

Proyecto Tipo Centros de Transformación Tipo Poste

Código: **IT.10277**

Edición: **1**

Los datos relativos a la aprobación de este documento se encuentran disponibles en el Gestor Documental de Normativa



Índice

	Página
1. Objeto	3
2. Alcance	3
3. Documentos de referencia	3
4. Definiciones	3
5. Responsabilidades	5
6. Memoria	6
7. Presupuesto	36
8. Planos	36
9. Relación de Anexos	37
Anexo 00: Histórico de revisiones	38
Anexo 01: Reglamento de Servicio	39
Anexo 02: Pliego de Condiciones técnicas	40
Anexo 03: Normas de Prevención de Riesgos Laborales y de Protección de Medio Ambiente	47
Anexo 04: Proyecto Específico	53



1. Objeto

El objeto del presente proyecto es establecer y justificar las condiciones comunes que debe cumplir cualquier obra que corresponda al tipo de instalación definido en el mismo, sin más que aportar en cada proyecto concreto las particularidades específicas del mismo, tales como plano de situación, potencia, cálculo de tierras y presupuesto.

Por otra parte, el presente documento servirá de base genérica para la tramitación oficial de cada obra, así como norma particular de la empresa para la realización de las instalaciones por parte de terceros.

NOTA: En lo sucesivo, en este documento, el Centro de Transformación se le denominará por las siglas CT.

2. Alcance

El presente Proyecto Tipo será de aplicación en el diseño, cálculo y construcción de los CT sobre postes de hormigón, con alimentación aérea y empleando conductores desnudos o forrados.

Todos los cálculos y detalles de diseño que no estén expresamente detallados o calculados en el presente Proyecto Tipo deberán ser incluidos y justificados en el Proyecto Específico y los planos del proyecto correspondiente.

3. Documentos de referencia

Para la confección del presente Proyecto Tipo se ha tenido en cuenta los siguientes documentos:

- Criterios de Arquitectura de Red MT/BT Panamá.
- American National Standards Institute (ANSI).
- National Electrical Safety Code (NESC) – Estados Unidos. Edición 2017.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).
- National Fire Protection Association (NFPA)

4. Definiciones

Aparamenta. término general aplicable a los aparatos de conexión, desconexión o maniobra, y a su combinación con aparatos de mando, medida, protección y regulación asociados, así como los conjuntos de tales aparatos con las conexiones, accesorios, envolventes y soportes correspondientes.



Armado: el armado constituye los elementos sustentadores de los conductores de línea de media tensión, así como aquellos necesarios para facilitar la conexión de la línea al transformador. Varía según la configuración de la línea.

Centro de transformación. instalación que comprende uno o varios transformadores, apartamento de alta tensión y de baja tensión, conexiones y elementos auxiliares, para suministrar energía en BT a partir de una red de AT o viceversa.

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

Contactos directos: contactos de personas y animales con partes activas.

Contactos indirectos: contactos de personas o animales con partes que sean puestas bajo tensión como resultado de un fallo de aislamiento o defecto de la instalación.

Corriente de cortocircuito máxima admisible: valor eficaz máximo de la corriente de cortocircuito que puede soportar un elemento de la red durante una corta duración especificada.

Corriente de defecto a tierra: es la corriente total que se deriva a tierra a través de la puesta a tierra.

Electrodo de tierra: conductor, o conjunto de conductores, enterrados que sirven para establecer una conexión con tierra. Los conductores no aislados, colocados en contacto con tierra para la conexión al electrodo, se consideraran parte del electrodo de tierra.

Hipótesis de cálculo mecánico: conjunto de los casos climáticos más representativos a los que estaría expuesto el conductor de la línea. Corresponden a combinaciones de temperaturas y sobrecargas durante las cuales se espera que el conductