Además del punto frontera, los criterios de aplicación determinarán la instalación de otros interruptores telecontrolados en puntos intermedios de la línea principal. A la línea principal se conectarán indistintamente líneas derivadas o racimos.

Cuando por razones de distribución geográfica, confluyan en un punto frontera tres líneas principales, se admitirá la conexión entre ellas de forma que cada una pueda ser socorrida por alguna de las otras dos. Este punto se denomina Punto Triple (PT). En todo caso, las maniobras se efectuarán mediante interruptores telecontrolados.

### **Segmento:**

Tramo de línea principal, comprendido entre dos interruptores telecontrolados. A fin de reducir los tiempos de localización de faltas, se admite la instalación en cada segmento de la línea principal de un elemento de corte intermedio, de operación local, denominado Seccionador, siempre que se cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

Longitud del segmento:  $>10$  km.

Número de derivadas conectadas en el segmento:  $\geq 2$

Nº derivadas x km. (derivadas + segmento)  $> 50$

### **3.3 Elaborar diseño, cálculos, detalles soterrados e informe.**

#### **3.3.1 Diseño en AutoCAD.**

En el diseño de una Red de Distribución Aérea (MT/BT), la primera consideración que se hace, por supuesto, son las características eléctricas, partiendo de la carga a instalar se determinan los demás elementos de la Red, capacidad de los Bancos de Transformadores, Niveles de Tensión, Calibre de los conductores dentro de los límites permisibles de caída de tensión, etc. La segunda consideración a tener en cuenta son las características mecánicas de los materiales a utilizar para distribuir la energía eléctrica a través de la red a diseñar.

Este diseño, el cual se llevará a cabo mediante secciones a lo largo de la trayectoria de red definida como troncal del nuevo circuito, realizando conexiones y separación de red de media tensión entre la red a construir y la existente, donde este asumirá cargas de los circuitos Altamira y Ticuantepe.

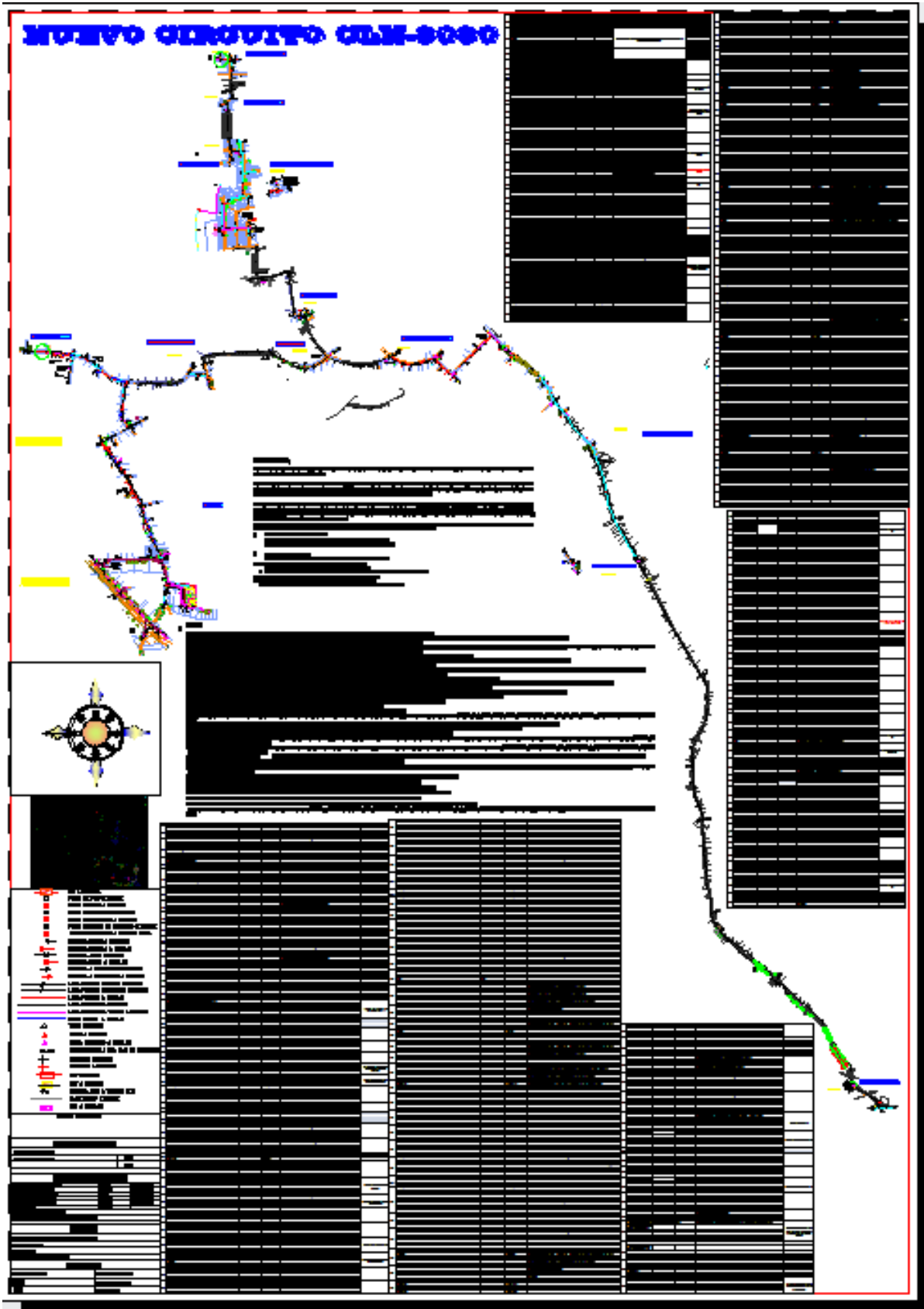
En diseño al recorrido de línea troncal, se le realizarán adecuaciones como cambios de estructuras en media tensión, instalaciones de nuevos apoyos, normalizaciones de redes de media y baja tensión de red abierta a red trenzada, de igual manera se indicarán las afectaciones de la zona al momento de los descargos debidamente programados.

El diseño eléctrico, es realizado con la información obtenida en el levantamiento, se efectúa en programa ingenieril AUTOCAD, donde se traza la cartografía del lugar, garantizando que se muestre toda la trayectoria de la red aérea de media tensión o baja tensión, según aplique el caso, una vez representada la red, se debe describir todos aquellos elementos que la componen, existentes y propuestos a instalar, como calibres de conductores de media y baja tensión, apoyos de concreto o madera ( altura, danaje, estado en el que se encuentran), armados de media y baja tensión, transformadores, elementos de protección y maniobra, retenidas ( aéreas, sencillas, dobles, verticales), puestas a tierra (sencillas o en anillo cerrado).

Todo lo anterior deberá de cumplir con las normativas vigentes, Norma ENEL 98 y proyecto tipo, establecidas por la Distribuidora.

Elaborado el diseño en el programa AUTOCAD, se procede a realizar únicamente cálculos mecánicos y tablas de tendido a la red definida como troncal, ya que no se realizarán modificaciones a las cargas existentes ni a las redes que quedarán definidas como derivadas. Terminados los cálculos se procederá a efectuar una tabla de estaqueo donde se contemplen los elementos de la red existentes, retirar, reubicar e instalar, así mismo se realizarán detalles a puntos especiales: donde se instalen seccionadores de barra sólida, para la línea soterrada, detalles de canalizaciones y cajas de registro.





**Figura N°16.** Diseño Auto CAD.  
**Fuente:** Propia, planos en anexos.

### **3.3.2 Cálculo de conductor**

#### **a) Selección técnica de la sección transversal del conductor.**

Los conductores usados en las redes de distribución de media tensión son del tipo ACSR, conductor desnudo, y en los circuitos troncales o principales están del rango del calibre 4/0 AWG hasta 477 MCM, entonces la selección de la sección transversal del conductor se rige bajo los siguientes criterios:

- a) Límite de tensión aplicada.
- b) Capacidad de conducción de corriente.
- c) Potencia máxima a transportar.
- d) Máxima caída de tensión permisible.
- e) Pérdidas técnicas de transporte de energía.
- f) Selección económica del calibre del conductor

De acuerdo con las normas de construcción nacional para las redes eléctricas de distribución (Manual ENEL 1998 de Especificaciones Técnicas de Materiales) los conductores eléctricos utilizados deben cumplir con las siguientes normas:

- ASTM B230 Cables de aluminio 1350-H19 para propósitos eléctricos.
- ASTM B398 Cables de aleación de aluminio 6201-T81 para propósitos eléctricos.

#### **b) Límite de tensión aplicada.**

En este caso la aplicación en las instalaciones de Media Tensión (MT) tipo aéreo su valor es mayor a 1000 V ( $\geq 1000$  V), en este caso, las redes MT existentes en nuestro país Nicaragua, tienen los niveles de voltaje de 13,800 Voltios para redes de distribución urbanas y de 24,900 V, para redes distribución rural, siendo este el valor límite actualmente normado para estas redes de distribución.

De acuerdo con la norma ENEL-98 con las especificaciones ASTM B-232, ASTM B-498, ANSI/UL44 y la ISO-9001, los cables de aluminio desnudos reforzado con alma de acero galvanizado clase "A", ACSR, cumplen con estas condiciones técnicas para voltajes hasta 35,000 V para los calibres 4/0 AWG, 266.8 MCM, 336.4 MCM y 477 MCM.

### c) Capacidad de conducción de corriente. Conductor desnudo ACSR

La capacidad de conducción o ampacidad, que pueden pasar por los conductores, se puede apreciar en la Tabla No. 1:

Código	Calibre (AWG/MCM)	Ampacidad (A)
Penguin	4/0	340
Partridge	266.8	460
Merling	336.4	530
Pelican	477	670

**Tabla 1** Ampacidad de Conductor ACSR

Fuente: PHELPS DODGLE ACSR

La ampacidad, indica la máxima corriente que puede conducir un conductor dado su calibre. Esta capacidad es afectada principalmente por los siguientes factores:

- Temperatura.
- Capacidad de disipación del calor producido por las pérdidas en función del medio en el que se encuentre el conductor.

Ambos factores pueden ser despreciables porque el conductor estará directamente al medio ambiente y es desnudo, es decir, tiene una ventilación permanente.

### d) Potencia máxima a transportar.

La potencia máxima que puede transportar la línea vendrá limitada por la intensidad máxima admisible del conductor, y por la caída de tensión máxima que se fija en Normativas del Ente Regulador.

La máxima potencia de transporte de una línea trifásica, limitada por la intensidad máxima admisible, se determinará mediante la siguiente expresión:

$$P_{\max} = \frac{(m \cdot \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{\max} \cdot \cos \varphi_m)}{1000} \quad \text{Ec. (1)}$$

Fuente: Proyecto Tipo Líneas eléctricas aéreas

Siendo:

**P<sub>max</sub>**: Potencia máxima que puede transportar la línea (MW).

**m**: N° de circuitos (1 ó 2).

**U**: Tensión nominal compuesta de la línea (kV).

**I<sub>max</sub>**: Intensidad máxima admisible del conductor (A).

**cosφ<sub>m</sub>**: Factor de potencia medio de las cargas receptoras.

A fin de establecer la potencia máxima que se puede transportar para cada calibre de conductor ACSR de la tabla anterior, establecemos los valores de su capacidad máxima de corriente, el número de conductores por fase, que en este caso es un conductor por fase, el nivel de voltaje de línea del circuito que es 13.8 kV (este voltaje es su voltaje nominal) y el factor de potencia que es igual a 0.85 en atraso que se estableció previamente.

En la Tabla No.2 se observa la potencia máxima a transportar por los diferentes calibres de conductor del tipo ACSR.

Calibre de conductor ACSR	Número de conductores por fase(m)	Voltaje de línea del Sistema (kV)	Corriente máxima admisible del conductor	Factor de potencia	Potencia Máxima a Transporta (MW)
					$P_{\max} = m \cdot \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{\max} \cdot \cos \phi_m$
4/0	1	13.8	357	0.85	7.24
266.8	1	13.8	475	0.85	9.64
336.4	1	13.8	519	0.85	10.53
477.0	1	13.8	646	0.85	13.11

**Tabla 2** Potencia Máxima a transportar con Coe=0.85 y V=13.8Kv

### e) Máxima caída de tensión permisible.

Partiendo de las características eléctricas de los conductores de energía, como son su resistencia eléctrica (R) y su reactancia óhmica (X), es posible calcular la sección adecuada de calibre de conductor, para la conducción de corriente, cuando se limita la caída de tensión por transporte de energía a un determinado valor, mediante el cálculo de la impedancia óhmica a un determinado factor de potencia.

Dadas las características particulares de distribución será necesario tener en cuenta la caída de tensión que se produce en la línea, debido a las cargas que estén conectadas a lo largo de esta.

La aplicación de este método permite llegar a resultados aproximados muy útiles cuando se quieren analizar diferentes soluciones con distintas configuraciones de línea. Se supone que la carga está concentrada en el punto final de la línea.

Podemos expresar la caída de tensión en una línea trifásica como:

$$\Delta U = \frac{P \cdot Z \cdot L}{1000 \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{P \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \operatorname{sen} \varphi) \cdot L}{1000 \cdot U \cdot \cos \varphi} (KV) \quad \text{Ec. (2)}$$

Fuente: Proyecto Tipo Líneas eléctricas aéreas

Siendo:

$\Delta U$ : Caída de tensión compuesta (kV).

Z: Impedancia por fase y por kilómetro de línea ( $\Omega/\text{km}$ ).

L: Longitud del tramo de línea (km).

P: Potencia consumida la final de la línea (kW).

U: Tensión en el punto receptor de la línea (kV).

$\varphi$ : Ángulo de fase ( $^\circ$ ).

R: Resistencia de la línea por fase y por kilómetro ( $\Omega/\text{km}$ ).

X: Reactancia de la línea por fase y por kilómetro ( $\Omega/\text{km}$ ).

En la Tabla No. 3 se puede observar las diferentes Impedancias según el calibre.

Codigo	Calibre (AWG/MCM)	Resistencia a 75 <sup>o</sup> C, $\Omega/\text{km}$	Reactancia a 60 Hz, $\Omega/\text{km}$	Impedancia $\Omega/\text{km}$
Penguin	4/0	0.2760	0.3440	0.4410
Partridge	266.8	0.2130	0.3440	0.4046
Merling	336.4	0.1680	0.3440	0.3828
Pelican	477.0	0.1184	0.3440	0.3638

Tabla 3 Impedancias por calibre de conductor

### 3.3.3 Metodología de cálculos mecánicos

El propósito de los Cálculos Mecánicos de redes es determinar la tensión mecánica con que debe ser tendido un conductor, según la longitud del vano y el valor de la temperatura en el momento del tendido, de forma que, al variar esta última y sobrecargarse el conductor por efecto del viento, la tensión del mismo en las condiciones más desfavorables no llegue a sobrepasar una fracción determinada de la carga de rotura.

Las normas de DISNORTE - DISSUR, tienen su origen en las normas del Proyecto Tipo, esta a su vez toman los criterios del Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión (RLAT) de 1968. En marzo de 2008, se publicó un nuevo Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión (RLAT) quinta edición, que contempla cambios de criterios para las instalaciones aéreas.

Partiendo de esta nueva edición RLAT, se han actualizado parámetros e hipótesis para el cálculo mecánico de redes aéreas y elaborando nuevas tablas de cálculo, para facilitar a los técnicos su utilización.

Los conductores usados para líneas eléctricas de media tensión (LAMT) son del tipo heterogéneo, conformados por hilos de aluminio y acero. Es por eso que el cálculo mecánico se debe hacer en función del módulo de elasticidad y del coeficiente de dilatación correspondiente a la proporción de aluminio y acero que conforman el conductor. El valor de los coeficientes los da el fabricante del conductor.

Para los conductores homogéneos (triplex), el cálculo es el mismo, solo que los coeficientes corresponden al tipo de material sea aluminio (AAC) o aleación de aluminio y acero (AAAC).

Los conductores de líneas eléctricas aéreas están sometidos a la influencia de:

- Cambios de la temperatura ambiente.
- Cambios de la velocidad del viento.

Estas magnitudes de origen climático actúan sobre los conductores modificando la tensión mecánica inicial que se da durante el tendido.

Los cambios de temperatura alteran la longitud de los conductores tendidos, produciendo alargamiento o acortamientos.

- Si la temperatura aumenta, la longitud del conductor será mayor (alargamiento), la flecha que forma la parábola será mayor y simultáneamente disminuirá la tensión mecánica.
- Si la temperatura baja, la longitud del conductor será menor (acortamiento), la flecha disminuirá y por ende la tensión mecánica aumentará.

Las modificaciones de la longitud de los conductores se producen en función del coeficiente de dilatación lineal del mismo ( $\alpha$ ).

La tensión mecánica que al variar produce una alteración de la longitud del conductor en función del alargamiento elástico, es la inversa del módulo de elasticidad de este (E).

El viento actúa como una sobrecarga ya que, al sumarse geométricamente al peso propio del conductor, hace que el efecto sea un aumento aparente de dicho peso propio.

En todos los casos a ser considerados se supone que el vano entre apoyos permanece invariable (vano regulador).

Por consiguiente, se deduce que es necesario tener en cuenta las variaciones de temperatura y sobrecargas que se pueden presentar, para que se cumpla con la tensión máxima admisible, flechas, distancias de seguridad, etc.

Todas las modificaciones que se prevén en el funcionamiento mecánico de las líneas se reflejan en una relación entre ellas, que se llama Ecuación de Cambio de Condiciones.

### **Las zonas en que se dividirá el área de concesión de la Distribuidora y el país serán.**

#### **Zona A - Franja de 50 km del litoral Atlántico: Vientos de 120 km/h.**

Es una extensa llanura o explanada comprendida en una franja de 50 km perpendicular a cualquier parte del litoral Atlántico del país, en el área de la concesión de la Distribuidora.

#### **Zona B – Zona Rural: Vientos de 100 km/h.**

Se refiere al resto de áreas no urbanas que comprende zonas agrícolas, ganaderas, llanuras, planicies o montañas donde existen viviendas dispersas. Se considerarán zonas rurales las comunidades, comarcas, sobre los caminos y carreteras fuera de la zona urbana.

#### **Zona C – Zona Urbana: Vientos máximos de 80 km/h.**

Corresponde al área de la capital, las ciudades y pueblos donde existe cerrada concentración de edificaciones, comercios o viviendas.

Todas las zonas se ubican a una altura inferior a los 2,000 MSNM.

Cuando la red a construir en un determinado proyecto abarque dos zonas, se deberá construir con el criterio de cada zona, instalando una estructura de anclaje en el punto de cambio de zona.

Si existiere duda sobre la selección de la zona correcta, se deberá consultar DISNORTE-DISSUR, siendo esta última la que resolverá cualquier discrepancia y se pronunciará al respecto. Para los terceros, si no es área de concesión de DISNORTE-DISSUR, deberán verificarlo con la empresa operadora de ese sector.

La escala fue creada por Sir Francis Beaufort, oficial naval e hidrógrafo irlandés, para la navegación en alta mar alrededor de 1805. Se estandarizó en 1923, y la medida fue estandarizada para uso en tierra y mejorar su utilidad para los meteorólogos. Hoy, usualmente se numera a los huracanes con valores entre 12 y 16 utilizando la escala de huracanes de Saffir-Simpson, donde un huracán de categoría 1 lleva un número de Beaufort de 12, el de categoría 2, Beaufort 13, etc.

Número de Beaufort	Velocidad del viento (km/h)	Nudos (millas náuticas/h)	Denominación	Aspecto del mar	Efectos en tierra
0	0 a 1	< 1	Calma	Despejado	Calma, el humo asciende verticalmente
1	2 a 5	1 a 3	Ventolina	Pequeñas olas, pero sin espuma	El humo indica la dirección del viento
2	6 a 11	4 a 6	Flojito (Brisa muy débil)	Crestas de apariencia vítrea, sin romper	Se caen las hojas de los árboles, empiezan a moverse los molinos de los campos
3	12 a 19	7 a 10	Flojo (Brisa Ligera)	Pequeñas olas, crestas rompientes.	Se agitan las hojas, ondulan las banderas
4	20 a 28	11 a 16	Bonancible (Brisa moderada)	Borreguillos numerosos, olas cada vez más largas	Se levanta polvo y papeles, se agitan las copas de los árboles
5	29 a 38	17 a 21	Fresquito (Brisa fresca)	Olas medianas y alargadas, borreguillos muy abundantes	Pequeños movimientos de los árboles, superficie de los lagos ondulada
6	39 a 49	22 a 27	Fresco (Brisa fuerte)	Comienzan a formarse olas grandes, crestas rompientes, espuma	Se mueven las ramas de los árboles, dificultad para mantener abierto el paraguas
7	50 a 61	28 a 33	Frescachón (Viento fuerte)	Mar gruesa, con espuma arrastrada en dirección del viento	Se mueven los árboles grandes, dificultad para caminar contra el viento
8	62 a 74	34 a 40	Temporal (Viento duro)	Grandes olas rompientes, franjas de espuma	Se quiebran las copas de los árboles, circulación de personas muy difícil, los vehículos se mueven por sí mismos.
9	75 a 88	41 a 47	Temporal fuerte (Muy duro)	Olas muy grandes, rompientes. Visibilidad mermada	Daños en árboles, imposible caminar con normalidad. Se empiezan a dañar las construcciones. Arrastre de vehículos.
10	89 a 102	48 a 55	Temporal duro (Temporal)	Olas muy gruesas con crestas empenachadas. Superficie del mar blanca.	Árboles arrancados, daños en la estructura de las construcciones. Daños mayores en objetos a la intemperie.
11	103 a 117	56 a 63	Temporal muy duro (Borrasca)	Olas excepcionalmente grandes, mar completamente blanca, visibilidad muy reducida	Destrucción en todas partes, lluvias muy intensas, inundaciones muy altas. Voladura de personas y de otros muchos objetos.
12	+ 118	+64	Temporal huracanado (Huracán)	Olas excepcionalmente grandes, mar blanca, visibilidad nula	Voladura de vehículos, árboles, casas, techos y personas. Puede generar un huracán o tifón

Figura N°17. Escala de vientos de huracanes.

### Viento máximo y reducido por Zona:

El período de retorno adoptado para el cálculo de las velocidades de viento máximas en líneas de distribución es de 36 años. Por ello, se ha tomado el coeficiente 0,925 para pasar de un período de 50 a 36 años.

La siguiente tabla refleja los valores máximos de viento ( $V_{m\acute{a}x}$ ) asumidos para cada una de las zonas definidas en el mismo (estos valores han sido ajustado o redondeados):



Zona	Área	Categoría	$V_{ráfaga\ 50\ años.}$	$V_{ref\ 36\ años}$	$K_r$	Calculando $V_{max.}$	Viento (definido)
A	50 km litoral A.	I	120	111	1,08	119,88	120
B	Rural	II	110	102	1	102,00	100
C	Urbana	III	100	93	0,85	79,05	80

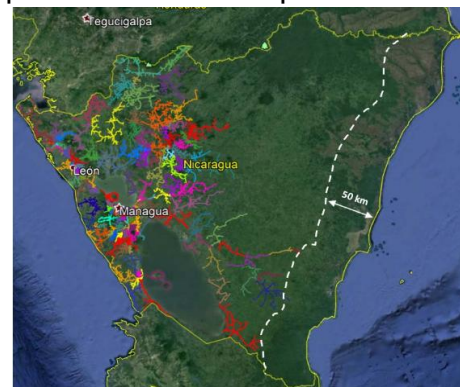
Tabla B2.2 – Categorías de terreno según IEC por su nivel de exposición al viento y valores de  $K_R$  y  $\alpha$

Categoría IEC	Características	$K_R$	$\alpha$
I ó A	Área costera. Grandes extensiones de campo abierto, plano o casi plano, sin abrigo, como pantanos, pastizales y labrantíos sin cercas de arbustos o piedra.	1,08	0,12
II ó B	Terreno abierto con muy pocos obstáculos. Ejemplo: aeropuertos, campos cultivados sin árboles ó edificaciones cercanas. Las obstrucciones tienen alturas de 1.5 a 10 m con una distancia mínima de 1.500 m.	1,00	0,16
III ó C	Terreno cubierto por numerosos obstáculos (árboles, edificios, etc.) poco espaciados pero de pequeña altura. Las obstrucciones presentan alturas de 3 a 5 m y con una distancia mínima, en la dirección del viento, de 500 m ó 10 veces la altura de la mayor construcción	0,85	0,22

Teniendo en cuenta las características meteorológicas y geográficas del país, se definieron las tres áreas o zonas, en cada una de ellas variarán las condiciones en las que se realizarán los cálculos mecánicos del conductor para las distintas hipótesis.

Zona de Viento	Área	
	$V_{max.}$ (km/h)	$V_{red.}$ (km/h)
A	120	72
B	100	60
C	80	48

La hipótesis de viento reducido es emplea en el cálculo de esfuerzo resultante para postes, cuando se produce un desequilibrio de tracciones. Mecánicos del conductor para las distintas hipótesis.



Las tablas de regulación indican las flechas y tensiones con las que debe ser instalado el cable en función de la temperatura ambiente y sin actuar sobrecarga alguna.

El cálculo mecánico de una red a diseñar se realiza en función de ciertas consideraciones como son:

1. El módulo de elasticidad y coeficiente de dilatación de los conductores, si estos conductores no son homogéneos, se debe considerar la proporción de los materiales que lo componen.
2. Las características meteorológicas y geográficas de la zona donde se instalen las redes.
3. La flecha que tomarán los conductores en los diferentes vanos y para las distintas hipótesis.
4. Las características mecánicas de apoyos y crucetas a utilizar en el proyecto.
5. La tensión mecánica a la que se verán sometidos los conductores al variar las condiciones ambientales en las distintas hipótesis.
6. El comportamiento frente a la aparición de fenómenos vibratorios.

### **Criterios para cálculos mecánicos:**

Todo diseño de una red de distribución debe realizarse bajo los criterios de una norma, podrán existir diversos textos que expongan las expresiones de cálculo, pero estos se aplican con norma específica, en nuestro caso, aplicamos el Proyecto Tipo:

- Longitud del vano
- Temperatura Ambiente
- Zona de Viento (A, B o C)
- Área (Urbana o Rural)
- Tipo de Conductor
- Velocidad de Viento a 100 km/h, Área B
- Altitud menor de 2000 m, Zona 1
- Tense Máximo de Conductor, Coeficiente de seguridad: 3
- Esfuerzo Nominal de Poste, Coeficiente de seguridad: 2
- Tense máx. Cable de Retenida, Coeficiente de seguridad: 1.5
- Hipótesis de condiciones anormales

### **Método realización de cálculos mecánicos:**

1. Selección del conductor Primario MT, conductor Neutro y conductor BT en caso de existir simultáneamente
2. Obtener las características mecánicas de los conductores (diámetro nominal en mm, peso en daN/m, carga de rotura en daN)
3. Obtener las tablas de regulación para cada conductor, se puede utilizar las tablas en anexos de Proyecto Tipo según la Zona y Área correspondiente.
4. Definir los cantones de la red considerando la topografía del terreno, derechos de vías, los accesos a las propiedades privadas, etc.

5. Definir las estructuras de MT y BT de cada apoyo y obtener los puntos de aplicación de cada conductor determinando la distancia con respecto a la cogolla del poste (extremo superior), según manual constructivo.
6. Determinar el vano regulador para cada cantón. Según expresión de cálculo dada.
7. Determinar la tensión máxima de cada hilo de conductor en las tablas de regulación del conductor para la condición de flecha máxima e hipótesis de viento y temperatura.
8. Determinar el esfuerzo por sobrecarga transversal de cada apoyo debida a la presión del viento.
9. Determinar el esfuerzo equivalente que se ejerce sobre el apoyo debido a la presión del viento, trasladando los esfuerzos individuales al punto crítico del poste, cuyo punto se encuentra generalmente a 0.30m de la cogolla del poste.
10. Determinar el esfuerzo nominal del apoyo a instalar en cada punto considerando los esfuerzos equivalentes. En el caso de los apoyos en ángulo, se determina las retenidas a instalar.
11. Determinar el esfuerzo debido a la carga longitudinal de cada apoyo en fin de línea y apoyos de anclaje considerándolos como fin de Línea en sus respectivos cantones, por cada conductor.
12. Presentar los resultados obtenidos de forma tabulada, según tablas en anexos del Proyecto Tipo. Las cuales se presentarán en las tablas de vano regulador y características de apoyo.

**Ecuaciones implementadas en cálculos mecánicos:**

<b>Tipo de Apoyo</b>	<b>Esfuerzo Transversal</b>	<b>Esfuerzo Longitudinal</b>
Apoyo Alineamiento	$F_t = p_v \cdot a_v$	<i>No aplica</i>
Apoyo en Angulo	$F_t = p_v \cdot a_v \cdot \cos^2\left(\frac{\beta}{2}\right) + 2 \cdot T_{m\acute{a}x} \cdot \sen\left(\frac{\beta}{2}\right)$	
Apoyo Fin de Línea	$F_t = p_v \cdot \frac{a_v}{2}$	$F_l = T_{m\acute{a}x}$

**Tabla 4:** Ecuaciones para cálculos mecánicos.

**Fuente:** Norma Tipo Memoria LAMT

Dónde:

Ft = Esfuerzo transversal que se transmite al apoyo debido al cable o conductor eléctrico

Pv = Fuerza por unidad de longitud que ejerce el viento sobre el conductor (daN/m).

β= ángulo de la red existente o a instalar.

Cada una de las expresiones dadas en la tabla resumen se aplican para determinar el esfuerzo correspondiente que transmite el conductor individual al apoyo a través de su medio de fijación, por lo tanto, este cálculo debe realizarse por cada hilo, según el calibre y el punto de aplicación, o sea, se debe de tener en cuenta que tipo de red es, ya sea monofásica. Bifásica o trifásica, además se debe tener presente el esfuerzo del conductor neutro.

### **Teoría del Eolovano:**

Se define Eolovano como la semisuma de los vanos adyacentes al apoyo y se utiliza para determinar el esfuerzo transversal que, debido a la acción del viento sobre el conductor, estos transmiten al apoyo. Para desarrollar el cálculo de los Esfuerzos Transversales, debido al viento, que los conductores transmiten al aislador, estos a la cruceta y luego al apoyo, se aplica la teoría del Eolovano.

$$a_v = \frac{a_1 + a_2}{2} \text{ (m)}$$

$a_v$  = longitud del eolovano medido en dirección longitudinal (metros).

$a_1$  = longitud del vano anterior medido longitudinalmente (metros).

$a_2$  = longitud del vano posterior medido longitudinalmente (metros).

### **Presión del viento:**

La presión que ejerce el viento en el conductor por unidad de longitud, está relacionada con el diámetro del conductor y con la velocidad del viento y se determina mediante la siguiente expresión.

$$P_v = 4.7238 \times v^2 d \times 10^{-6} = (daN/m)$$

Donde:

$P_v$ : presión del viento sobre el conductor por unidad de longitud.

$V$ : Velocidad en km/h

$d$ : Diámetro del conductor en mm

**La presión del viento conductores más usado en Nicaragua.**

Conductor	Veloc del Viento (km/h)	Peso del Cond (daN/m)	Presión del Viento (daN/m)
477 MCM ( <i>Hawk</i> )	120 km/h	0,956	1,482
336,4 MCM ( <i>Linnet</i> )	120 km/h	0,676	1,244
266 MCM ( <i>Partridge</i> )	120 km/h	0,535	1,109
4/0 ( <i>Penguin</i> )	120 km/h	0,433	0,973
1/0 ( <i>Raven</i> )	120 km/h	0,212	0,688

**Tabla 5** Presiones del viento  
**Fuente:** Norma Tipo Memoria LAMT

#2 ( <i>Sparrow</i> )	120 km/h	0,184	0,545
Cuádruplex 4/0	120 km/h	1,570	2,721
Triplex 4/0	120 km/h	1,189	2,381
Cuádruplex 1/0	120 km/h	0,870	2,245
Triplex 1/0	120 km/h	0,631	1,837
Triplex #2	120 km/h	0,351	1,428

**Tabla 6** Presiones del viento  
**Fuente:** Norma Tipo Memoria LABT

**Vano ideal de regulación:**

El comportamiento de la componente horizontal de la tensión del cable en un cantón, o conjunto de vanos comprendidos entre dos apoyos de anclaje, se puede asemejar al comportamiento del mismo cable en un único vano llamado vano ideal de regulación.

La longitud del vano de regulación se determina mediante la siguiente expresión:

$$a_r = \sqrt{\frac{\sum a_i^3}{\sum a_i}} \text{ (m)} \quad a_i = \text{longitud de vanos del cantón en metros.}$$

Con el Vano Ideal de Regulación se determina el Tense Máximo del conductor para ese cantón, considerando las hipótesis de sobrecarga y las condiciones de temperatura en las Tablas de Regulación.

a:b	100	200	300	400
10%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
20%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%
30%	4,5%	4,5%	4,5%	4,5%

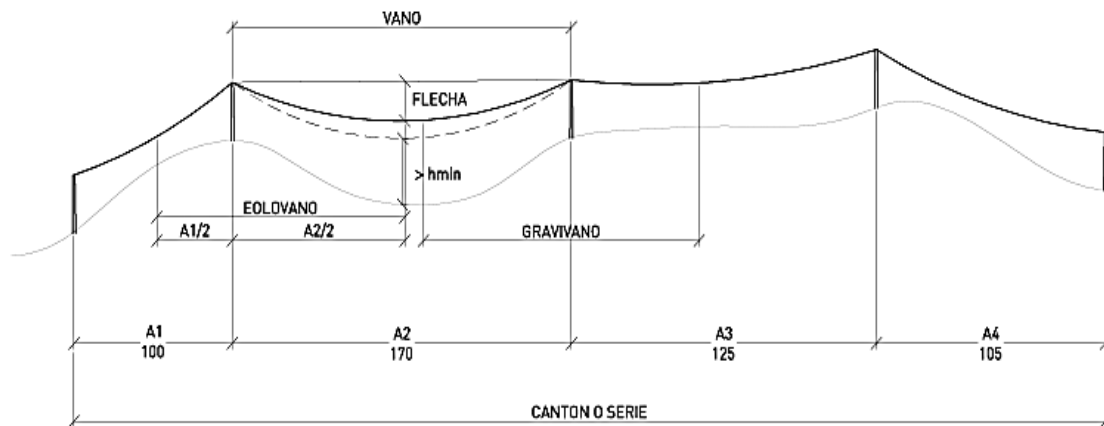


Figura N°18. Vanos de regulación

### Definiciones básicas:

**Cantón:** Porción de línea comprendido entre dos apoyos de anclaje.

**Vano:** Distancia entre dos apoyos adyacentes, un tramo puede estar compuesto por varios vanos

**Vano Regulador:** Vano equivalente que hace que la componente horizontal calculada sea constante en cada vano del tramo.

**Tipos de Esfuerzos:** Esfuerzo Transversal, Esfuerzo Longitudinal, Esfuerzo Vertical.

### Esfuerzos o carga en los apoyos

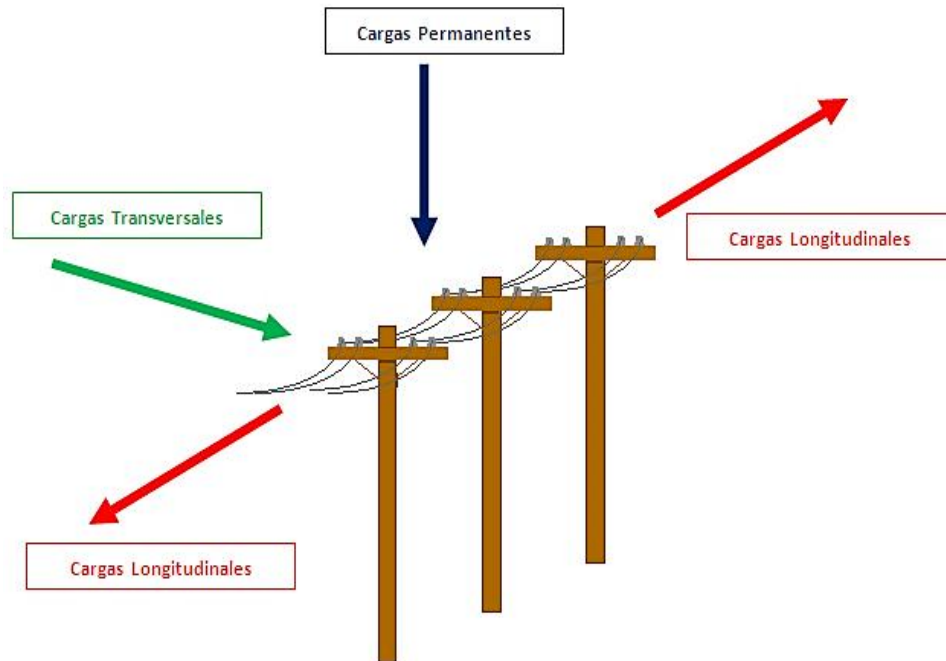


Figura N°19. Tipos de esfuerzos

### **Esfuerzo Transversal ( $F_t$ ):**

Cargas Horizontales Transversales, también llamadas Cargas Transversales, son los esfuerzos debido a la presión del viento que ejerce sobre el conductor, movimientos telúricos o vibratorios, etc.

### **Esfuerzo longitudinal ( $F_l$ ):**

Cargas Horizontales Longitudinales, o también llamadas Cargas Longitudinales, son los esfuerzos debido al desequilibrio de tracciones que el conductor transmite a la cruceta cuando este se tensa.

### **Esfuerzo Vertical ( $F_v$ ):**

Cargas Verticales, también llamadas Cargas Permanentes, las cuales se deben al propio peso del apoyo, peso del conductor y demás elementos que contiene la estructura como crucetas, aislamiento, etc.

Tipo de Apoyo	Esfuerzo a Considerar en el Cálculo Mecánico
Apoyo en Alineamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cargas Permanentes (Verticales)</li> <li>• Cargas Transversales (Horizontales)</li> </ul>
Apoyo en Angulo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cargas Permanentes (Verticales)</li> <li>• Cargas Transversales (Horizontales)</li> <li>• Cargas Longitudinales (Horizontales)</li> </ul>
Apoyo en Anclaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cargas Permanentes (Verticales)</li> <li>• Cargas Transversales (Horizontales)</li> <li>• Cargas Longitudinales (Horizontales)</li> </ul>
Apoyo Fin de Línea	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cargas Permanentes (Verticales)</li> <li>• Cargas Transversales (Horizontales)</li> <li>• Cargas Longitudinales (Horizontales)</li> </ul>

Tabla 7. Resumen de esfuerzos de apoyos

### Esfuerzos equivalentes - respecto al apoyo:

Los puntos de aplicación de cada esfuerzo varían según el tipo de estructura, por lo tanto, el apoyo percibe un esfuerzo aparente en su punto crítico o punto de esfuerzo nominal admisible que generalmente se encuentra a 0.3m de la cogolla del apoyo. Todos los esfuerzos se deben referir desde el punto de aplicación a este punto para compararlo con su esfuerzo admisible nominal.

Esto se determina mediante la siguiente expresión:

$$F_{eq} = \sum F_i \frac{h_l - h_a}{h_l - h_c}$$

Dónde:

- ✓  $h_l$ = altura libre del apoyo (metros).
- ✓  $h_a$ = altura de aplicación del esfuerzo (metros).
- ✓  $h_c$ = altura del punto crítico (30cm).

Una vez aplicado correctamente lo descrito, podemos determinar la selección correcta del apoyo a instalar en el proyecto, el cual será conforme al tipo de redes a implementar.

La selección del danaje de poste se realizará conformes a cálculos mecánicos y la presente tabla.



## Características mecánicas de los apoyos

Denominación	Esf. Nominal (daN)	Coef. de seguridad
HPC-C-300-6	300	2,0
HPC-C-300-9		
HPC-C-300-10		
HPC-C-500-9	500	
HPC-C-500-10		
HPC-C-500-12		
HPC-C-500-14	800	
HPC-C-800-9		
HPC-C-800-10		
HPC-C-800-12		
HPC-C-800-14		

**Tabla 8.** Características de los apoyos.

### 3.3.4 Tablas de cálculos mecánicos

Nombre común: Linnet  
 Velocidad del viento: 100km/H  
 Calibre de conductor: 336.4 MCM  
 Presión del viento: 0.864 daN/m

Cantón	1.1	Tipo	Calibre	Hilos	P viento	VIR	T máx	Tensese Reducido		Primera terna.									
Red MT CLN3020		AAC	336.4	3	0.864	27.95	216.14												
Neutro		ACSR	4/0	1	0.676	77.23	132.93												
Red BT		Triplex				86													
Punto	Tipo	Cota Apoyo (m)	Esf. Nomina (daN)	Altura libre (m)	Angulo Red (°)	Vano post (m)	Fase (m)	Altura de Aplicación de Rec (m)	Neutro (m)	Triplex (m)	Esfuerzo Transversal por Red			Esfuerzo Longitudinal en Anclajes			Total		
P3,4	AC	14	800	12.1		6	0.1				Fases (daN)	Neutro (daN)	Triplex (daN)	Total Equip	Fases (daN)	Neutro (daN)	Triplex (daN)	Total Equip	Total Equiv I, II Terna
P3,3	AL	14	500	12.1	0.00	17	0.1	0.1			7.78	2.03	0.00	9.97	648.41	132.93	0.00	794.58	
P3,2	AL	14	500	12.1	0.00	31	0.1	0.1			29.81	7.77	0.00	38.22	-	-	-	-	
P3,1	AL	14	800	12.1	0.00	31	0.1	0.1			62.73	16.36	0.00	80.43	-	-	-	-	
P3	AC	14	800	12.1			0.1	0.1			62.73	16.36	0.00	80.43	-	-	-	-	
			800	12.1							270.86	10.61	0.00	286.25	648.41	132.93	0.00	794.58	1375.90

Cantón	1.2	Tipo	Calibre	Hilos	P viento	VIR	T máx	Tensese Reducido		Segunda terna.									
Red MT CLN3010		AAC	336.4	3	0.864	27.95	216.14												
Neutro		ACSR				77.23													
Red BT		Triplex				86													
Punto	Tipo	Cota Apoyo (m)	Esf. Nomina (daN)	Altura libre (m)	Angulo Red (°)	Vano post (m)	Fase (m)	Altura de Aplicación de Rec (m)	Neutro (m)	Triplex (m)	Esfuerzo Transversal por Red			Esfuerzo Longitudinal en Anclajes			Total		
P3,4	AC	14	800	12.1		6	0.903				Fases (daN)	Neutro (daN)	Triplex (daN)	Total Equip	Fases (daN)	Neutro (daN)	Triplex (daN)	Total Equip	Total Equiv I, II Terna
P3,3	AL	14	500	12.1	0.00	17	0.903				7.78	0.00	0.00	7.38	648.41	0.00	0.00	615.27	
P3,2	AL	14	500	12.1	0.00	31	0.903				29.81	0.00	0.00	28.28	-	-	-	-	
P3,1	AL	14	800	12.1	0.00	31	0.903				62.73	0.00	0.00	59.52	-	-	-	-	
P3	AC	14	800	12.1			1.521				81.39	0.00	0.00	77.23	-	-	-	-	
			800	12.1							270.86	0.00	0.00	242.84	648.41	0.00	0.00	581.32	

**Figura N°20.** Ejemplos de tablas de cálculos mecánicos.

Fuente: Facilitada por DN-DS

Cantón	Tipo	Calibre	Hilos	P viento	VIR	T máx												
Red MT CLN3030	AAC	336.4	3	0.864	42.00	292.60	Tensese Reducido		Tercera terna.									
Neuro	ACSR	3/0	1	0.602		156.33												
Red BT	Triplex				42													
Punto	Tipo	Cota Apoyo (m)	Esf. Nominal (daN)	Altura libre (m)	Angulo Red (°)	Vano post (m)	Aplicación de Red			Esfuerzo Transversal por Red			Esfuerzo Longitudinal en Anclajes				Total	
							Fase (m)	Neuro (m)	Triplex (m)	Fases (daN)	Neuro (daN)	Triplex (daN)	Total Equiv	Fases (daN)	Neuro (daN)	Triplex (daN)	Total Equiv	Total Equiv I, II, III Terna
P3	AC	14	800	12.1	0.00	42	4.771	4.771		54.43	12.65	0.00	41.66	877.81	156.33	0.00	642.31	2266.78
P6.1	AC	14	500	12.1	0.00		1.724	1.724		54.43	12.65	0.00	58.98	877.81	156.33	0.00	909.34	
Cantón	Tipo <th>Calibre</th> <th>Hilos</th> <th>P viento</th> <th>VIR</th> <th>T máx</th> <th colspan="2"></th> <th colspan="2"></th>	Calibre	Hilos	P viento	VIR	T máx												
Red MT CLN3020	AAC	336.4	3	0.864	38.00	272.06	Tensese Reducido		Primera terna.									
Neuro	ACSR	4/0	1	0.676		168.52												
Red BT	Triplex				74													
Punto	Tipo	Cota Apoyo (m)	Esf. Nominal (daN)	Altura libre (m)	Angulo Red (°)	Vano post (m)	Aplicación de Red			Esfuerzo Transversal por Red			Esfuerzo Longitudinal en Anclajes				Total	
							Fase (m)	Neuro (m)	Triplex (m)	Fases (daN)	Neuro (daN)	Triplex (daN)	Total Equiv	Fases (daN)	Neuro (daN)	Triplex (daN)	Total Equiv	Total Equiv I, II Terna
P3	AC	14	800	12.1	0.00	42	0.812	0.812		54.43	14.20	0.00	65.65	816.17	168.52	0.00	941.97	1624.44
P6.1	AL	14	500	12.1	0.00	32	0.1	0.1		95.90	25.01	0.00	122.97	-	-	-	-	
P6.3	AC	14	800	12.1	0.00		1.927	1.927		41.47	10.82	0.00	45.08	816.17	168.52	0.00	848.92	1478.34
Cantón	Tipo <th>Calibre</th> <th>Hilos</th> <th>P viento</th> <th>VIR</th> <th>T máx</th> <th colspan="2"></th> <th colspan="2"></th>	Calibre	Hilos	P viento	VIR	T máx												
Red MT CLN3010	AAC	336.4	3	0.864	38.00	272.06	Tensese Reducido		Segunda terna.									
Neuro	ACSR																	
Red BT	Triplex				74													
Punto	Tipo	Cota Apoyo (m)	Esf. Nominal (daN)	Altura libre (m)	Angulo Red (°)	Vano post (m)	Aplicación de Red			Esfuerzo Transversal por Red			Esfuerzo Longitudinal en Anclajes				Total	
							Fase (m)	Neuro (m)	Triplex (m)	Fases (daN)	Neuro (daN)	Triplex (daN)	Total Equiv	Fases (daN)	Neuro (daN)	Triplex (daN)	Total Equiv	Total Equiv
P3	AC	14	800	12.1	0.00	42	2.233			54.43	0.00	0.00	45.52	816.17	0.00	0.00	682.47	629.42
P6.1	AL	14	500	12.1	0.00	32	1.521			95.90	0.00	0.00	85.98	-	-	-	-	
P6.3	AC	14	800	12.1	0.00		3			41.47	0.00	0.00	31.98	816.17	0.00	0.00		

Figura N°21. Ejemplos de tablas de cálculos mecánicos.

Fuente: Facilitada por DN-DS

Se utiliza la siguiente tabla para facilitar calcular ya sea la tensión máxima en vanos largos y cortos para ello se toma en cuenta cantidad en metros, tipo de conductor velocidad del viento

Tabla de hipótesis de vano de regulación.

HIPÓTESIS DE CÁLCULO			
20 °C + V		50 °C	
Tmáx (daN)	f (mts)	Tmáx (daN)	f (mts)
716.62	0.16	222.04	0.32

Vano de regulación - metros:	29	<input type="button" value="▲"/>	<input type="button" value="▼"/>
Velocidad de viento - Km/h:	100	<input type="button" value="▲"/>	<input type="button" value="▼"/>
Conductor LAMT o LABT:	336.4 MCM	LINNET	
Presión de viento (Pv) - daN/m	0.864		

Figura N°22. Tabla formulada para determinar vano de regulación.

Fuente: Facilitada por DN-DS

## Tabla de tendido.

La tabla de tendido permite obtener resultados de esfuerzo mecánico de tendido del conductor con temperaturas de 20 a 50 grados centígrados, a esto se le conoce como hipótesis de cálculo, los cuales son resultados de los apoyos en un cantón, el vano regulador y el peso del conductor, sea primario o secundario. La hipótesis de tendido nos permite determinar el tense del conductor según la temperatura ambiente, estos datos se extraen de las tablas calculo tendido calculo tendido tríplex 1/0, las cuales están anexadas al documento.



DISNORTE-DISSUR  
Planificación del Desarrollo

Hipótesis de Cálculo - Vano Regulador										Datos del Conductor							
Temperatura mínima 15° C		Temperatura viento 20° C - V		Temperatura máxima 70° C		Tense CHS	Tense Máximo	Tense Rotura	Tense Máxima	CHS	EDS	Viento	Sección	Diámetro	Peso unitario	Módulo de elasticidad	Coefficiente de dilatación
Tmáx. (daN)	f (mts)	Tmáx. (daN)	f (mts)	Tmín. (daN)	f (mts)	(daN)	(daN)	daN	daN	18° C	28° C	km/h	mm <sup>2</sup>	mm	daN/m	daN/m	* C-1x10-6
831.65	0.08	#####	0.14	155.22	0.43	#####	831.65	6,270.00	2,090.00	12.0%	12.5%	100	198.17	18.29	0.675	7,700	18.90

TABLA DE TENDIDO

A) Datos del proyecto					B) Hipótesis de viento			C) Datos del conductor		
Proyecto:	TRAMO III				Tense aplicado: Normal			Conductor a instalar: LINNET - 336.4 MCM		
Cantón No.:	1	Apoyo Inicial: P3.3	Apoyo Final: P3	P3	Viento (km/h): 100 Zona B			Vano de Regulación (m): 28 Distancia Total (m): 79.0		

D) Vanos, flechas y temperatura																					
Número de Vano	Vano 1	Vano 2	Vano 3	Vano 4	Vano 5	Vano 6	Vano 7	Vano 8	Vano 9	Vano 10	Vano 11	Vano 12	Vano 13	Vano 14	Vano 15	Vano 16	Vano 17	Vano 18	Vano 19	Vano 20	
Longitudes Vanos	17.00	31.00	31.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Temperatura Tendido	Tense (daN)	Flecha m	Flecha m	Flecha m	Flecha m	Flecha m	Flecha m	Flecha m	Flecha m	Flecha m	Flecha m	Flecha m	Flecha m	Flecha m	Flecha m	Flecha m	Flecha m	Flecha m	Flecha m	Flecha m	
15	831.65	0.03	0.10	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
20	700.84	0.03	0.12	0.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
25	578.30	0.04	0.14	0.14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
30	469.31	0.05	0.17	0.17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
35	379.62	0.06	0.21	0.21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
40	311.64	0.08	0.26	0.26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
45	262.70	0.09	0.31	0.31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
50	227.64	0.11	0.36	0.36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
55	201.98	0.12	0.40	0.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
60	182.56	0.13	0.44	0.44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
65	167.39	0.15	0.48	0.48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
70	155.22	0.16	0.52	0.52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Figura N°23. Tabla de tendido formulada para determinar vano de regulación.

Fuente: Facilitada por DN-DS

### 3.3.5 Metodología para redes soterradas.

Para el desarrollo del proyecto de nuevas salidas de circuitos de distribución desde módulos de media tensión a instalar en distintas subestaciones de los sectores Occidente, Sur y Managua, serán consideradas de forma subterránea, el cual deben ajustarse a lo especificado en las normas de redes soterradas de media tensión de DISNORTE - DISSUR, en caso de que parte de las obras no se encuentre especificada, se debe considerar normas de construcción internacionales vigentes aplicables en redes soterradas, previa aprobación por la Distribuidora.

### **Las características de la red a construir son las siguientes:**

1. Se construirán salidas de circuitos soterradas de media tensión trifásicos, con tensión de la red de distribución en 7.6/13.2KV y 14.4/24.9KV.
2. El alcance contempla la conexión desde la salida del cable en celda, una vuelta como reserva de cable en el foso de celdas, la trayectoria hasta el punto de paso aéreo soterrado que se defina, una vuelta de reserva de cable en la arqueta o caja de registro que se construya lo más cercana al punto de salida, el poste de concreto en el punto de salida, así como el soporte, protección y fijación mecánica de la salida del cable soterrado al poste (paso aéreo a soterrado), la puesta a tierra en anillo cerrado alrededor del poste y los pararrayos con su conexionado.
3. La canalización se realizará en ductos de 200 mm (8”), tubería flexible corrugada en su exterior y lisa en su interior de polietileno de alta densidad color rojo para instalaciones eléctricas de redes subterráneas, la unión se realizará con acoples y anillo incluido, las dimensiones del tubo varían según el calibre de conductor.
4. Los tipos de trazados podrán ser:
  - a. En zona peatonal bajo andén y área verde, se cubrirá la canalización con arena y cinta de señalización.
  - b. En zona de circulación vial bajo pavimento o adoquinado, se cubrirá la canalización con hormigón de 3000 PSI y cinta de señalización.
  - c. La cantidad de tubos dependerá de la cantidad de circuitos, más una reserva por cada circuito a construir, en configuración de tres o cuatro tubos horizontales y la cantidad de tubos verticales que sean necesarios. Los tubos adicionales a la reserva se especifican en cada plano.
5. Por ser una red nueva, no se prevé la instalación de empalmes.
6. Las arquetas o cajas de registro se construirán de concreto armado y la cantidad que sean necesarias, tanto para ángulos pronunciados como para direccionar los cables a las salidas, las dimensiones dependerán del radio de curvatura para el cable y cantidad de circuitos a instalar en ella, la medida promedio es de 1.5x2x1.5 metros con un acceso de 1 metro cuadrado, así como escalera y soportes para cables.
7. Las dimensiones y esfuerzos del poste de concreto a instalar dependerán de la cantidad de ternas de
  - a. circuitos en que se configura las salidas, en el siguiente orden:
  - b. Terna sencilla y doble terna, usar PC 12 – 500 daN.
  - c. Triple terna, usar PC 14 – 800 daN.
8. Las arquetas o cajas de registro se construirán de concreto armado y la cantidad que sean necesarias, tanto para ángulos pronunciados como para direccionar los cables a las salidas, las dimensiones dependerán del radio de curvatura para el cable y cantidad de circuitos a instalar en ella, la medida

promedio es de 1.5x2x1.5 metros con un acceso de 1 metro cuadrado y un filtro de grava de 0.4 metros cuadrados, así como escalera y soportes para cables.

- Los cables por emplear estarán compuestos de alambres de aluminio arrollados helicoidalmente y compactados, sección circular, constituidos por varios cables, con una capa semiconductora sobre el material, aislamiento a base de polietileno reticulado (XLPE), capa semiconductora sobre el aislante, una pantalla metálica constituida por una corona de alambres de cobre que hará función de neutro y una 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% serán:

DENOMINACIÓN DEL CONDUCTOR	1/0 AWG			4/0 AWG			500 MCM			750 MCM
	15KV	25KV	35KV	15KV	25KV	35KV	15KV	25KV	35KV	15 KV
Conductor										
Nº de alambres	19			19			37			61
Diámetro del alambre [mm]	1,89			2,68			2,95			2,82
Diámetro nominal conductor [mm]	9,17			13,01			20,04			24,59
Sección del conductor [mm <sup>2</sup> ]	63,5			107,2			253			380
Pantalla semiconductora del conductor										
Espesor [mm]	0,06			0,06			0,06			0,06
Aislamiento										
Espesor [mm]	4,45	6,6	8,76	4,45	6,6	8,76	4,45	6,6	8,76	4,45
Pantalla semiconductora del aislamiento										
Espesor [mm]	0,76	0,76	1,02	0,76	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
Conductor neutro concéntrico (Full)										
Nº de alambres	16									
Diámetro del alambre [mm]	1,628									
Conductor neutro concéntrico (1/3)										
Nº de alambres				11			16			24
Diámetro del alambre [mm]				1,628			2,052			2,052
Cubierta										
Espesor [mm]	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	2,03	2,03	2,03	2,03
Diámetro exterior total [mm]	26,4	29,7	34,5	29,2	34,0	38,3	39,1	43,4	47,8	43,70
Radio mínimo de curvatura [mm]	300	350	400	350	400	450	500	550	600	600
Peso aproximado [Kg/Km]	1000	1185	1340	1600	1835	2200	3190	3445	3920	4520

**Tabla 9.** Características de los conductores

**Fuente:** Norma Tipo Memoria LAMT

Imagen de montaje general de pase aéreo soterrado, para las salidas de circuitos.

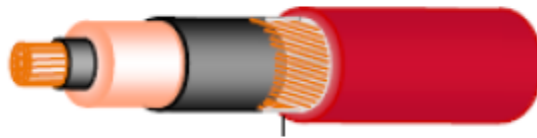


**Figura N°24.** Imagen  
Fuente: Propia

### **Cables eléctricos para media tensión:**

Para la media tensión los cables a emplear estarán compuestos de alambres de cobre arrollados helicoidalmente y compactados, conforme se define en la especificación técnica correspondiente. Sus principales componentes son las siguientes:

- Los conductores que se emplearán serán de cobre comprimidos, de sección circular, constituidos por varios alambres cableados.
- Capa semiconductora sobre el material conductor.
- Aislamiento a base de polietileno reticulado (XLPE).
- Capa semiconductora sobre el material aislante.
- Pantalla metálica constituida por una corona de alambres de cobre arrollados helicoidalmente.
- Capa protectora exterior de polietileno 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%.



**Figura N°25.** Conductor Soterrado XLPE  
**Fuente:** Criterios para construcción de redes soterradas DN-DS.

Características generales del conductor de media tensión:

Nivel de Tensión:	15 KV	25 KV
Denominación	750 MCM	500 MCM
Material	Cobre	Cobre
Radio mínimo de curvatura	12 D	12 D
Tensión nominal de la red	13,2 KV	24,9 KV
Temperatura max. Normal	90°C.	90°C.
Temperatura de sobrecarga	130°C	130°C
Aislamiento	100%	100%
Área transversal del conductor	380 mm <sup>2</sup>	253.4 mm <sup>2</sup>
Corriente admisible en ducto	565	465
Tensión max. halado sobre el conductor	2,669 Kg	2,669 Kg
Tensión max. halado sobre la chaqueta	454 Kg	454 Kg

Los conductores utilizados serán debidamente protegidos 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.

La puesta a tierra se llevará a cabo en cada extremo de la línea de manera que su resistencia individual no supere los 20 ohmios y la resistencia de puesta a tierra global, sea inferior a los 5 ohmios.

### **Ductos:**

Se utilizará tubería de polietileno de alta densidad, para alojar y proteger los cables de media tensión y neutro de la red subterránea encofrado en concreto para zonas de circulación vehicular y en arena para zonas de circulación peatonal o áreas verdes.

El acabado exterior será corrugado e interior liso, Tipo S de doble pared, con coples o unión y anillo incluido, de color rojo de diámetro 200 mm (8") y en rollos de 25 - 50 metros.

### **Características generales del tubo corrugado:**

Resistencia a la compresión: 450 N

Resistencia al impacto: Normal

Resistencia al curvado: Curvables

Resistencias a las influencias externas: IP56.

Por su construcción estructural en forma de anillos, soporta deflexiones y giros moderados en espacios amplios sin que se obstruya o colapse.

Por su facilidad de unirse con coples, se minimiza el desperdicio al instalarse y es resistente a la humedad y al maltrato, con facilidad para trabajar en mantos freáticos altos.

Rollos de tubos corrugados 200 mm (8"), con coples.



**Figura N°26.** Ductos

**Fuente:** Criterios para construcción de redes soterradas DN-DS.

### **Cajas de Registro O Arquetas:**

Las cajas de registros o arquetas se construirán de hormigón armado con hierro corrugado de 3/8" en las paredes laterales, a nivel de piso deberá llevar un filtro para drenaje de 400x400x400 mm, con grava (pedrín), en la superficie se construirá una tapa de concreto reforzado con varilla de 1/2" y de dimensiones



1000x1000 mm con un espesor de 150 mm, que deberá quedar a nivel del suelo para áreas de circulación peatonal y en áreas verdes sobresalir 150 – 250 mm. Deberá instalarse soportes en las paredes internas de la arqueta, para los cables de la red soterrada, los que por ningún motivo deberán tocar el fondo de la arqueta.

**Soportes para cables:**



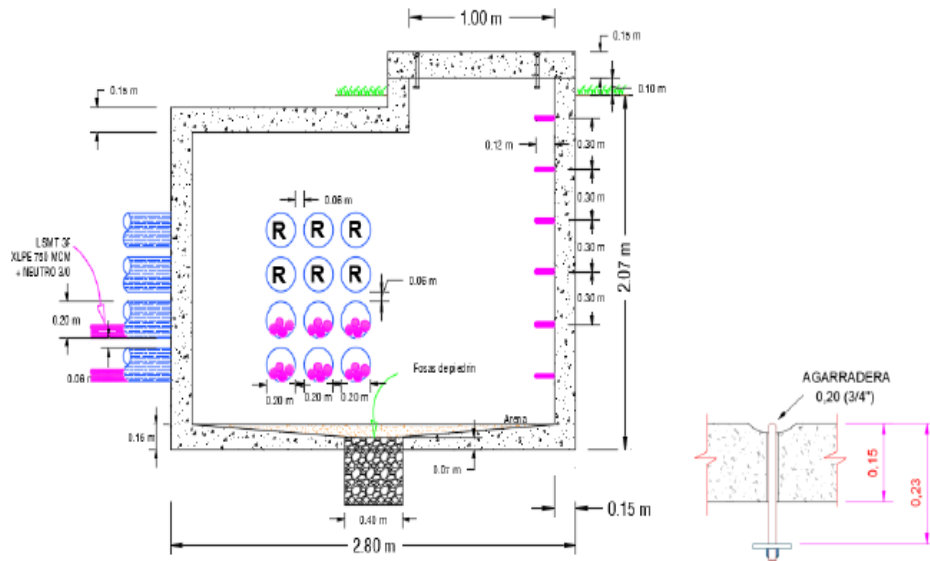
**Figura N°27. Soportes para cables**

**Fuente:** Criterios para construcción de redes soterradas DN-DS.

Se construirán arquetas donde el trazado de la red soterrada sea en ángulo de 45° a más grados y en alineamiento dependiendo de las distancias de tiro de cables que no debe ser superior a los 60 metros. La cantidad dependerá del trazado de la red para cada proyecto, conforme a plano.

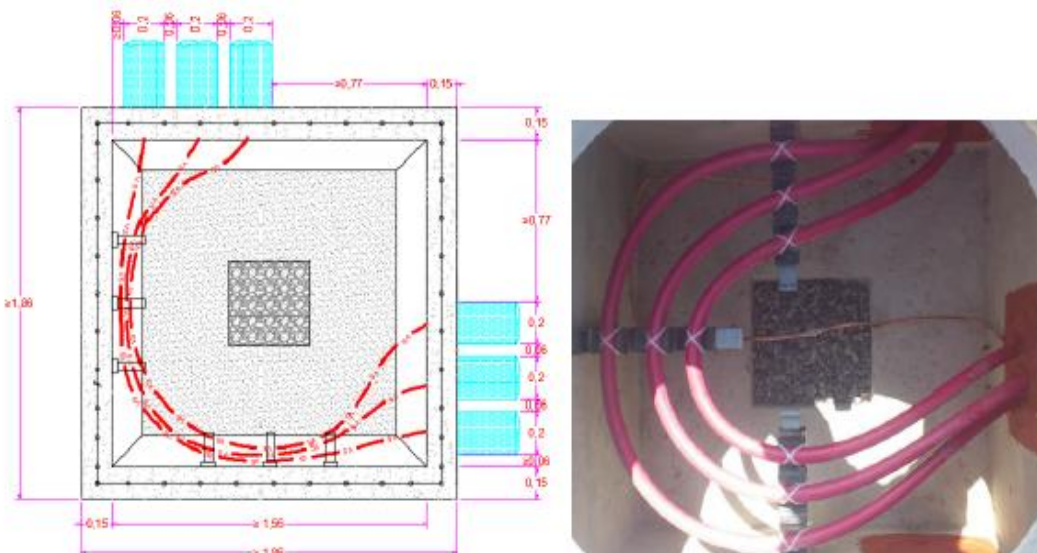
Todos los extremos de los tubos que se fijarán a las cajas, deberán estar libres para evitar daños a los cables, así mismo deberán sellar tanto los que tienen cables como las reservas.

**Detalle y dimensiones típicas de una arqueta o caja de registro:**



**Figura N°28.** Caja de registro-AutoCAD

**Fuente:** Criterios para construcción de redes soterradas DN-DS.



**Figura N°29.** Caja de registro o arqueta.

**Fuente:** Criterios para construcción de redes soterradas DN-DS.

### **Apertura De La Zanja Y Compactación:**

Una vez determinada la ruta de instalación del cable, se programan los trabajos de apertura de la zanja para posteriormente llevar a cabo la colocación del banco de ductos.

Los sistemas de ductos subterráneos deben seguir, en lo posible, una trayectoria recta entre sus extremos.

Si la trayectoria sigue una ruta paralela a otras canalizaciones o estructuras subterráneas, no debe localizarse directamente arriba o abajo de ellas. Se evitará en lo posible que las trayectorias de los ductos subterráneos atraviesen terrenos inestables (pantanosos, lodosos, etc.) o altamente corrosivos.

Si existen cambios de dirección en la trayectoria, se harán por medio de arquetas de dimensiones lo suficientemente grandes como para efectuar maniobras.

Deben tomarse las medidas de seguridad y señalización adecuadas en las zonas críticas donde se tendrá que abrir la zanja por etapas o en horas y días no hábiles, evitando así la interrupción del tráfico de vehículos o de peatones.

Cuando la apertura de la zanja se hace en lugares con tráfico, se debe usar planchas de acero de resistencia suficiente, para cubrir la zanja y no entorpecer la circulación, así como tarimas de madera en la banqueta para los peatones y barreras limitando la zona de trabajo.

Durante la noche también se debe usar señalización luminosa adecuada que indique peligro en la zona de trabajo.

Para la apertura de la zanja, podemos mencionar los métodos manual y mecanizado, los cuales dependen del tipo de terreno y de los obstáculos que se tengan en la trayectoria como tubos de agua, drenaje, etc.

Cuando haya obstáculos, se debe hacer la excavación con pala y pico para no dañar los servicios; cuando en el terreno del lugar no existan servicios y la longitud de la excavación sea considerable, se aconseja el uso de equipo mecanizado.

La selección y construcción del tipo de troquelado es de vital importancia, debido a que constituye el medio de seguridad del personal que trabaja dentro de la excavación, de tal manera que se eviten derrumbes y accidentes innecesarios; existen muchos procedimientos de troquelado que están en función de la consistencia del terreno y el tamaño de las excavaciones, y deberá ponerse especial cuidado en seleccionar y construir el más adecuado al tipo de instalación.

El encargado de la obra por parte del contratista deberá conocer la dirección de los servicios públicos, así como sus números telefónicos para comunicarse en caso de necesidad.



**Figura N°30.** Apertura de zanja y compactación.

**Fuente:** Criterios para construcción de redes soterradas DN-DS.

El tapado y llenado de la zanja, debe considerarse el apisonado de la zanja con tierra suelta, sin piedras u otros elementos extraños. Se debe de considerar de manera nominal un proctor de 95%, esto se logra con equipos de compactación (apisonador, canguro, etc.).

### La compactación recomendada:

Para suelos con densidad menor a 1400 kg/m<sup>3</sup> no se realiza prueba proctor.  
Para suelos desde 1400 hasta 1600 kg/m<sup>3</sup> el proctor será de 95 a 100%.

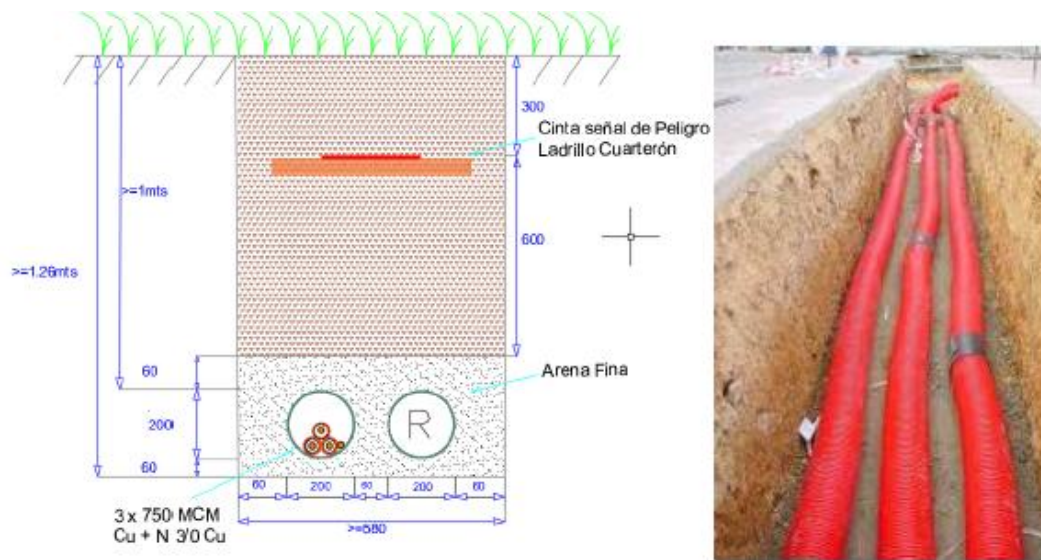


Figura N°31. Apisonador y Rodillo de compactación.

### Dimensiones:

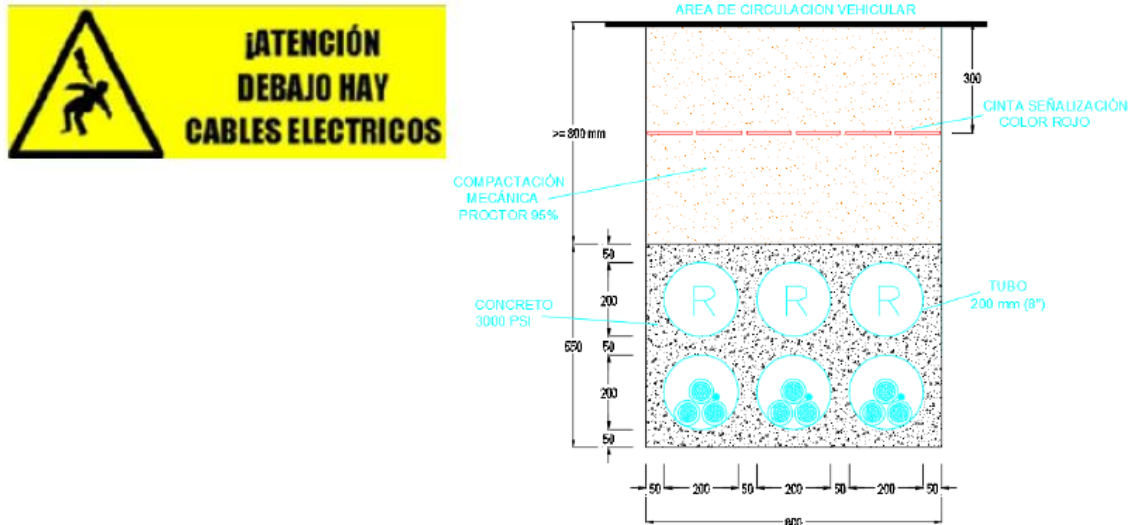
Las dimensiones de la zanja dependen del número de cables que se alojarán, así como de las tensiones de operación, los detalles se especifican de la norma de construcción de DISNORTE - DISSUR.

A continuación, se muestran algunos de los detalles típicos:  
Un circuito y reserva bajo área verde (equivalente bajo andén)



**Figura N°32.** Canalización detalle e imagen ilustrativa

Modelo de cinta de señalización color amarillo (o roja), se instala en todo lo ancho de la zanja. Tres circuitos y reserva bajo área de circulación vehicular (para área verde o anden solo cambia el hormigón por arena).



**Figura N°33.** Canalización detalle e imagen ilustrativa

### Limpeza, Verificación:

Una vez que ya están instalados los ductos para el tendido de los cables, es importante comprobar que las condiciones en el interior de los ductos sea la óptima, de la misma manera como es necesario hacer una limpieza de éstos para asegurar que los cables entrarán sin sufrir ningún daño o avanzar sin ningún problema, para verificarlo se utiliza un dispositivo cilíndrico, el cual se hace pasar por el interior así como para limpiar los ductos de lodo, tierra o algún otro material extraño se utilizan dispositivos metálicos.

Como prueba final de que los ductos están adecuadamente dispuestos para recibir al cable de potencia sin problema, se recomienda hacer pasar una guía de un grosor adecuado para verificarlo, sin embargo y como mejor recomendación, no existe mejor material que sirva para verificar las condiciones del ducto que una muestra del mismo cable o por lo menos del mismo calibre que el que se va a instalar.



**Figura N°34.** Cepillos para limpieza de tubos.

Después de que el banco de ductos ha sido revisado y limpiado, es conveniente dejar una guía de alambre de acero galvanizado o nylon que servirá para facilitar después la instalación del cable, y además se recomienda sellar los ductos mientras llega el momento de instalar el cable.

### **Tendido De Cables En Canalización:**

#### **Parámetros a considerar previsto al tendido:**

La instalación de cables de energía en ductos subterráneos requiere dos condiciones para tener presente: seguridad y confiabilidad en su operación:  
Selección apropiada del cable para la aplicación deseada.  
Instalación dentro de los límites aceptables en el manejo del cable y la práctica de jalado.

Para lograr confiabilidad, seguridad y continuidad en el servicio, es conveniente contar con el equipo de instalación adecuado al tipo de cable e instalación; además, el personal debe estar capacitado para efectuar estos trabajos.

La supervisión de técnicos especializados ayuda considerablemente a reducir las fallas que puedan ocurrir durante la instalación del cable.

Antes de la instalación de los cables, debe tenerse especial cuidado en los siguientes parámetros, los cuales son limitaciones impuestas por las propiedades físicas de los cables:

- Máxima tensión de jalado.
- Longitud de jalado.
- Presión lateral.
- Radio mínimo de curvatura.
- Fricción.
- Máxima Tensión de Jalado

Tensiones de jalado excesivas, especialmente las que exceden los límites elásticos del conductor, pueden causar alargamiento y desplazamiento de los componentes. En cables aislados, el alargamiento puede crear espacios vacíos, los cuales son puntos de deterioro por efecto corona.

La tensión de jalado de un cable no debe exceder del más pequeño de los siguientes valores:

- Tensión permisible en el conductor.
- Tensión permisible en el perno o dispositivo de tracción.
- Presión lateral permisible.



$$T_m = N \times A \times T \text{ [km].}$$

Donde:

T<sub>m</sub>: Tensión máxima permisible [kg].

N: Número de conductores (para jalados de 3 mono-conductores en configuración paralela se considera que solo dos conductores comparten La carga).

A: Área de la sección transversal de cada conductor en mm<sup>2</sup>.

T: Esfuerzo máximo permisible (kg/mm<sup>2</sup>)

Conductor * Metal y Tipo	Esfuerzo máximo "T" (kgf/mm <sup>2</sup> )
<b>Cobre</b>	9.8
<b>Aluminio</b>	
Sólido (de 1/2 duro a temple duro)	5.6
Cableado (3/4 duro a temple duro)	7.0

Tabla 10. Esfuerzos máximos para jalado de conductor.

### 3.3.6 Ejemplo de detalle soterrado

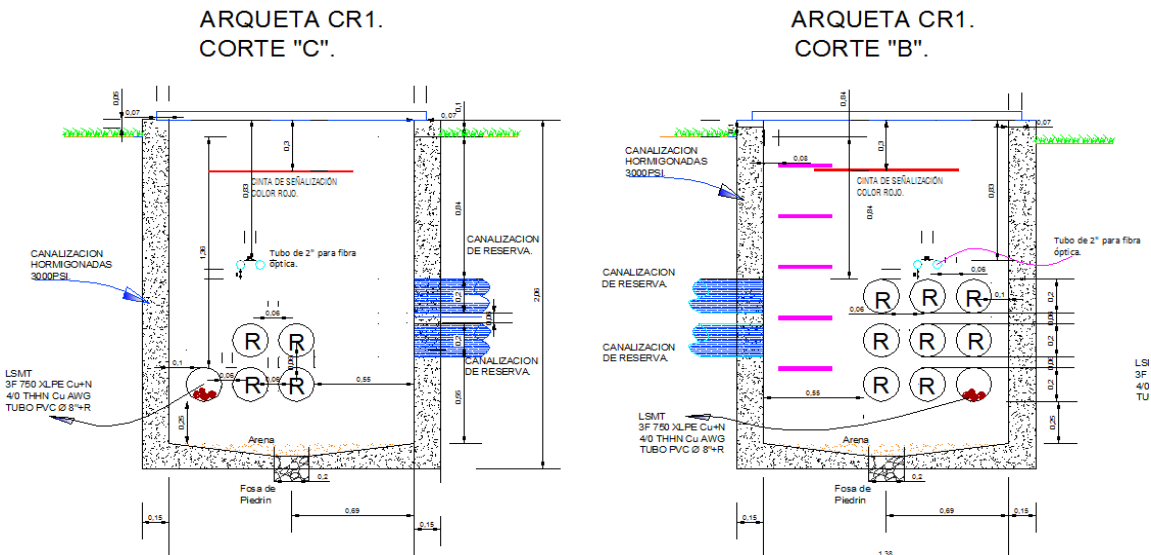
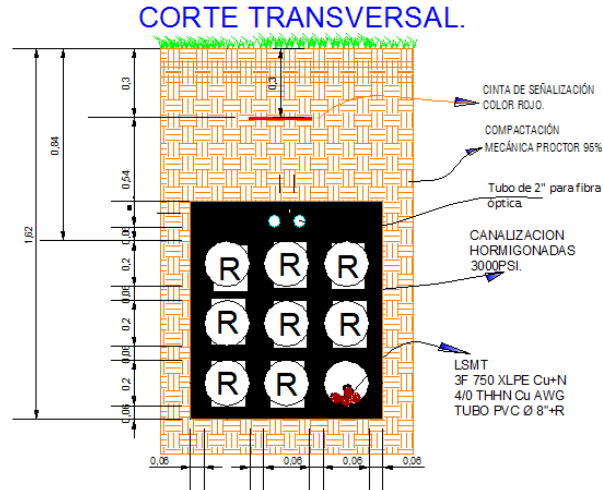
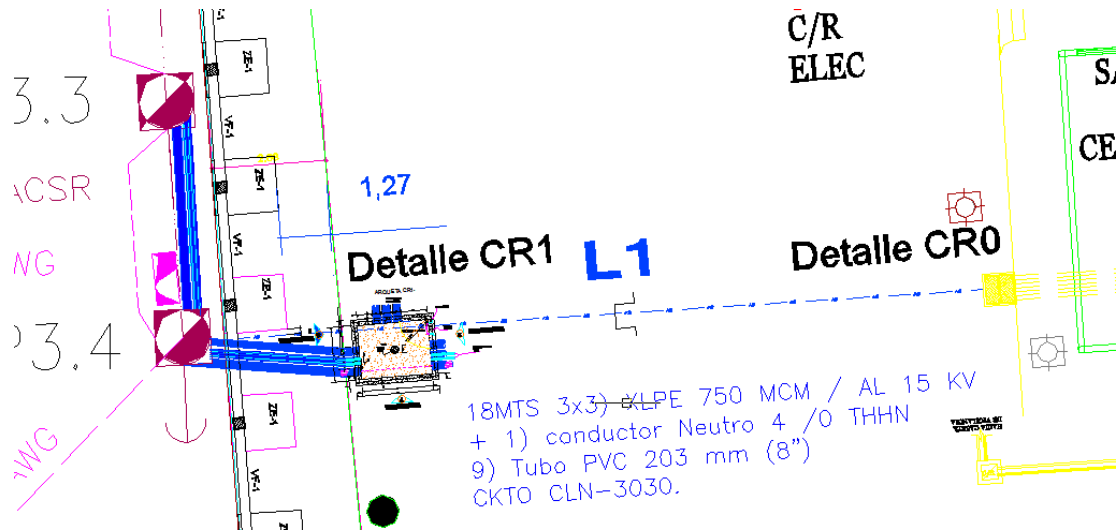


Figura N°35. Caja de registro-Auto CAD  
Fuente: Criterios para construcción de redes soterradas DN-DS.



**Figura N°36. Canalización-Auto CAD**  
**Fuente:** Criterios para construcción de redes soterradas DN-DS.



**Figura N°37. Ejemplo de diseño soterrado-Auto CAD**  
**Fuente:** Criterios para construcción de redes soterradas DN-DS.

### 3.3.7 Estaqueo

Posteriormente a los resultados de los cálculos eléctricos y mecánicos de los Proyectos, se procede con la elaboración del estaqueo. El estaqueo se anexa al plano o diseño eléctrico del proyecto, con el fin de puntualizar punto a puntos todos los elementos que componen a una red eléctrica, por tal razón es de mucha importancia al proyecto. En esta hoja se detallan la designación o nombre de cada punto, materiales a instalar, desmontar, reubicar y observaciones, de ser necesario se agregan coordenadas de cada punto,



siempre y cuando la Distribuidora lo solicite. Los cual se mostraran en anexo, planos MTBT de cada proyecto respectivamente.

Punto	Estaqueo a instalar				Observaciones
	Existe	Reubicar	Remocionar	Instalar	
P18.1	1)MT-106/C				
	1)SU-BT				
	1)CSU-BT				
	1)HA-100b/C				
	1)FU-M4569				
P19	1)PC-10.5 M (300 daN)		1)PC-10.5 M (300 daN)		
	1)MT-106/C		1)MT-106/C		
	1)SU-BT		1)SU-BT		
	1)CSU-BT		1)CSU-BT		
	1)CCF (FU-M4912)		1)CCF (FU-M4912)		
P20	1) PC 12M 800DaN				La derivacion monofasica se reubicara al punto P18.
	1)HORMIGONADO P/APOYO 800 daN				
	1) MT-305/C				
	1) PAT SENCILLA				
	4)SU-BT	1)SU-BT			
P37	2)MT-105/C	1)MT-105/C	1)MT-105/C		
	1)CSU-BT				
				1)POSTE HORMIGON PRET CENTRIF/BRADO 300 daN 12 M	
				1)ARM SIMP CIRC TRIF ALIN Y ANG < 5° DISP HOR 13.2 KV, ACSR 336.4 MCM (NC 2.4M)	
P38				1)POSTE HORMIGON PRET CENTRIF/BRADO 500 daN 12 M	
				1)HORMIGONADO P/APOYO 500 daN	
				1)ARM SIMP CIRC TRIF ALIN Y ANG < 5° DISP HOR 13.2 KV, ACSR 336.4 MCM (NC 2.4M)	
				1)ARM BT FIN DE LINEA P/NEUTRO FIADOR 1/0 EN POSTE MT	
				1)PUESTA A TIERRA EN POSTE DE HORMIGON DE HASTA 14 M (COPP)	
P39	1)PC-10.5M 300daN		1)PC-10.5M 300daN		
	1)MT-101/C		1)MT-101/C		
	2)SU-BT/C		2)SU-BT/C		
	1)CSU-BT/C		1)CSU-BT/C		
				1)POSTE HORMIGON PRET CENTRIF/BRADO 300 daN 12 M	
P40				1)ARM SIMP CIRC TRIF ALIN Y ANG < 5° DISP HOR 13.2 KV, ACSR 336.4 MCM (NC 2.4M)	
				1)ARM BT ALINEACION Y ANG HASTA 30° P/NEUTRO FIADOR EN POSTE MT	
P41	1)PC-10.5M 300daN		1)PC-10.5M 300daN		Se reubicara el transformador al nuevo punto P42 del plano a construir.
	1)MT-105/C		1)MT-105/C		
	T0.25KVA MAT:51559	T0.25KVA MAT:51559			
	1)SU-BT/C		1)SU-BT/C		
				1)POSTE HORMIGON PRET CENTRIF/BRADO 500 daN 12 M	
P42				1)HORMIGONADO P/APOYO 500 daN	En este punto de instalara el CT proveniente del punto P41.
				1)ARM SIMP CIRC TRIF ALIN Y ANG < 5° DISP HOR 13.2 KV, ACSR 336.4 MCM (NC 2.4M)	
				1)ARM BT ALINEACION Y ANG HASTA 30° P/NEUTRO FIADOR EN POSTE MT	
				1)PAT ANILLO CERRADO DE PUESTA A TIERRA (COPP)	

Figura N°38. Tabla de estaqueo.

Fuente: propia

### 3.3.8 Elaboración de informe

La elaboración del informe técnico de un proyecto, se realiza con el propósito de describir los alcances y acciones necesarias en la obra, para que tal manera en la ejecución quede de forma clara y precisa dichas acciones, una vez finalizado el informe técnico de la obra se ingresa al sistema SGT en donde queda registrado. Los cuáles serán presentados en anexo, Informe Técnico de cada proyecto respectivamente.

Posteriormente se elabora un informe donde se planteen todas las acciones que se realizaran en el diseño, el cual contemplan:

- la construcción de línea soterrada trifásica calibre de conductor 750MCM XLPE cobre (CU) aislamiento 100% y Neutro 3/0 XLPE Cobre (CU) aislamiento 100%, red aérea de media tensión trifásica calibre de conductor 336.4 ACSR, para el nuevo circuito las CLN3030, de los se convertirá y repotenciará de 1/0, #2ACSR monofásico y bifásico a trifásico 336.4ACSR, el cual esta será ejecutada en secciones en toda la trayectoria de la red que se definió como troncal.

- b) Se instalará apoyo de concreto de 14mts 800daN, apoyos de concreto de 12mts 800daN, apoyos de concreto de 500daN, apoyos de concreto de 12mts 300daN, apoyos de concreto de 10.5mts 800daN, apoyos de concreto de 10.5mts 500daN, apoyos de concreto de 10.5mts 300daN y se reutilizaran los apoyos que se encuentren en buen estado.
- c) Se instalarán seccionadores fusibles de 65, 25, 15,10 y 5 amperios tipo, los cuales se instalarán en derivadas de la red troncal.
- d) Se instalarán interruptores tele controlado (ITC), para la maniobra en las redes, telecontrolado por el centro de operaciones de la red (C.O.R.)
- e) Se instalará paso aereo-subterráneo trifásico 13,2 kv 750 mcm, en salida de circuito de subestación Las Colinas.
- f) Se instalarán seccionadores de barra solidad en puntos fronteras, puntos de maniobra y paso aéreo soterrado, para maniobra al abrir o cerrar un circuito con tensión y corrientes despreciables de forma manual.
- g) La reubicación de seccionadores fusibles, para líneas derivadas.
- h) La reubicación de transformadores de 25kVA, 37.5kVA, 50kVA y 75kVA, esto en puntos afectados por las modificaciones en recorrido de diseño.
- i) Las reubicaciones de alumbrado público, red de baja tensión o acometida quedarán en la misma configuración que existen.
- j) Para las cajas de registro y canalizaciones, estas deberán de cumplir con lo establecido en la norma DISNORTE-DISSUR de líneas eléctricas subterráneas de media tensión: (tipo de conductor a instalar, radios de curvatura, distancias de seguridad, profundidades para canalizaciones, distancias entre tubos, dimensiones de cajas de registro, etc.).

### **3.3.9 Presupuesto**

El presupuesto es la etapa final que desarrollan los proyectistas que se encuentran a cargo del diseño, en el presupuesto se agregan todos los materiales incluyendo remociones o reubicaciones de acuerdo a lo plasmado en el estaqueo. Debido a que estos proyectos son ejecutados a conveniencia de la Distribuidora DISNORTE-DISSUR debe realizarse lo más real posible a lo encontrado en campo para que las ejecuciones de dicha obra no generen un desvío mayor al 10% del monto total al proyecto. Los cuáles serán presentados en anexo, Presupuesto de cada proyecto respectivamente.

Finalizando con un presupuesto detallado de cada uno de los materiales que se van a instalar, reubicar o retirar en el diseño por el sistema de gestión de trabajos (SGT) de la Distribuidora.



**Figura N°39.** Programa para realizar presupuesto.  
**Fuente:** proporcionada por DN-DS

# OBRA

## PRESUPUESTO GENERAL

01-Oct-2019

**Obra:** 202012015101017 NUEVO CIRCUITO CLN3030

**Dirección:** MANAGUA

**Fecha Inicio Previsto:** 28-Oct-2015

**Municipio:** MANAGUA

**Fecha Inicio Real:** 14-Dec-2015

**Departamento:** MANAGUA

**Centro Responsable:** Obras Managua Sur

### 182500250100000 Líneas Aéreas Media Tensión hasta 13,8 Kv

Unidades Constructivas	Cantidad	Valor Unitario	C\$
0202304000 POSTE HORMIGON PRET CENTRIF/VIBRADO 300 daN 10,!	6.00	7,040.07	42,240.41
0202305000 POSTE HORMIGON PRET CENTRIF/VIBRADO 500 daN 10,!	18.00	8,458.49	152,252.89
0202306000 POSTE HORMIGON PRET CENTRIF/VIBRADO 800 daN 10,!	9.00	8,581.17	77,230.49
0202307000 POSTE HORMIGON PRET CENTRIF/VIBRADO 500 daN 12 I	20.00	10,529.31	210,586.12
0202308100 POSTE HORMIGÓN PRET CENTRIF/VIBRADO 800 DAN 12	13.00	14,063.69	182,827.94
0202309000 POSTE HORMIGON PRET CENTRIF/VIBRADO 300 daN 12 I	6.00	8,076.34	48,458.05
0202310100 POSTE HORMIGON PRET CENTRIF/VIBRADO 500 DAN 14	1.00	10,326.20	10,326.20
0202311000 POSTE HORMIGON PRET CENTRIF/VIBRADO 800 daN 14 I	1.00	13,742.67	13,742.67
0202391000 HORMIGONADO P/APOYO 500 daN	39.00	1,443.99	56,315.53
0202392000 HORMIGONADO P/APOYO 800 daN	23.00	2,940.19	67,624.28
0204305600 ARM SIMPLE CIRCUITO TRIF. PROLONGACION DE LINEA	1.00	1,120.59	1,120.59
0204305800 ARM SIMPLE CIRCUITO TRIF. PROLONGACION DE LINEA	1.00	1,006.12	1,006.12
0204315200 ARM SIMP. CIRC TRIF ALIN Y ANG < 5° DISP HOR 13,2 KV, I	2.00	2,850.49	5,700.98
0204317200 ARM SIMP. CIRC TRIF ANCL. Y ANG. 30-60° DISP HOR 13,2	3.00	5,707.63	17,122.88
0204317300 ARM SIMP. CIRC TRIF ANCL. Y ANG. 30-60° DISP HOR 13,2	9.00	5,671.42	51,042.75
0204323200 ARM SIMPLE CIRC. MONOF. ANCLAJE Y ANGULO 30 A 60°,	4.00	1,565.41	6,261.64
0204325100 ARM SIMPLE CIRC. MONOFASICO FIN DE LINEA	1.00	809.46	809.46
0204326200 ARM SIMPLE CIRC. MONOFASICO PROLONGACION LINEA	3.00	457.20	1,371.60
0205311200 METRO DE TENDIDO DE LINEA MONOF. ACSR 1/0 Y NEUT	24.00	37.71	904.92
0207301000 MONTAJE BASE SECCIONADOR FUSIBLE FIJACION EN PI	41.00	2,223.79	91,175.43
0207312000 FUSIBLE DE EXPULSION 40 A TIPO K	6.00	48.31	289.88
0207312100 FUSIBLE DE EXPULSION 65 A TIPO K	3.00	67.21	201.62
0207321300 DERIV TRIF RIGIDA, ACSR 1/0 AWG 13,2 Y 24,9 KV	2.00	4,396.67	8,793.33
0207323300 DERIV TRIF, CON SECC. Y PROTEC., 13,2 KV, ACSR 1/0 AV	1.00	9,653.52	9,653.52
0207330000 DERIV MONOF RIGIDA ACSR 4/0 Y 1/0 AWG	5.00	991.86	4,959.30
0207351000 PARARRAYOS AUTOVALVULAS 13,2 KV	3.00	390.57	1,171.70
0207352000 MONTAJE PARARRAYOS AUTOVALVULAS EN POSTE P/CII	1.00	1,647.16	1,647.16
0207361090 ANCLAJE TRIF C/SECCIONAMIENTO 13,2 KV ACSR 336 MC	3.00	13,248.99	39,746.96
0207361200 ANCLAJE TRIF C/SECCIONAMIENTO 13,2 KV ACSR 4/0 MC	1.00	12,506.49	12,506.49
0207361300 ANCLAJE TRIF C/SECCIONAMIENTO 13,2 KV ACSR 1/0 AW	3.00	12,555.49	37,666.46
0208301990 CONEXIÓN CONDUCTOR ACSR 336-ACSR 336	6.00	218.13	1,308.79
0208303000 CONEXIÓN CONDUCTOR ACSR 4/0-ACSR 4/0	1.00	47.16	47.16
0208303100 CONEXIÓN CONDUCTOR ACSR 4/0-ACSR 1/0	2.00	47.31	94.61
0208304000 CONEXIÓN CONDUCTOR ACSR 1/0-ACSR 1/0	26.00	45.27	1,177.12

Pág. 1 de 6

**Figura N°40.** Material presupuestado de programa SGT  
Fuente: proporcionada por DN-DS

### 3.4 Realizar una programación física de las acciones a ejecutar para el seguimiento y ejecución de la obra diseñada

La etapa de la construcción comienza una vez finalizado el diseño, se realiza un replanteo, esto para verificar si lo diseñado sufre alguna variación en campo, siempre y cuando sea justificado, cumpliendo las normas de seguridad, el respeto del presupuesto, los plazos de ejecución, la calidad de los trabajos, el reflejo en los sistemas corporativos y la correcta gestión de los trabajos.

Todas estas actividades deben realizarse por medio de una contrata, colaboradora de DISNORTE-DISSUR, serán con un total apego a la seguridad, tanto de las personas como de las instalaciones y cumpliendo todas y cada una de las disposiciones legales y medio ambientales.

#### 3.4.1 Principales pasos para la ejecución de un proyecto

Al asignarle una nueva obra, el supervisor debe comprobar que dispone de toda la documentación necesaria: Planos completos y detallados, memoria descriptiva, presupuesto SGT, expediente cliente, permisos (paso, tala y poda, ambientales, arqueológicos, municipales, etc.). Si detecta inconsistencias en la documentación informará a su superior, para que sean subsanadas.

Debe analizar el diseño en profundidad para entender y familiarizarse con la obra. Cualquier duda que se presente debe ser resuelta previamente.

No debe comenzarse ninguna obra si no se disponen previamente de todos los permisos necesarios. La decisión de comenzar los trabajos, cuando éstos se encuentren incompletos, sólo la podrá tomar el Técnico de Obras.

Si la categoría de la obra lo requiere, es muy recomendable abrir un “libro de bitácora”, donde se irán anotando, de forma ordenada, todas las acciones y actividades significativas que se vayan produciendo durante la ejecución de los trabajos. Cada hito importante de la obra deberá ser registrado y firmado.



Figura N°41. Pasos para la ejecución de un proyecto

Fuente: proporcionada por DN-DS

### **3.4.2 Replanteo**

El replanteo constituye en la ejecución de una obra eléctrica y consiste, principalmente en la reconstrucción del proyecto original directamente en campo. A su vez, el replanteo abarca los siguientes aspectos:

- Comprobación de las condiciones de seguridad durante la ejecución
- Comprobación, in situ, de los permisos disponibles vs necesarios.
- Comprobación de las distancias de seguridad en el entorno.
- Comprobación de no afección de otros servicios (agua, gas, telecomunicaciones, etc.).
- Comprobación de la necesidad de cimentaciones.
- Planificación de las distintas fases de los trabajos.
- Fotografías del estado previo.
- Medición técnico – económica.

Una vez replanteada la obra es muy recomendable establecer conjuntamente con la contrata, el plan de obra, fijando el cronograma de actividades, buscando siempre minimizar el tiempo de los trabajos con descargo y el tiempo de ejecución de la obra.

La planificación se realizará en la etapa del replanteo, conjuntamente con la contrata, exigiendo un riguroso cumplimiento de la misma durante la ejecución de los trabajos, pues representará la “Imagen de la Empresa” ante clientes y terceros.

Cualquier variación que genere un desvío respecto el presupuesto de diseño deberá ser justificada y se procederá a solicitar la autorización del Técnico de Obras. Si el desvío supone un incremento superior al 5%, se analizará la conveniencia de devolver el proyecto a ingeniería para que se realicen los cambios pertinentes.

Una vez realizado el replanteo, se elaborará y firmará el acta de replanteo, que formará parte de la documentación final de obra. Posteriormente se ingresará en el SGT, con todas las observaciones y comentarios pertinentes y se solicitará la aprobación del mismo de acuerdo a la cadena de autorización.

### **3.4.3 Descargo**

Los descargos son programados por un agente asignado de control de operaciones de la red (COR), el cual dirige las maniobras y operaciones necesarias para realizar los trabajos en campo.

El proceso abarca los siguientes aspectos:

- Adecuada creación de zona protegida.
- Adecuada creación zona/s de trabajo/s.
- Adecuada gestión documental Agente de Descargo / Jefe/s de Trabajo/s.

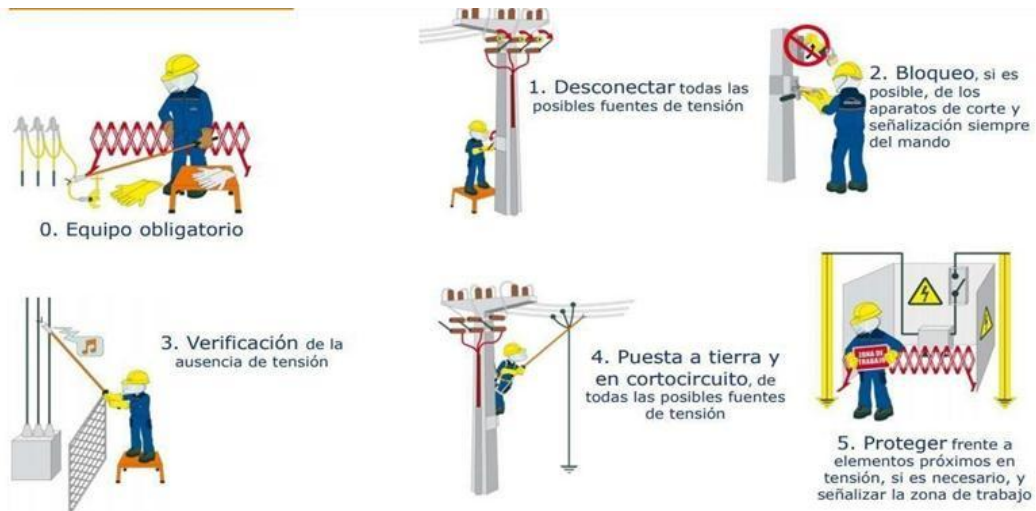
Revisión comprobación previa sucesión de fases (si aplica).

La gestión correcta del descargo es una de las funciones más importantes que desempeña el supervisor de obra, ya que es el proceso que garantiza y permite conectar de forma segura a las instalaciones existentes de la empresa, una nueva instalación.

El descargo es un proceso que requiere de los siguientes pasos:

- Establecer previamente todos puntos donde será necesario trabajar mediante un descargo, detallando exactamente las actividades a realizar (maniobras previas al descargo, trabajos propios del descargo y maniobras posteriores al descargo), así como el tiempo, el personal y el equipo necesarios.
- Obtener toda la información de campo necesaria para la solicitud del descargo: Identificar perfectamente la instalación afectada (SE, SMT, CT's, elemento de maniobra, etc.). Si existiera alguna duda, se consultará previamente con la OTO para evitar errores en la información ingresada.
- Actualización adecuada de la BDI en la capa de desarrollo.
- Elaboración del descargo en el SGT, ingresando toda la información pertinente del mismo.
- Solicitud de aprobación del descargo por parte de la OTO.
- Seguimiento del estado del descargo, por si hubiera que hacer modificaciones solicitadas por la OTO para que pueda ser aprobado.
- Comunicación a la contrata, una vez aprobado por la OTO, para la coordinación de los trabajos en la fecha y hora exacta.
- Dar seguimiento a la finalización adecuada del descargo.

Establecer todos los puntos donde será necesario trabajar mediante un descargo, detallando exactamente las actividades a realizar (maniobras previas del descargo, trabajos propios del descargo, y maniobras posteriores al descargo), así como el tiempo, el personal y el equipo necesarios.



**Figura N°42. 5 reglas de oro**  
**Fuente:** ©Copyright Gas Natural SDG, S.A.

### 3.4.4 Izado de apoyos

Una vez aprobado el replanteo, el SGT genera automáticamente los vales de materiales de aportación empresa. El supervisor deberá coordinar el proceso de entrega de los mismos, conjuntamente con la contrata y con los gestores del proceso.

Posteriormente, coordinará con la contrata el transporte de materiales a obra y su correcto acopio, buscando siempre el consenso y la colaboración de las autoridades locales. Deberá coordinar la correcta señalización de las zonas de trabajo, minimizando el impacto para vehículos y viandantes.

El proceso abarca los siguientes aspectos:

- Revisión delimitación y señalización de la obra.
- Revisión de orden y limpieza.
- Comprobación descarga adecuada de apoyos, sin elementos que puedan provocar daños en superficie.
- Comprobación correcto acopio de apoyos en al menos tres puntos de contacto.
- Comprobación buen estado de la superficie de apoyos.
- Comprobación cimentación adecuada.
- Comprobación correcta encarado.
- - Comprobación verticalidad apoyos.
- Comprobación profundidad empotramiento.
- Comprobación dimensiones del hormigonado (cimentación monobloque).



- Comprobación hormigonado: composición y ejecución (cimentación monobloque).
- Comprobación puesta a tierra: conductor, picas y conexión.
- Comprobación característica y estado de crucetas y aislamiento.

### **3.4.5 Acopio de materiales**

El acopio de los materiales en la obra debe estar bien planificado desde el inicio de la obra, buscando una correcta delimitación y señalización de las zonas de trabajo y un orden adecuado, ya que supone una afectación al entorno que debe ser minimizada.

Cualquier daño en los materiales, provocado por una mala manipulación de estos, debe identificarse antes de su instalación, por lo que la revisión del material acopiado en obra es fundamental.

El transporte del material eléctrico (aisladores, transformadores, conductor, crucetas, etc.), se realizará en camiones adecuados al volumen, y aplicando los criterios de seguridad utilizados para cualquier transporte de mercancía pesada. Si se detectase cualquier daño, lo comunicará por escrito a la contrata para que se realice la reposición inmediata de los elementos dañados, informando al Técnico de Obras de la situación, quien tomará las medidas pertinentes para agilizar al máximo esta reposición.

### **3.4.6 Tendido de conductores**

El tendido de los conductores constituye en la ejecución de una obra eléctrica y abarca la completa instalación de los conductores eléctricos, de acuerdo a los procedimientos establecidos en el proyecto tipo.

El proceso abarca los siguientes aspectos:

- Revisión delimitación y señalización de la obra.
- Revisión de orden y limpieza.
- Comprobación equipos de seguridad individuales y colectivos.
- Comprobación correcta colocación y estado de bobinas y elementos de tendido.
- Comprobación método de tendido. Vano de regulación.
- En cruzamientos y cercanía con otras líneas eléctricas, garantizar las máximas condiciones de seguridad.
- Comprobación autorización en caso de cruzamientos con otras infraestructuras (si necesaria).
- Verificación temperatura de tendido de cantón.
- Verificación tensión de tendido de cantón.

- Verificación flecha vano de regulación.

Los tendidos se realizarán siempre mediante las tablas de tendido y la instalación de regletas para la fijación de las fechas máximas.

### **3.4.7 Retenidas**

Las retenidas deben instalarse siempre que los esfuerzos resultantes en el poste sean superiores a su resistencia mecánica. Lo ideal sería no instalar retenidas y utilizar siempre postes autosoportados de resistencia adecuada a los esfuerzos, que es hacia donde se dirigen las instalaciones urbanas (se incrementan los costos de forma importante). Una incorrecta instalación de retenidas provoca graves problemas de estabilidad de la línea, con los inherentes riesgos que supone para las personas.

**Criterios de Supervisión:** retenidas.

**Se analizarán los siguientes puntos:**

- Conjunto “Poste + cimentación + retenida” adecuado a los esfuerzos resultantes en cada estructura.
- Correcta aplicación de las tablas de retenidas del Proyecto Tipo.
- Correcta instalación de las retenidas: verificación in situ aleatoria.
- Comprobación de los tenses de las retenidas: correcta verticalidad de los postes.

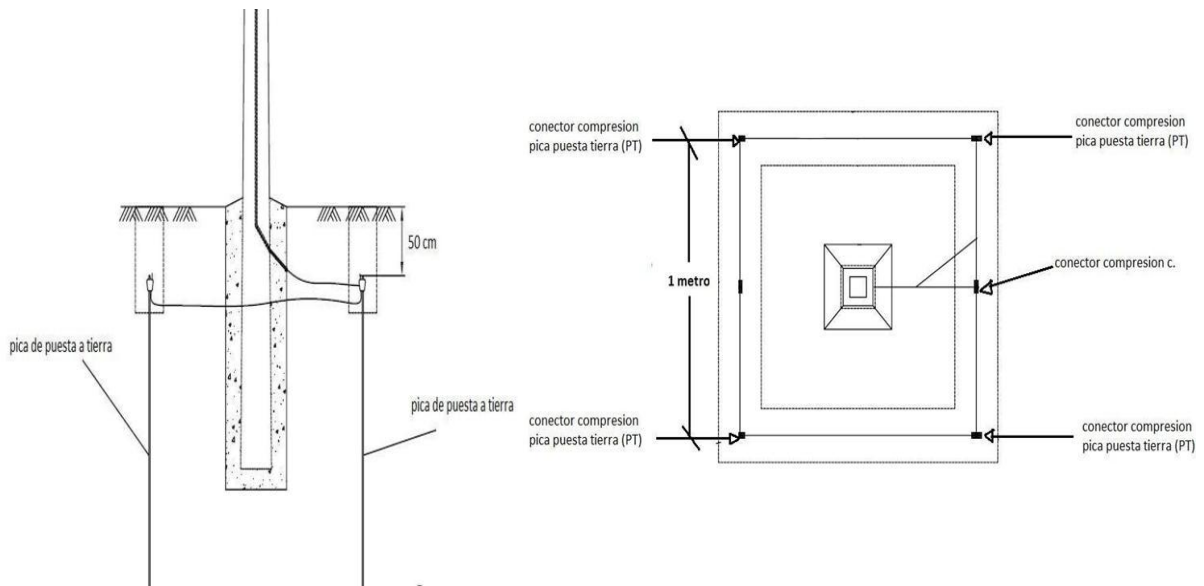
### **3.4.8 Puesta a tierra**

Se utilizará como electrodo de puesta a tierra el anillo cerrado, el cual consiste en un cuadrado cerrado de cable de cobre de tamaño AW G N.º 2, enterrando a una profundidad mínima de 0,5 m y de forma que cada arista del cuadrado quede distanciada como mínimo 1 m de las aristas del macizo de cimentación.

La instalación del electrodo en anillo cerrado será necesaria únicamente en apoyos que soporten centros de transformación o aparatos de maniobra.

Esto es, con el objetivo de tener un alto grado de protección en los aparatos de switcheo y maniobras, así como obtener un neutro sólidamente aterrizado.

Se conectará en cada arista del anillo una pica de alma de acero y recubrimiento de cobre mediante conectores de cuña a presión a como se muestra en las siguientes figuras.



**Figura N°43.** Imagen ilustrativa de cómo se realizan las puestas a tierra.

Las varillas normalmente usadas como electrodos de conexión a tierra serán varillas de cobre de 5/8" x 8' y deberán ser enterradas en tierras compactas que no hayan sido removidas.

Se emplearán electrodos de puesta a tierra con alma de acero y recubierto de cobre de 5/8'' x 2.40 metros como mínimo.

Al utilizar este tipo de material nos favorece:

- Seguridad en las instalaciones eléctricas.
- Fáciles de controlar e inspeccionar.
- Disminuye fácilmente la resistencia eléctrica a tierra, mediante el agregado de alma de acero y recubierto de cobre (conocido como jabalinas), seccionales o en última instancia, el tratamiento químico del suelo.
  - El alma de acero y recubierto de cobre (conocido como jabalinas) poseen una sólida e inseparable capa exterior de cobre que las protege contra la corrosión y les da una excelente conductividad eléctrica. Esta capa forma un solo cuerpo con su alma de acero de alta resistencia.

### 3.4.9 Recepción

La recepción de los trabajos en la ejecución de la obra eléctrica y abarca todas las actividades necesarias para poder recibir la obra, en las condiciones adecuadas de calidad.

El proceso abarca los siguientes aspectos:

- Revisión de orden y limpieza.
- Revisión correcta ubicación de apoyos.
- Comprobación verticalidad y alineación de apoyos.
- Comprobación buen estado superficie exterior de apoyos.
- Comprobación profundidad de empotramiento. Hormigón: marcas sobre los apoyos (P. Tipo); Madera: distancias P. Tipo.
- Comprobación correcta compactación terreno alrededor apoyos.
- Comprobación retirada de todos los elementos desmontados.
- Comprobación distancias de seguridad elementos circundantes.
- Comprobación distancias de poda.
- Comprobación buen estado conductores (sin torsiones, hilos dañados, etc.).
- Comprobaciones retenidas correctamente instaladas. Elementos conforme a P. Tipo.
- Comprobación del correcto aterramiento de todos los herrajes metálicos.
- Fotografías estado posterior de la obra.
- Medición y cuantificación UC conjunta con representante de contrata.
- Recuento material sobrante. Gestión devolución.

Una vez finalizados todos los trabajos físicos de la obra, habiendo cumplido con todos los procesos previos, es necesario realizar una supervisión final y detallada de la obra, que contempla 2 aspectos diferenciados:

Recepción Técnica

Recepción Económica

La recepción técnica se realizará obligatoriamente antes del descargo de puesta en servicio, para verificar que la obra cumple con la calidad requerida para que pueda conectarse la nueva instalación.

Una vez comprobado que todos los aspectos técnicos son satisfactorios, y que la instalación ha quedado en perfectas condiciones para su entrada en operación, se procederá con la supervisión económica, que consiste en una cuantificación final de todos los elementos instalados. Partiendo como base del último reformado, se realizará un recuento detallado de unidades constructivas (UUCC).

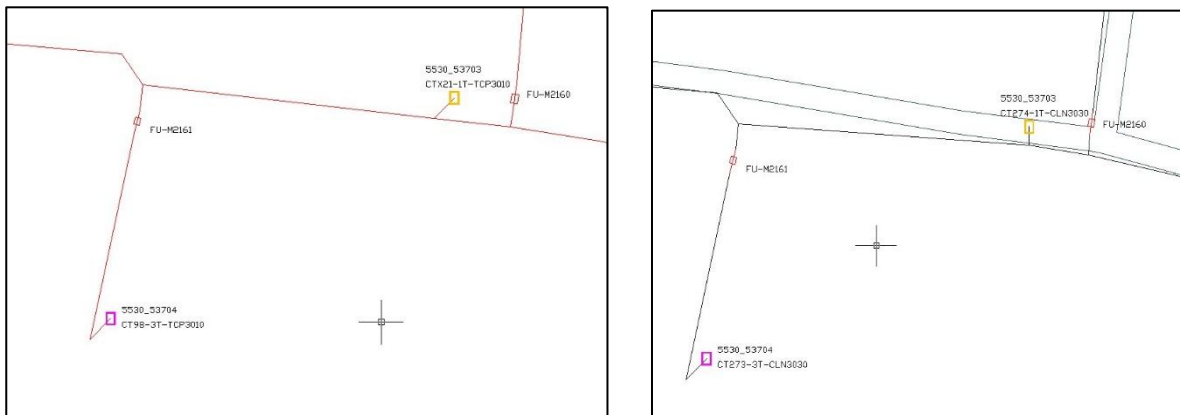
Si durante esta cuantificación final de unidades constructivas (UUCC) se detectase una inconsistencia respecto lo indicado, se procederá a elaborar un nuevo reformado en el sistema de gestión de red (SGT), que deberá ser aprobado para que se pueda elaborar la recepción técnico económico (RTE) en el sistema de gestión de red (SGT), que formará parte de la documentación final de obra.

Una vez ingresada la RTE por parte del supervisor de obra es necesario dar el seguimiento al cierre de la obra, por lo que deberá realizar las siguientes actividades:

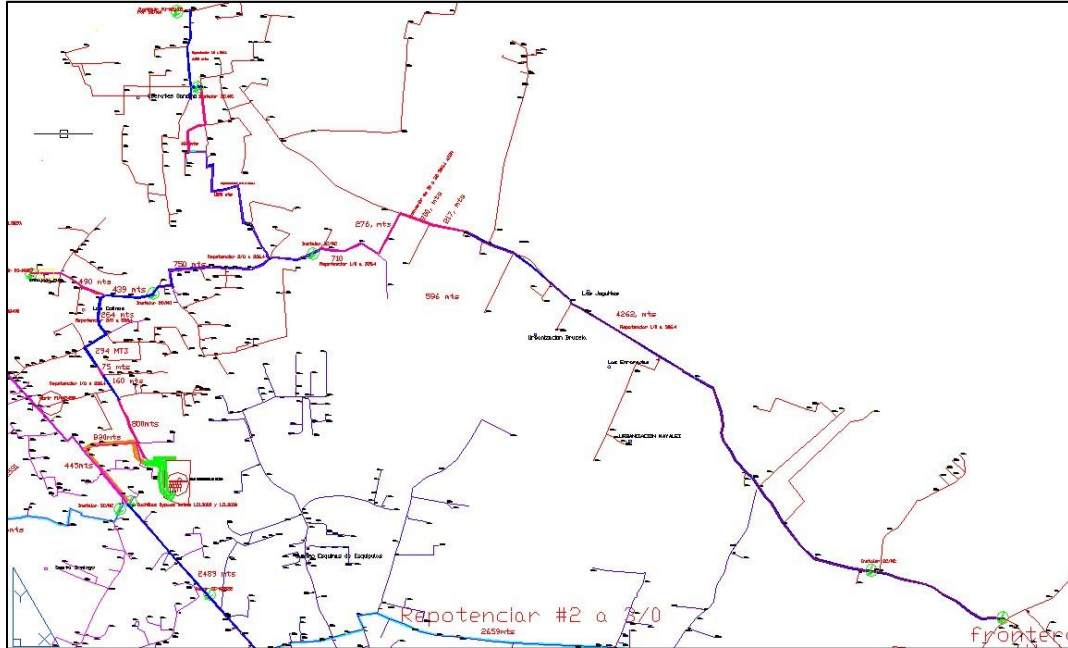
- Realizar en sistemas la correcta actualización en la base de datos de instalaciones (BDI) y que todo ha quedado de acuerdo a la realidad.
- Coordinar con la contrata y con los gestores correspondientes el cuadro final de materiales.
- Una vez finalizado el cuadro de materiales, coordinar con los gestores correspondientes el envío de la facturación a la contrata.
- Recopilar toda la información necesaria del expediente de obra y facilitárselo a la contrata para que pueda presentar la factura, cumpliendo con el procedimiento establecido. Facturación SGT: gestor recursos
- Aprobación facturas SGT: gerente desarrollo
- Aprobación facturas SGA: gerente desarrollo -> director distribución -> country manager (en función del monto económico).

Si durante la ejecución de la obra surgen situaciones que obliguen a cambios en el diseño, será necesario ingresar un reformado en el sistema de gestión de trabajos (SGT). Todo reformado debe estar plenamente justificado y aquellos que supongan un incremento del presupuesto del replanteo > 5% tendrán que tener la aprobación de la Dirección de Distribución. Se elaborará y firmará el acta de reformado, que formará parte de la documentación final de obra.

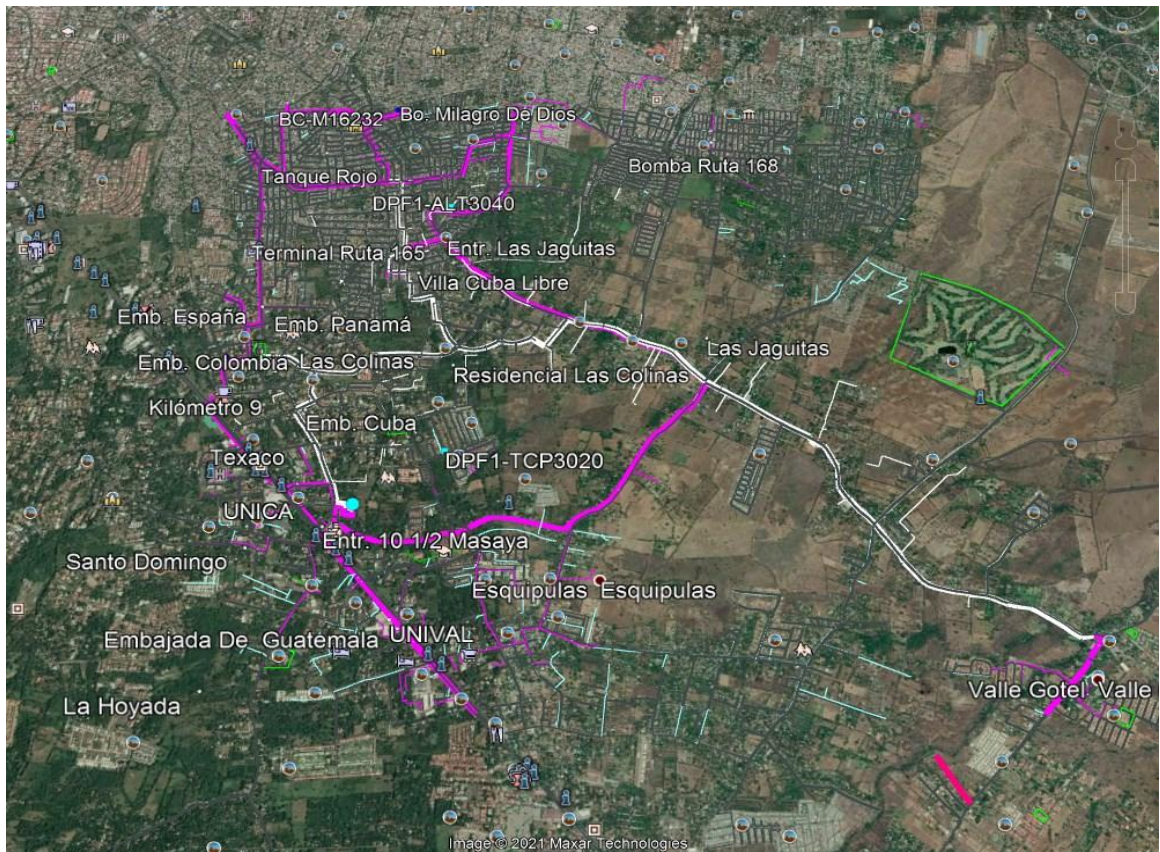
#### 4. Presentar planos actualizados de la nueva red de distribución eléctrica de media y baja tensión.



**Figura N°44.** Comparación de antiguo y nuevo dominio entre circuitos



**Figura N°45. Dominio del nuevo circuito CLN-3030**



**Figura N°46. Geo referencia de dominio de circuito CLN3030**  
**Fuente. BDI y Google maps.**

## **5. Cronograma**

La ejecución de la obra deberá contar con: cronograma de ejecución de trabajos, desglosado en días y semanas, definición y cuantificación de los equipos de trabajo, principalmente en los días de descargos programados con pérdida de mercado: Número y clasificación de trabajadores y equipo necesario y avances programados.

Cronograma de actividades 2015-2016		Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9
1	Introducción	■								
2	Descripción del trabajo		■							
	Objetivos			■						
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Caracterizar el análisis realizado por parte del centro nacional de despacho de carga (CNDC), en las redes de la DISTRIBUIDORA.</li> <li>Levantamiento realizado en campo conforme a los requerimientos solicitados, de manera legible, con la información suficiente para realizar el diseño, haciendo uso de la simbología DN-DS</li> <li>Representación de croquis, localizando la ubicación de apoyos, centros de transformación, red aérea de media y baja tensión existente y a instalar, así como la representación geográfica, límites de propiedad y ubicación del norte como referencia</li> </ul>			■	■	■	■	■	■	■
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Levantamiento realizado con equipos: GPS en coordenadas UTM y track del emplazamiento en formatos WGS84 (Sistema Geodésico Mundial 98), odómetro para determinar las distancias entre apoyos, límites de propiedad, puntos nuevos a instalar, etc.</li> <li>Registro fotográfico de cada punto, incluyendo vista panorámica</li> <li>Recopilación de toda la información obtenida en el levantamiento</li> </ul>			■	■	■	■	■	■	■
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realización del diseño de nuevo circuito CLN-3030 de subestación las Colinas, para deslastrar carga de subestaciones Altamira y Ticuantepe</li> </ul>				■	■	■	■	■	■
	Realización de memoria de cálculos					■	■	■	■	■
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cálculos mecánicos</li> <li>Tablas de tendido</li> <li>Características de apoyos</li> </ul>					■	■	■	■	■
	Detalles soterrados de salida de subestación						■	■	■	■
6	Realización de estaqueo						■	■	■	■
7	Elaboración de informe técnico							■	■	■
8	Elaboración de presupuesto								■	■
9	Supervisión								■	■
10	Formato de Recepción								■	■
11	Conclusiones									■
12	Anexos									■

Nota: Las actividades presentadas en cronograma estan previstas realizarse cada 4 semanas comprendido desde el mes de Julio 2015-Marzo 2016



## 6. Área de trabajo

La empresa colaboradora INGENICA S.A, presta el servicio a DISNORTE-DISSUR, en el área de proyectos encargados de la elaboración, revisión y supervisión de diseños de proyectos obras propias de la Distribuidora y obras terceros.

Petición de servicio/provisión de servicio (PPSS).

Estas son solicitudes realizadas a la empresa DISNORTE-DISSUR por parte de futuros clientes o clientes existentes en los canales de atención definidos por la empresa, con el fin de obtener un servicio con diferente tipo de peticiones como: Suministro a viviendas unifamiliares, colectivas, Industriales, Comerciales, barriada social, Lotificación, alumbrado público, aumentos de potencia o cambios de tensión, desvíos de instalaciones (retranqueos).

Las solicitudes que son remitidas al área de proyectos son debido a que las redes existentes cercanas a estos, no prestan las condiciones para brindar la petición que se requiere.

Se efectúa una inspección en el sitio donde de la solicitud, para dar una solución al tipo de petición que se requiera, para ello se realiza un levantamiento de redes a modificar, con el uso de herramientas de ayuda como, odómetro, GPS, cámara fotográfica.

Realizado el levantamiento con una propuesta de diseño ya definida, se procede a realizar diseño en el programa AUTOCAD, seguido de efectuar cálculos como:

- Estudios de cargabilidad a transformadores ya existentes que alimentan determinada zona, por medio de la base de datos de instalaciones (BDI) y al sistema de de gestión comercial (SGC).
- Realización censo de carga, adjunta al expediente, donde se declare la potencia total solicitada.
- Selección de transformadores, la cantidad o potencia varía en dependiendo del tipo de conexión solicitada y potencia que asumirá. Si se instala un transformador y extensiones de media tensión a la red, se deberá realizar una solicitud al área de planificación quien se encarga de revisar y aprobar un punto de entronque a la red, tipo de conexión y protecciones a instalar.
- Caída de tensión, el cual serán aplicables a un tramo de línea, siendo la caída total de tensión la suma de las caídas en cada uno de los tramos intermedios.

## **7. Importancia (impacto del tema)**

Asumir parte de las cargas existentes y crecimiento vegetativo del sector las Colinas, las Jaguitas, carretera a Masaya y sector Santo Domingo (Managua), que se alimentan de las subestaciones Altamira y Ticuantepe, con la creación del nuevo circuito (CLN-3030) de subestación las Colinas, permitiendo a la Distribuidora obtener un mejor aprovechamiento y eficiencia de las redes, brindando un mejor servicio estableciendo la mayor confiabilidad posible.

Estos criterios se basan en que el beneficio (diferencia entre precio de venta y precio de compra) por venta de la energía anual rescatada y el ahorro de compensaciones por mala calidad por el último elemento a instalar en la línea principal o en la derivada sea mayor o igual al costo anual del mismo equipo.

### **a) Beneficios:**

- Mayor capacidad para asumir la demanda actual y futura de la zona.
- Mejor aprovechamiento de las redes.
- Mejorar la calidad del servicio y asegurar las condiciones de estabilidad en la red.

### **b) Inversiones:**

- Ingeniería del diseño del proyecto.
- Construcción de la red.

El compromiso de la Distribuidora de energía eléctrica DISNORTE-DISSUR es tener una visión amplia para las demandas de carga actual y las proyectadas a futuro, por tal razón se proponen proyectos en redes de media tensión con el objetivo principal de mejorar la calidad y continuidad del servicio de energía eléctrica, así también teniendo la capacidad de apoyar o respaldar en afectaciones de otros circuitos cercanos por fallas imprevistas o programadas. Todo esto para cumplir con lo proyectado en el estudio de sostenibilidad de las redes eléctricas de la Distribuidora.

## **8. Conclusión**

Este documento a modalidad de práctica profesionales es una referencia al lector que indaga acerca de la creación de un nuevo circuito, el cual será alimentado de una subestación, dicho proyecto se ejecutó en trayectorias donde ya existían redes eléctricas de media y baja tensión, las cuales fueron adecuadas o modificadas para la creación de este nuevo circuito, realizándose así remociones, reubicaciones e instalaciones de redes aéreas de media tensión, para ello se realizó un diseño y la ejecución del mismo. El documento fue estructurado de tal forma que explica los alcances y objetivos para este proyecto.

En la descripción del proyecto se presentó la metodología que deben ser implementadas como lo son: el levantamiento, condiciones técnicas de la red, diseño, cálculos mecánicos, cálculos de tendido de líneas, detalles soterrados (para es redes soterradas), informe técnico, un presupuesto económico y finalmente la ejecución del proyecto, siguiendo las normas de diseño y construcción utilizadas por la distribuidora DISNORTE-DISSUR para la construcción de nuevas redes de baja y media tensión, norma proyecto tipo.

En anexos el lector encontrara tablas y gran variedad de información que le ayudaran a seguir indagando sobre el tema de diseño de redes de distribución.

Es de mucha importancia que el lector conozca y domine las distintas normativas de diseño de redes de distribución que actualmente se utilizan en nuestro país.

# Anexos

## **Interruptor automático de cabecera**

Elemento de protección y maniobra capaz de abrir y cerrar sobre corrientes de cortocircuito, que opera sobre la base de relés de apertura ajustables, protegiendo a la línea contra cortocircuitos y sobrecargas, y se sitúa en cabecera de línea (Subestación). Tiene la función de reenganche automático, y está preparado para telecontrol.



## Reconectador

Elemento de protección y maniobra capaz de abrir y cerrar sobre corrientes de cortocircuito equipado con relés de apertura ajustables, que protege la línea contra cortocircuitos y sobreintensidades, y que se sitúa en puntos intermedios de la línea. Debe actuar en coordinación con el interruptor de cabecera. Tiene la función de reenganche automático, con el mismo funcionamiento que el indicado para el interruptor de cabecera y puede tener telecontrol

En algunos casos se encuentra en cabecera de las líneas, ejerciendo las mismas funciones de interruptor automático.



## Interruptor telecontrolado

Elemento de maniobra cuyas características son las definidas para el interruptor. Adicionalmente va equipado con detección de paso de falta y puede ser maniobrado por telecontrol desde el C.O.R.

Cuando va instalado en derivaciones podrá incorporar lógica de autoseccionador.

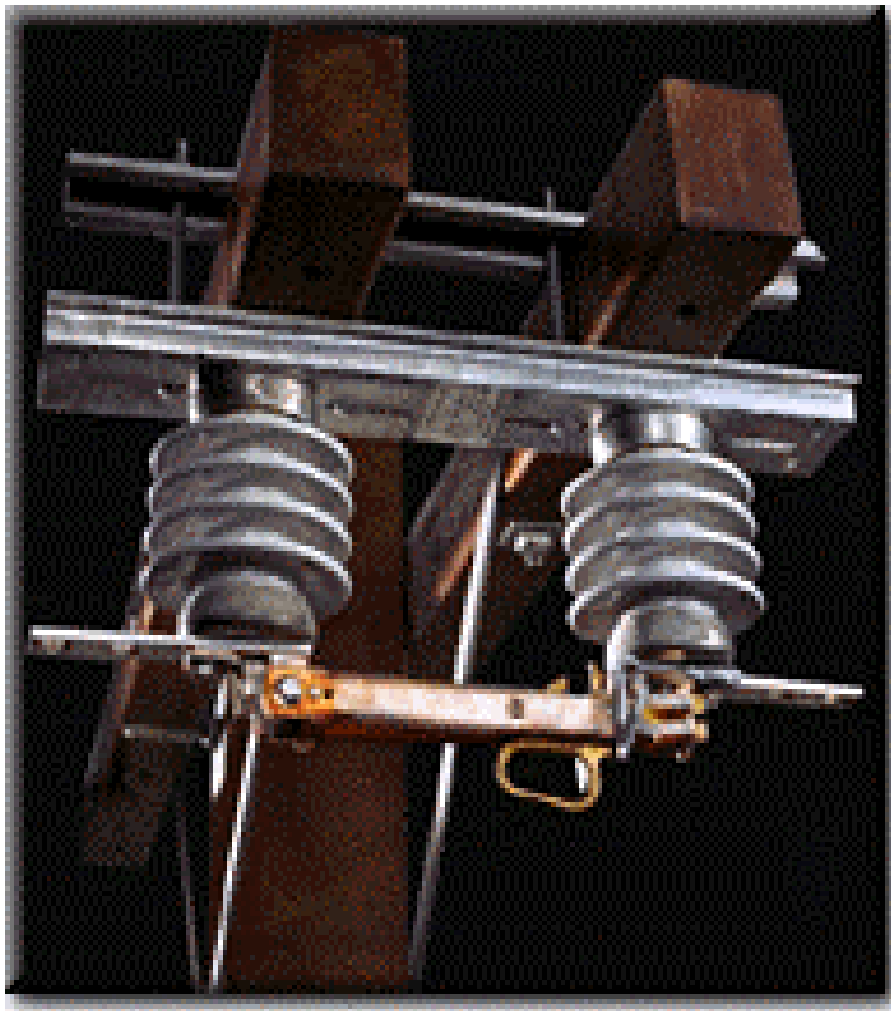


## Seccionador

Elemento de maniobra de accionamiento unipolar, manual por pértiga, capaz de abrir y cerrar circuitos con tensión y corrientes despreciables (Sin carga). Tiene un nivel de aislamiento entre contactos abiertos que proporcionen garantía de corte efectivo.

Existen dos tipos de seccionadores: los de cuchillas ( $I_n \geq 400$  A.) y los basados en los seccionadores fusibles de expulsión, en los que se ha sustituido el tubo porta fusible por una barra de cobre (SXS  $I_n = 200$  A). Estos últimos solamente se instalarán en derivadas, nunca en la línea general.

En ambos casos su diseño permitirá la apertura en carga mediante pértiga "LOAD BUSTER".





## **Cortacircuitos fusibles de expulsión (XS)**

Elemento de protección y maniobra, de accionamiento unipolar, manual por pértiga, capaz de abrir un circuito con tensión y corrientes despreciables (Sin carga). Incluye un elemento fusible calibrado, que al fundir provoca la apertura del seccionador.

Su diseño permitirá la apertura en carga mediante pértiga "LOAD BUSTER".



## Auto seccionador

Su función es similar a la de los fusibles, pero con las siguientes particularidades:

Es más fiable que el fusible.

No requiere materiales de repuesto ante cada actuación del equipo, al no tener elementos fusibles

No coordina por tiempo con la curva de protección aguas arriba del interruptor automático, como es el caso de los fusibles.

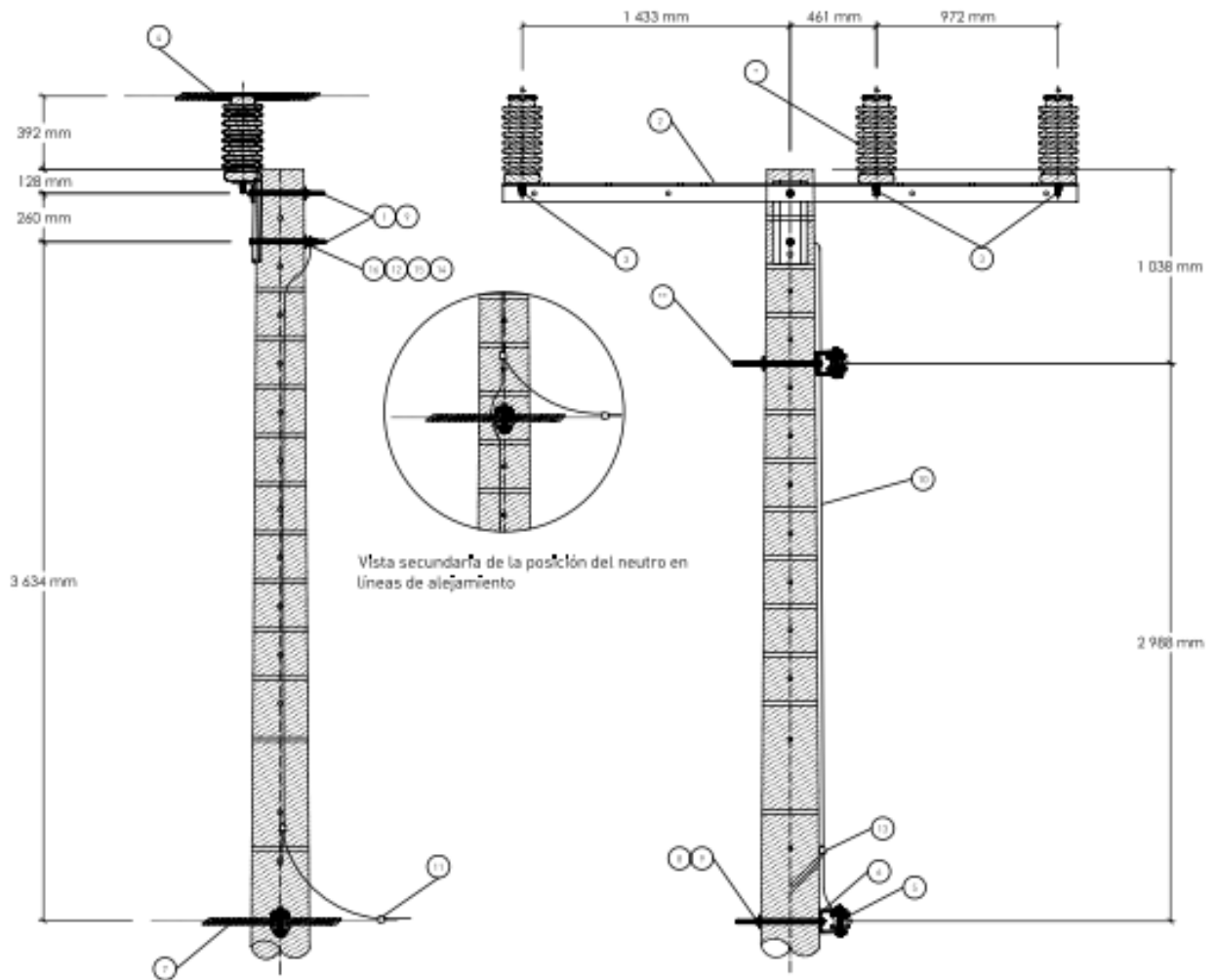


## **Detector de Paso de Faltas**

(DPF) es obligatorio para localizar los fallos en las redes de distribución. Debe coincidir con las características eléctricas de la red y ser muy visible para ayudar al equipo de mantenimiento a localizar los defectos de la red rápidamente



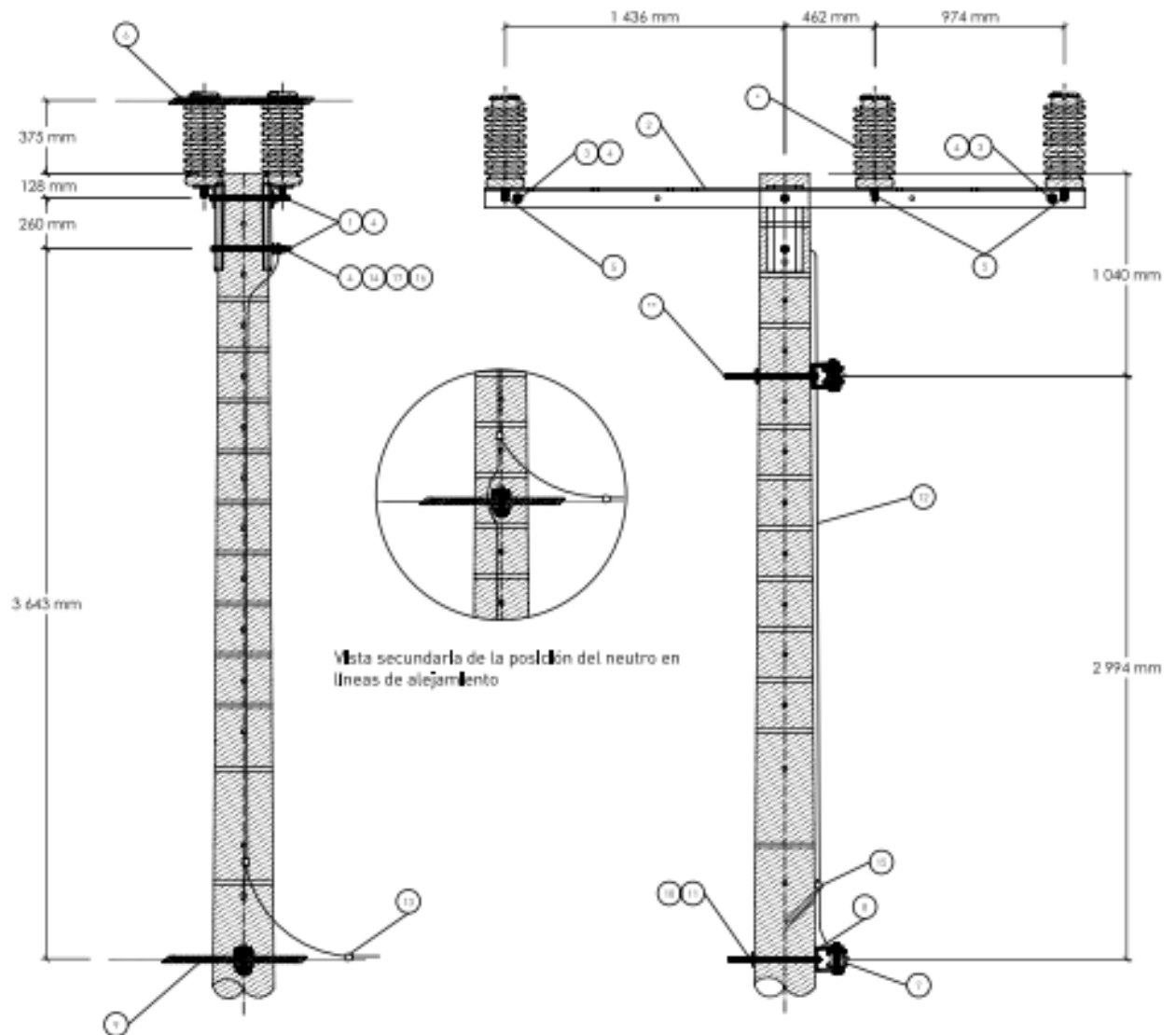
Algunos de los armados de LAMT 3F.



\*Alisamiento según tensión y condiciones ambientales.

\*\*Nota: Posición del neutro en líneas de alejamiento  
(no prevista instalación de transformadores).

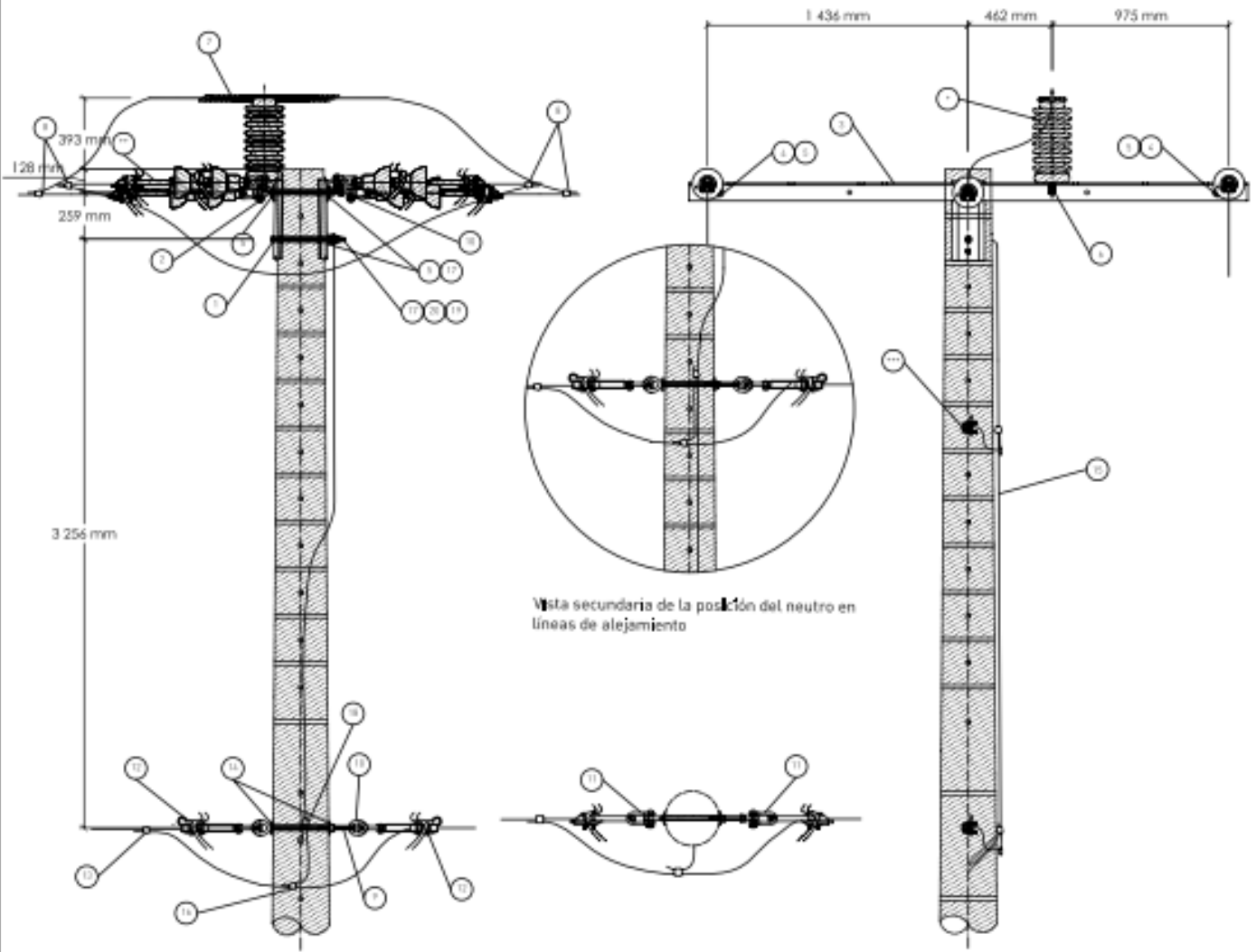
 <b>UNION FENOSA</b>	<b>DISNORTE-DISSUR</b>	FECHA	NOMBRE
		Dibujado	
ESCALAS:  1/35	<b>ARMADO SIMPLE CIRC. TRIF. ALINEACIÓN Y ÁNGULO +5°</b> <b>13,2 KV DISP. HORIZONTAL, 336,4 MCM</b> <b>UCC S/C</b>  UNIDADES CONSTRUCTIVAS LÍNEAS ELÉCTRICAS AÉREAS DE 13,2 KV	Proyectado	
		Comprobado	
		EL AUTOR DEL PROYECTO:	
		Nº PLANO UCC	<b>PC S/C</b>
REV.		HOJA	SIGUE



\*Aislamiento según tensión y condiciones ambientales.

\*\*Nota: Posición del neutro en líneas de alejamiento (no prevista instalación de transformadores).

 <b>UNION FENOSA</b>	<b>DISNORTE-DISSUR</b>	FECHA	NOMBRE
		Dibujado	
ESCALAS:  1/35	<b>ARMADO SIMPLE CIRC. TRIF. ÁNGULO 5 A 20-30°</b> <b>13,2 kV DISP. HORIZONTAL, ACSR 336,4 MCM</b> <b>UCC 5/C</b>  UNIDADES CONSTRUCTIVAS LÍNEAS ELÉCTRICAS AÉREAS DE 13,2 kV	Proyectado	
		Comprobado	
		EL AUTOR DEL PROYECTO:	
		N° PLANO UICC	<b>PC 5/C</b>
REV. .	HOJA	SIGUE	



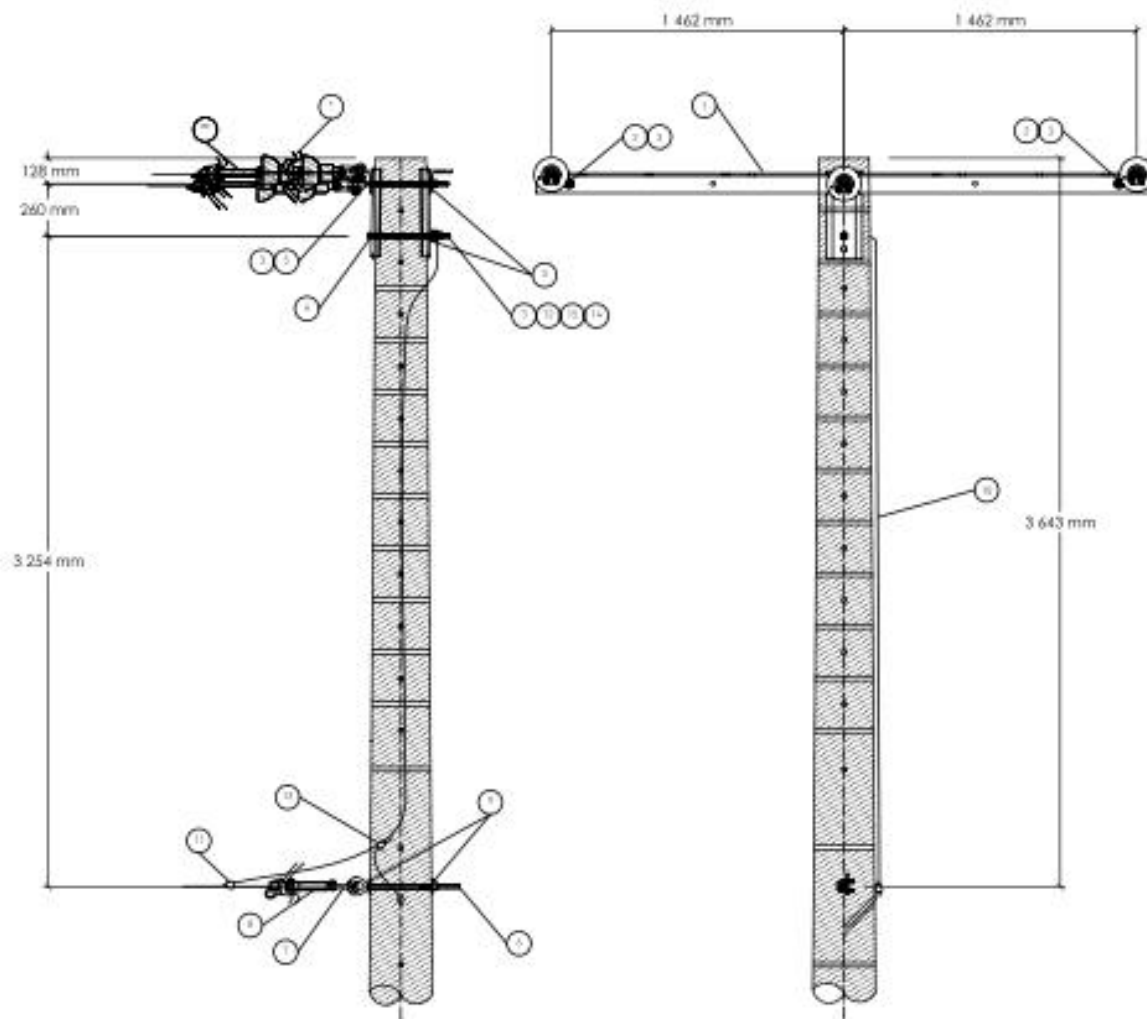
Vista secundaria de la posición del neutro en líneas de alejamiento

\*Alejamiento según tensión y condiciones ambientales.

\*\*Grapa amarre según conductor.

\*\*\*Nota: Posición del neutro en líneas de alejamiento (no prevista instalación de transformadores).

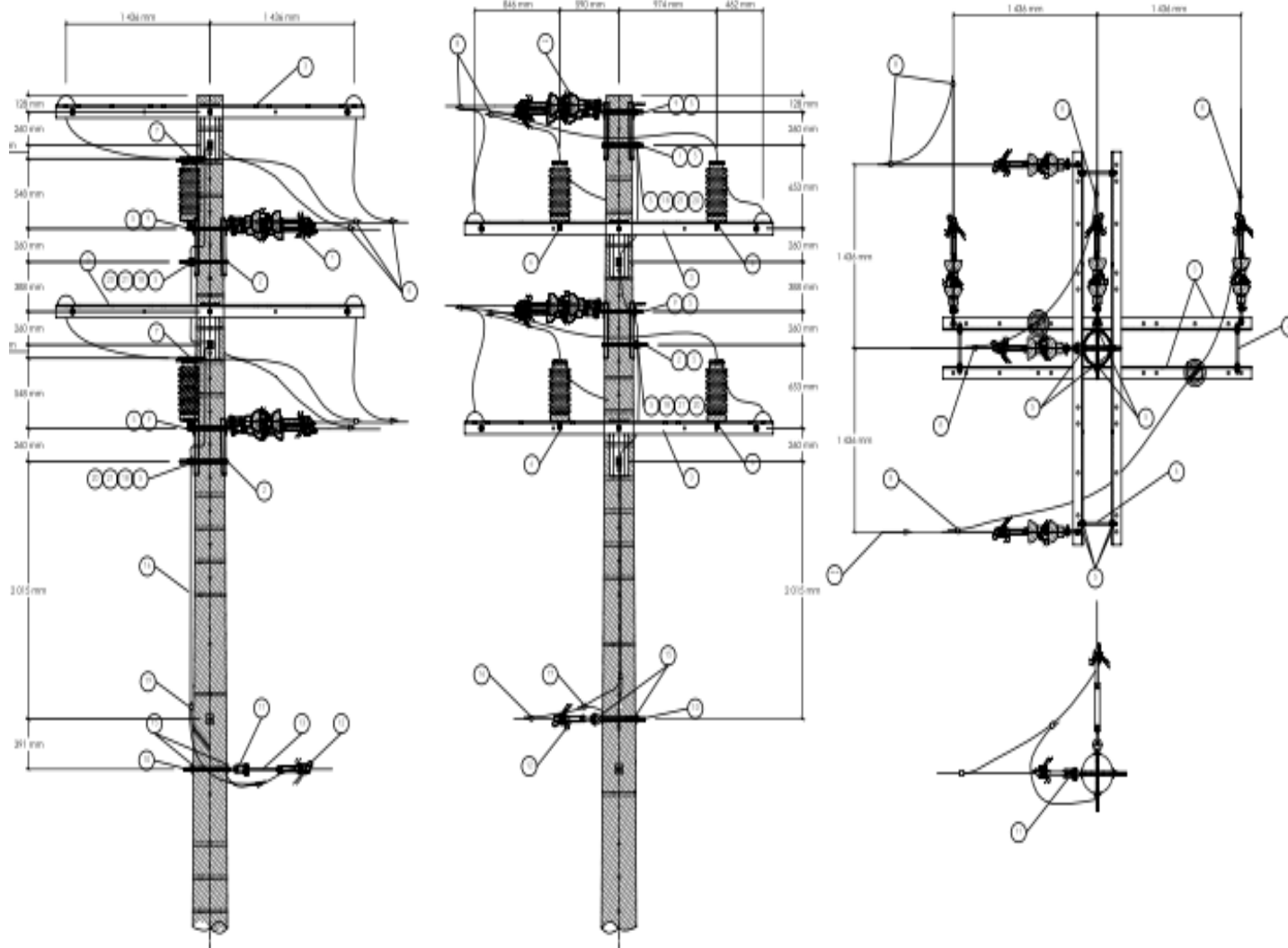
 <b>UNION FENOSA</b>	<b>DISNORTE-DISSUR</b>	FECHA	NOMBRE
		Dibujado	
ESCALAS:	<b>ARMADO SIMPLE CIRC. TRIF. ANCLAJE Y ÁNGULO 20 A 60°</b> <b>13,2 kV DISP. HORIZONTAL ACSR 336,4 MCM</b> <b>UCC S/C</b>  UNIDADES CONSTRUCTIVAS LÍNEAS ELÉCTRICAS AÉREAS DE 13,2 kV	Proyectado	
1/35		Comprobado	
		EL AUTOR DEL PROYECTO	
		Nº PLANO UCC	PC S/C
	REV. .	HOJA	SIGUE



\*Alambrado según tensión y condiciones ambientales.

\*\*Grapa amarre según conductor.

 <b>UNION FENOSA</b>	<b>DISNORTE-DISSUR</b>	FECHA	NOMBRE
		Dibujado	
		Proyectado	
SCALAS	<b>ARMADO SIMPLE CIRC. TRIF. FIN DE LÍNEA</b> <b>13,2 kV DISP. HORIZONTAL, ACSR 336,4 MCM</b> <b>UUCC S/C</b> UNIDADES CONSTRUCTIVAS LÍNEAS ELÉCTRICAS AÉREAS DE 13,2 kV	Comprobado	
1/35		EL AUTOR DEL PROYECTO	
		Nº PLANO UUCC	<b>PC S/C</b>
		REV. .	HOJA



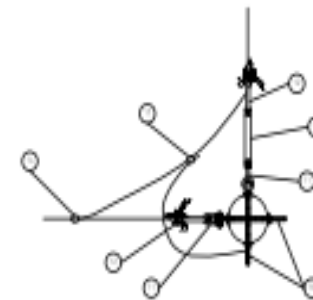
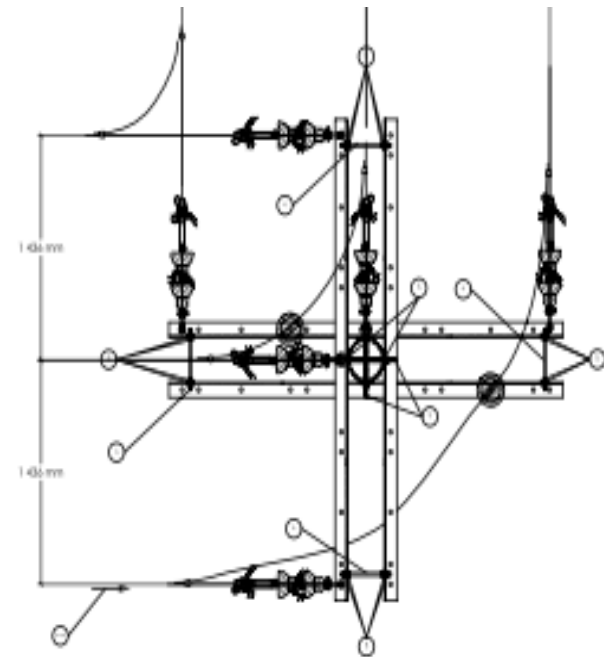
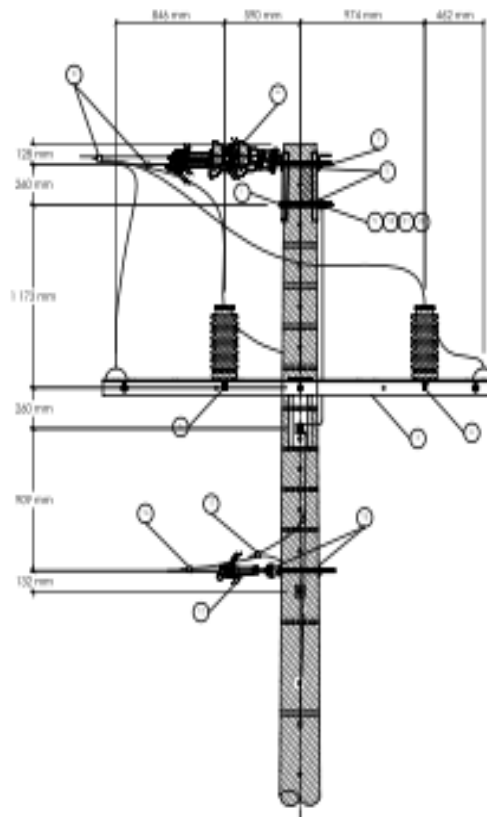
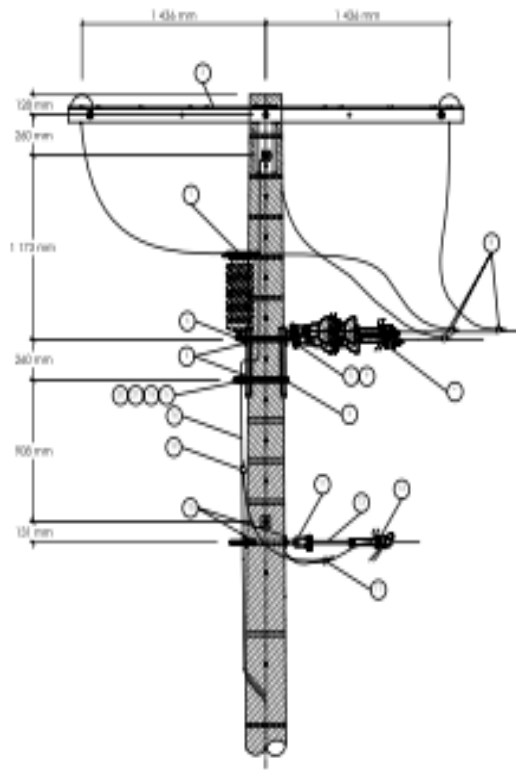
\*Sraja amarre según conductor.

\*\*Aislamiento según tensión y condiciones ambientales.

\*\*\*Dirección de la energía.

 		FECHA	NOMBRE
		Dibujado	
ESCALAS: 1/25		Proyectado	
		Comprobado	
ARMADO DOBLE CIRC. TRIF. ANGULO 60 A 90° 13,2 kV DISP. HORIZONTAL ACSR 477 MCM IAUCC 14354000		EL AUTOR DEL PROYECTO:	
UNIDADES CONSTRUCTIVAS LINEAS ELECTRICAS AEREAS DE 13,2 kV		APLICADO UJSC	PC04354000
		REV.	HOJA SIGUE



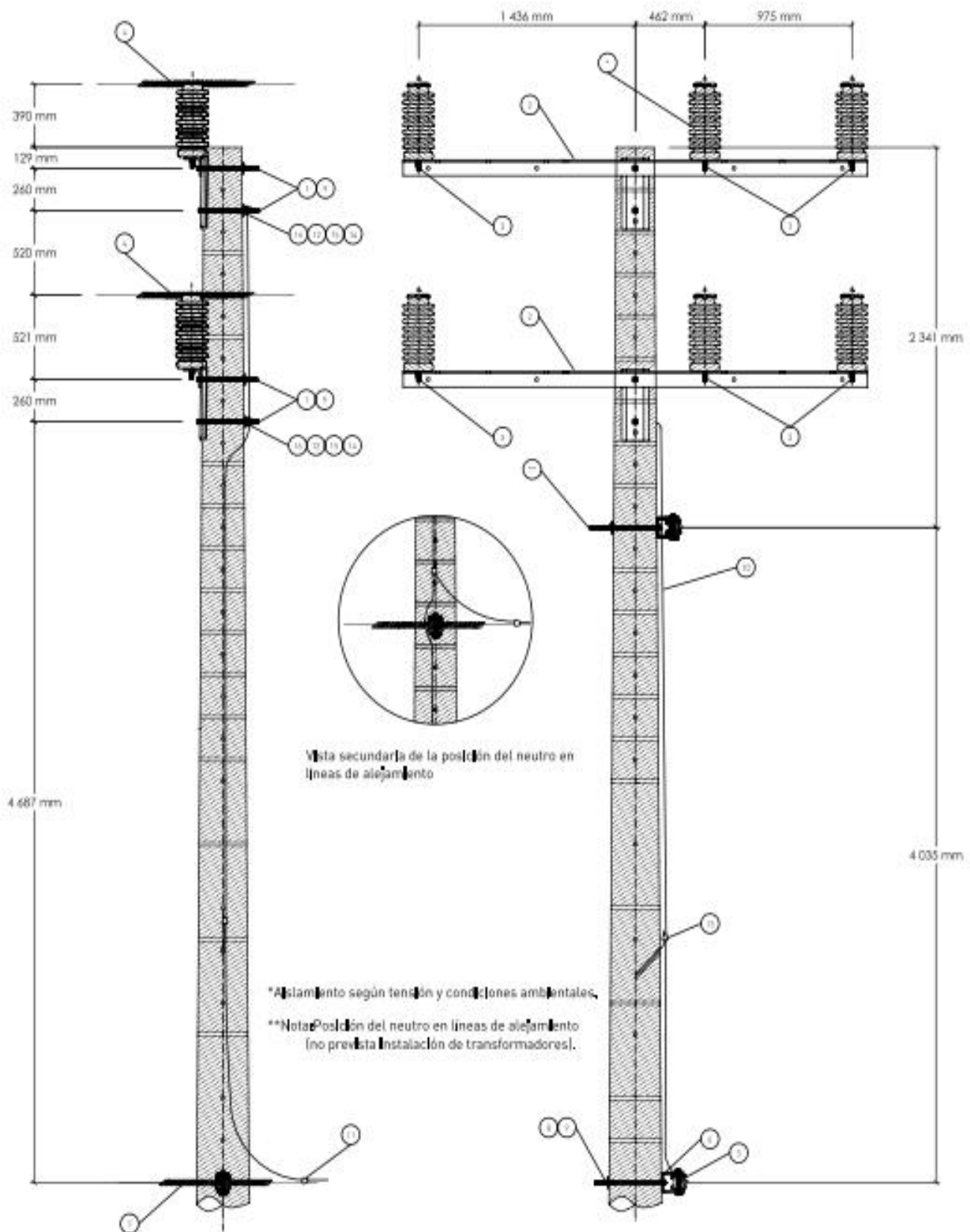


\*Grapa anillo según conductor.

\*\*Aislamiento según tensión y condiciones ambientales.

\*\*\*Dirección de la energía.

		<b>DISNORTE-DISSUR</b>	
		Dibujo Proyecto Construcción	FECHA NOMBRE
ESCALAS: 1/25	ARMADO SIMPLE CIRC. TRIF. ANGULO 60 A 90° 13,2 kV DISP. HORIZONTAL, ACSR 266 MCM UGCC 04318100		EL AUTOR DEL PROYECTO:
	UNIDADES CONSTRUCTIVAS LINEAS ELECTRICAS AEREAS DE 13,2 kV		N° PLANO UGCC
			PC 04318100
		REV. .	HOJA SIGUE



**UNION FENOSA**

**DISNORTE-DISSUR**

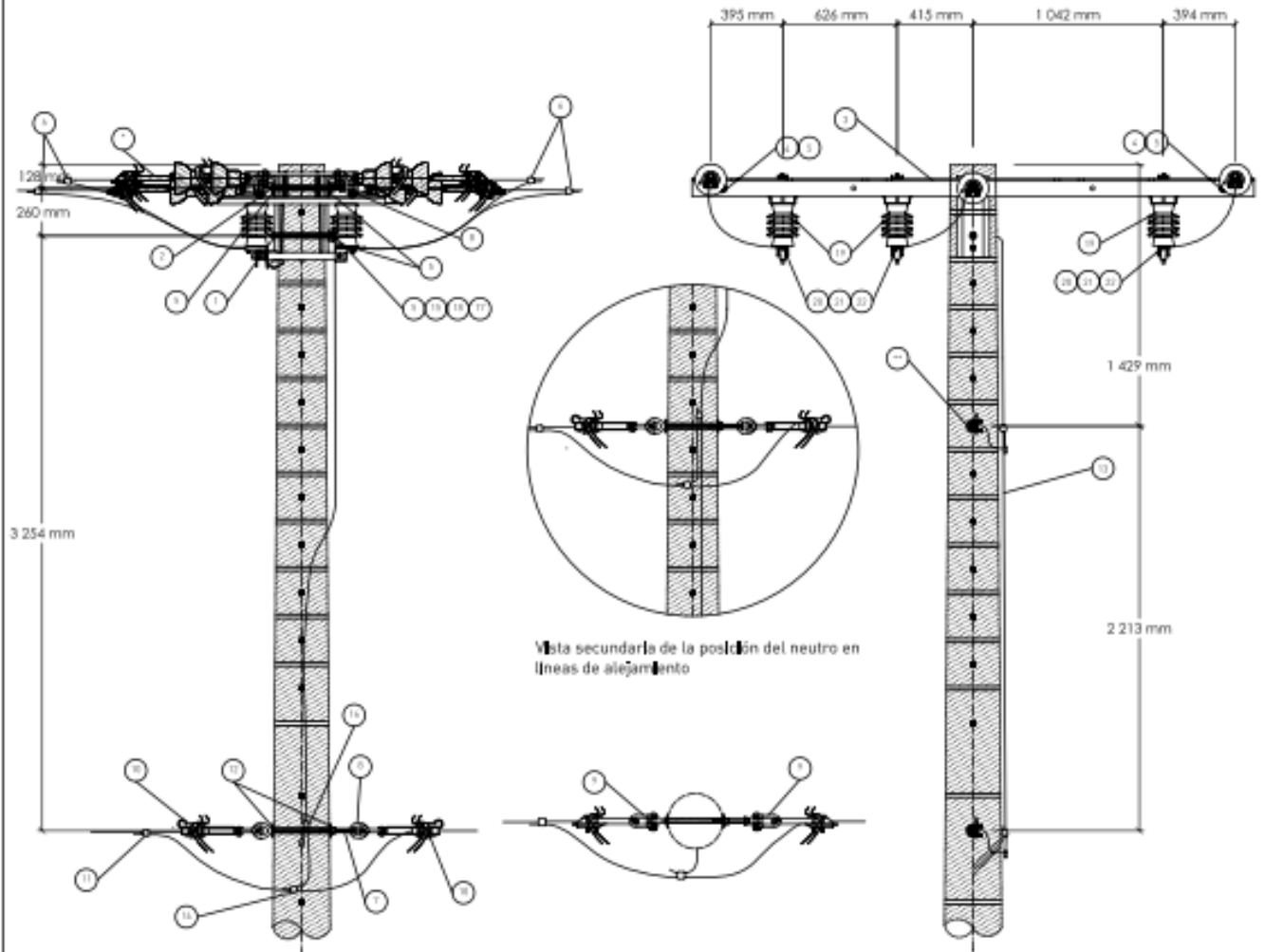
SCALAS:

**ARMADO DOBLE CIRC. TRIF. ALINEACIÓN Y ÁNGULO  $\pm 5^\circ$   
13,2 kV DISP. HORIZONTAL ACSR 477 MCM  
UUCS 04351000**

1/35

UNIDADES CONSTRUCTIVAS

	FECHA	NOMBRE
Dibujado		
Proyectado		
Comprobado		
EL AUTOR DEL PROYECTO:		
Nº PLANO	000/251000	

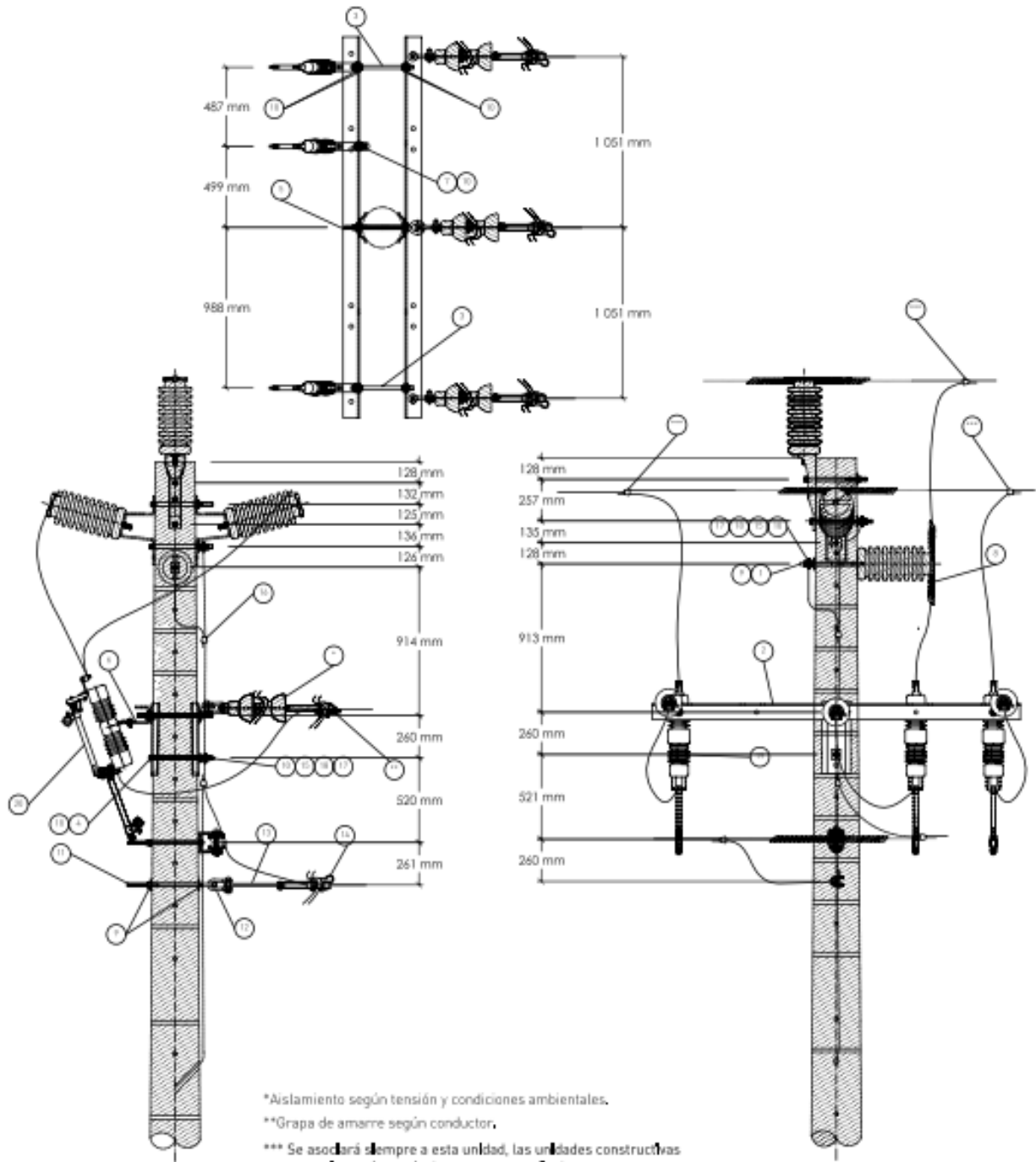


Vista secundaria de la posición del neutro en líneas de alejamiento

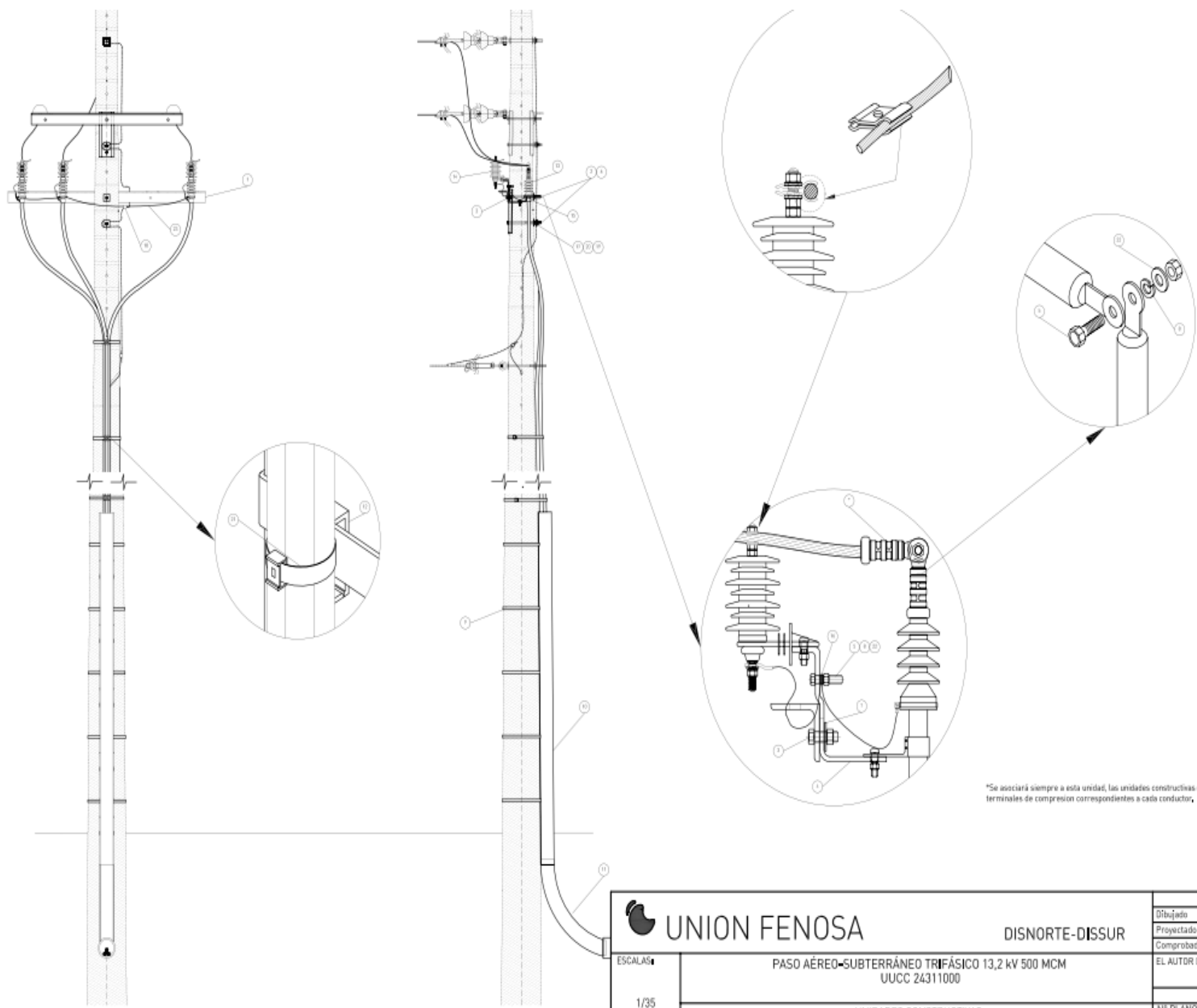
\*Graps amarre según conductor.

\*\*Nota: Posición del neutro en líneas de alejamiento  
no prevista instalación de transformadores.

 <b>UNION FENOSA</b>	<b>DISNORTE-DISSUR</b>	FECHA	NOMBRE
		Dibujado	
ESCALAS	<b>ANLAJE TRIFÁSICO CON SECCIONAMIENTO</b> <b>13,2 kV ACSR 266 MCM</b> <b>UCC 07361000</b> UNIDADES CONSTRUCTIVAS LÍNEAS ELÉCTRICAS AÉREAS DE 13,2kV	Proyectado	
1/35		Comprobado	
		EL AUTOR DEL PROYECTO	
		Nº PLANO UCC	<b>PC07361000</b>
		REV. •	HOJA 58BUE



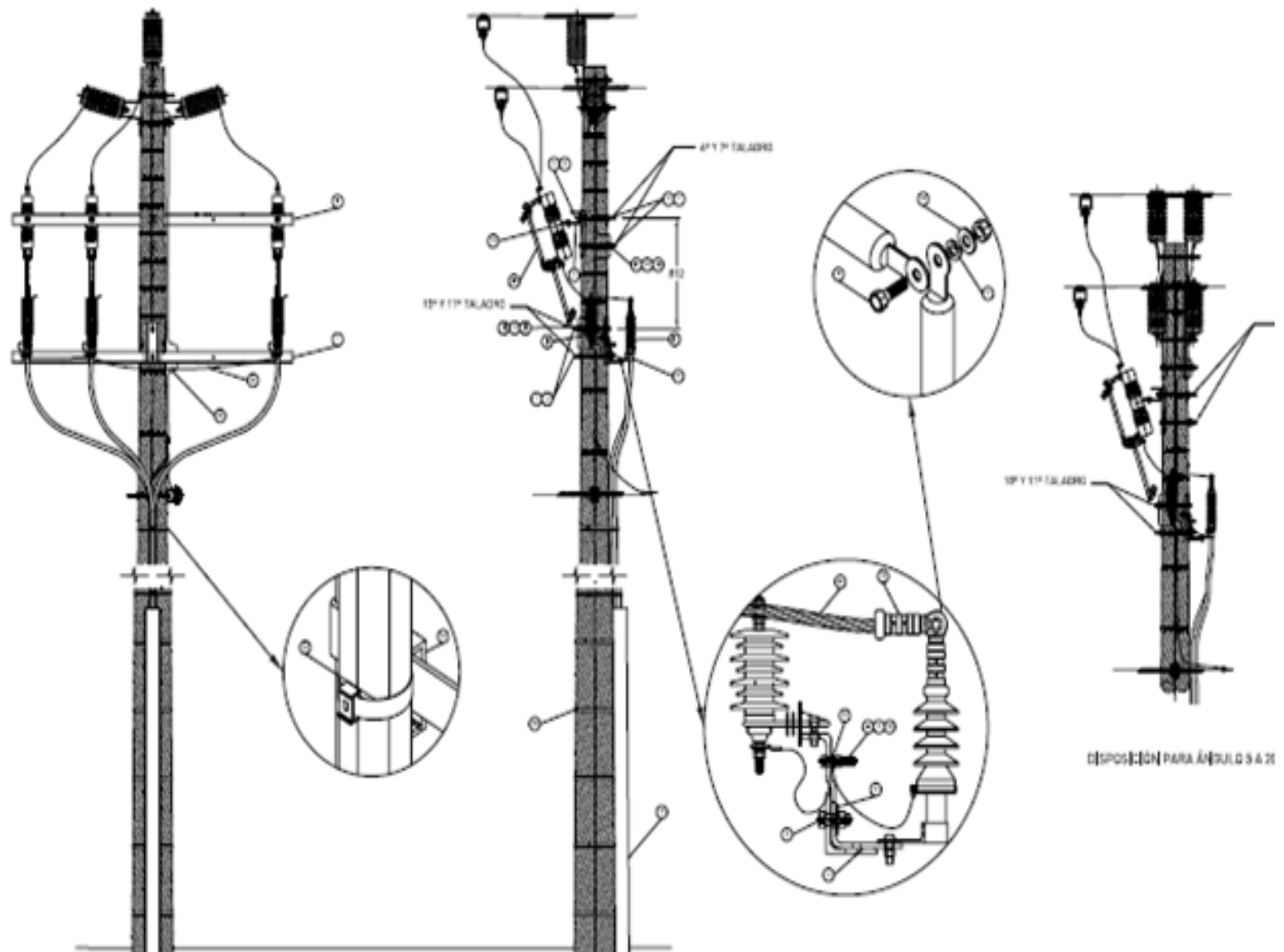
 <b>UNION FENOSA</b>	<b>DISNORTE-DISSUR</b>	FECHA	NOMBRE
		Dibujado	
		Proyectado	
ESCALAS	<b>DERIVACIÓN TRIF. CON SECCIONAMIENTO</b> <b>13,2kV ACSR 1/0 AWG</b> <b>UCC 07325300</b> UNIDADES CONSTRUCTIVAS LÍNEAS ELÉCTRICAS AÉREAS DE 13,2kV	EL AUTOR DEL PROYECTO	
1/35		Nº PLANO UCC	PC07325300



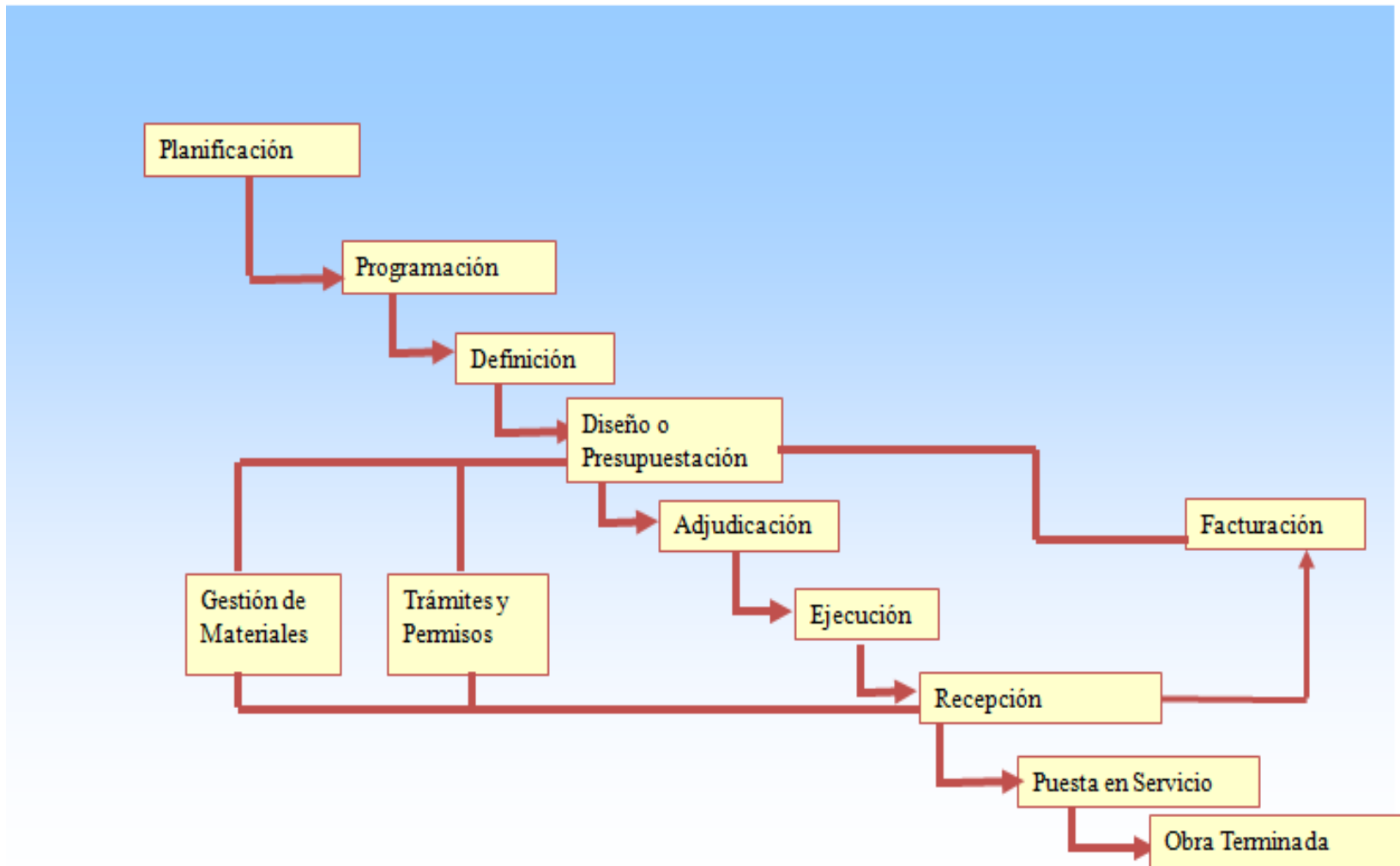
\*Se asociará siempre a esta unidad, las unidades constructivas de terminales de compresión correspondientes a cada conductor.

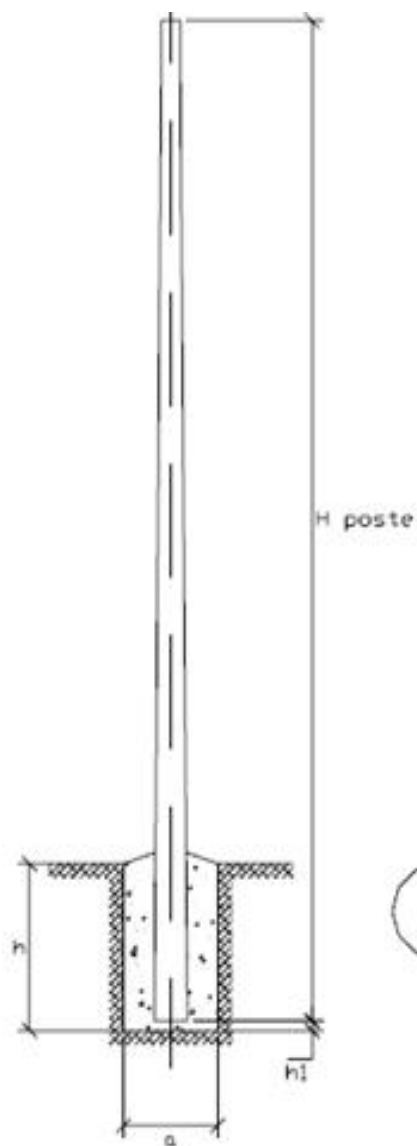
 <b>UNION FENOSA</b>	<b>DISNORTE-DISSUR</b>		FECHA	NOMBRE
			Dibujado	
			Proyectado	
ESCALAS 1/35	PASO AÉREO-SUBTERRÁNEO TRIFÁSICO 13,2 kV 500 MCM UCC 24311000		EL AUTOR DEL PROYECTO:	
UNIDADES CONSTRUCTIVAS LINEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS		Nº PLANO UJCC	<b>PC24311000</b>	
		REV.	HOJA	SIGUE

## Derivación Aérea-Subterráneo Trifásico con Protección.



## Ciclo de una obra





h1=0,15m

### CIMENTACIÓN CILÍNDRICA CON HORMIGÓN

Esfuerzo útil (daN)	Altura (m)	Tipo de terreno															
		Terreno Flojo (K = 8)				Terreno Normal (K = 12)				Terreno Duro (K = 16)				Terreno Muy Duro (K = 20)			
		diam(m)	h (m)	C.S.	V(m3)	diam(m)	h (m)	C.S.	V(m3)	diam(m)	h (m)	C.S.	V(m3)	diam(m)	h (m)	C.S.	V(m3)
300	6	0,550	1,55	1,69	0,368	0,550	1,40	1,66	0,333	0,550	1,30	1,63	0,309	0,550	1,25	1,72	0,297
300	9	0,550	1,70	1,55	0,404	0,550	1,55	1,59	0,368	0,550	1,55	2,07	0,368	0,550	1,55	2,55	0,368
300	10,5	0,550	1,80	1,63	0,428	0,550	1,70	1,91	0,404	0,550	1,70	2,51	0,404	0,550	1,70	3,11	0,404
300	12	0,550	1,85	1,59	0,440	0,550	1,85	2,32	0,440	0,550	1,85	3,04	0,440	0,550	1,85	3,77	0,440
500	9	0,700	1,80	1,51	0,693	0,700	1,65	1,57	0,635	0,700	1,55	1,61	0,597	0,700	1,45	1,54	0,558
500	10,5	0,700	1,90	1,57	0,731	0,700	1,75	1,67	0,673	0,700	1,70	1,95	0,654	0,700	1,70	2,40	0,654
500	12	0,700	1,95	1,51	0,750	0,700	1,85	1,80	0,712	0,700	1,85	2,35	0,712	0,700	1,85	2,91	0,712
500	14	0,700	2,05	1,56	0,789	0,700	2,05	2,27	0,789	0,700	2,05	2,98	0,789	0,700	2,05	3,70	0,789
800	9	0,900	1,90	1,55	1,209	0,700	1,85	1,52	0,712	0,700	1,75	1,61	0,673	0,700	1,65	1,58	0,635
800	10,5	0,900	2,00	1,58	1,272	0,700	1,95	1,58	0,750	0,700	1,80	1,52	0,693	0,700	1,70	1,50	0,654
800	12	0,900	2,05	1,51	1,304	0,700	2,00	1,52	0,770	0,700	1,90	1,63	0,731	0,700	1,85	1,82	0,712
800	14	0,900	2,15	1,54	1,368	0,700	2,10	1,56	0,808	0,700	2,05	1,87	0,789	0,700	2,05	2,31	0,789
1250	12	1,100	2,20	1,59	2,091	1,100	2,10	1,93	1,996	1,100	1,85	1,55	1,758	1,100	1,85	1,90	1,758
1250	14	1,100	2,30	1,60	2,186	1,100	2,20	1,95	2,091	1,100	2,05	1,94	1,948	1,100	2,05	2,39	1,948
2000	12	1,300	2,35	1,55	3,119	1,300	2,25	1,89	2,986	1,300	2,00	1,58	2,655	1,300	1,90	1,59	2,522
2000	14	1,300	2,45	1,54	3,252	1,300	2,35	1,89	3,119	1,300	2,10	1,61	2,787	1,300	2,05	1,80	2,721
3000	12	1,600	2,50	1,68	5,027	1,600	2,40	2,06	4,825	1,600	2,10	1,62	4,222	1,600	2,00	1,64	4,021
3000	14	1,600	2,55	1,53	5,127	1,600	2,45	1,88	4,926	1,600	2,15	1,50	4,323	1,600	2,10	1,67	4,222



## Esfuerzo máximo a Retener con Cable de Acero 3/8"

Carga de Rotura (daN): 6840  
Carga de Retención (daN): 4560

Coefficiente de Seguridad: 1.5

Retenida 3/8"	Distancia del Anclaje a la Base del Apoyo en metros																	
	1.50	5.25	5.50	5.75	6.00	6.25	6.50	6.75	7.00	7.25	7.50	7.75	8.00	8.25	8.50	8.75	9.00	9.25
12.00	566	1828	1900	1970	2039	2106	2172	2236	2298	2358	2417	2474	2529	2583	2636	2687	2736	2784
11.90	570	1841	1913	1984	2053	2120	2186	2250	2312	2373	2431	2489	2544	2598	2650	2701	2751	2799
11.80	575	1854	1926	1998	2067	2134	2200	2264	2327	2387	2446	2503	2559	2613	2665	2716	2765	2813
11.70	580	1867	1940	2011	2081	2149	2215	2279	2341	2402	2461	2518	2574	2628	2680	2731	2780	2828
11.60	585	1880	1954	2025	2095	2163	2229	2293	2356	2417	2476	2533	2589	2643	2695	2746	2795	2843
11.50	590	1894	1967	2039	2109	2177	2244	2308	2371	2432	2491	2548	2604	2658	2710	2761	2810	2858
11.40	595	1907	1981	2054	2124	2192	2259	2323	2386	2447	2506	2564	2619	2673	2726	2776	2826	2873
11.30	600	1921	1996	2068	2138	2207	2274	2338	2401	2462	2522	2579	2635	2689	2741	2792	2841	2888
11.20	605	1935	2010	2083	2153	2222	2289	2354	2417	2478	2537	2595	2650	2704	2757	2807	2856	2904
11.10	611	1950	2025	2097	2168	2237	2304	2369	2432	2494	2553	2610	2666	2720	2772	2823	2872	2919
11.00	616	1964	2039	2112	2184	2253	2320	2385	2448	2509	2569	2626	2682	2736	2788	2839	2888	2935
10.90	622	1979	2054	2128	2199	2268	2336	2401	2464	2525	2585	2642	2698	2752	2804	2855	2903	2950
10.80	627	1994	2069	2143	2215	2284	2351	2417	2480	2542	2601	2659	2714	2768	2820	2871	2919	2966
10.70	633	2009	2085	2159	2230	2300	2367	2433	2496	2558	2617	2675	2731	2784	2836	2887	2935	2982
10.60	639	2024	2100	2174	2246	2316	2384	2449	2513	2574	2634	2691	2747	2801	2853	2903	2951	2998
10.50	645	2039	2116	2190	2262	2332	2400	2466	2529	2591	2650	2708	2764	2817	2869	2919	2968	3014
10.40	651	2055	2132	2206	2279	2349	2417	2483	2546	2608	2667	2725	2780	2834	2886	2936	2984	3031
10.30	657	2071	2148	2223	2295	2366	2434	2499	2563	2625	2684	2742	2797	2851	2902	2952	3000	3047
10.20	663	2087	2164	2239	2312	2382	2451	2517	2580	2642	2701	2759	2814	2868	2919	2969	3017	3063
10.10	670	2103	2181	2256	2329	2400	2468	2534	2598	2659	2719	2776	2831	2885	2936	2986	3034	3080
10.00	676	2120	2198	2273	2346	2417	2485	2551	2615	2677	2736	2793	2849	2902	2953	3003	3050	3096
9.90	683	2136	2215	2290	2363	2434	2503	2569	2633	2694	2754	2811	2866	2919	2970	3020	3067	3113
9.80	690	2153	2232	2308	2381	2452	2520	2587	2650	2712	2771	2829	2884	2937	2988	3037	3084	3130
9.70	697	2171	2249	2325	2399	2470	2538	2605	2668	2730	2789	2846	2901	2954	3005	3054	3102	3147
9.60	704	2188	2267	2343	2417	2488	2557	2623	2687	2748	2807	2864	2919	2972	3023	3072	3119	3164
9.50	711	2206	2285	2361	2435	2506	2575	2641	2705	2766	2826	2882	2937	2990	3041	3089	3136	3181
9.40	719	2224	2303	2379	2453	2525	2594	2660	2724	2785	2844	2901	2955	3008	3058	3107	3154	3198
9.30	726	2242	2321	2398	2472	2544	2612	2679	2742	2804	2863	2919	2974	3026	3076	3125	3171	3216
9.20	734	2260	2340	2417	2491	2562	2631	2697	2761	2822	2881	2938	2992	3044	3094	3143	3189	3233
9.10	742	2279	2359	2436	2510	2582	2650	2717	2780	2841	2900	2957	3011	3063	3113	3161	3207	3251
9.00	750	2298	2378	2455	2529	2601	2670	2736	2800	2861	2919	2976	3029	3081	3131	3179	3224	3268
8.90	758	2317	2397	2475	2549	2621	2689	2756	2819	2880	2938	2995	3048	3100	3149	3197	3242	3286
8.80	766	2336	2417	2494	2569	2640	2709	2775	2839	2900	2958	3014	3067	3119	3168	3215	3260	3304
8.70	775	2356	2437	2514	2589	2661	2729	2795	2859	2919	2977	3033	3087	3138	3187	3234	3279	3322
8.60	784	2376	2457	2535	2609	2681	2750	2815	2879	2939	2997	3053	3106	3157	3205	3252	3297	3340
8.50	792	2396	2477	2555	2630	2701	2770	2836	2899	2959	3017	3072	3125	3176	3224	3271	3315	3358
8.40	802	2417	2498	2576	2650	2722	2791	2856	2919	2979	3037	3092	3145	3195	3243	3290	3334	3376
8.30	811	2438	2519	2597	2671	2743	2812	2877	2940	3000	3057	3112	3165	3215	3263	3308	3352	3394
8.20	821	2459	2540	2618	2693	2764	2833	2898	2961	3020	3078	3132	3184	3234	3282	3327	3371	3412
8.10	830	2480	2562	2640	2714	2786	2854	2919	2982	3041	3098	3152	3204	3254	3301	3346	3389	3431
8.00	840	2502	2583	2661	2736	2807	2876	2941	3003	3062	3119	3173	3224	3274	3321	3365	3408	3449
7.90	851	2524	2605	2683	2758	2829	2897	2962	3024	3083	3140	3193	3245	3294	3340	3385	3427	3467
7.80	861	2546	2628	2706	2780	2851	2919	2984	3046	3104	3161	3214	3265	3314	3360	3404	3446	3486
7.70	872	2569	2650	2728	2803	2874	2941	3006	3067	3126	3182	3235	3285	3334	3380	3423	3465	3505
7.60	883	2592	2673	2751	2826	2896	2964	3028	3089	3148	3203	3256	3306	3354	3399	3443	3484	3523
7.50	894	2615	2697	2774	2849	2919	2986	3050	3111	3169	3224	3277	3327	3374	3419	3462	3503	3542
7.40	906	2639	2720	2798	2872	2942	3009	3073	3134	3191	3246	3298	3347	3395	3439	3482	3522	3561
7.30	918	2662	2744	2822	2895	2966	3032	3096	3156	3213	3268	3319	3368	3415	3459	3501	3541	3580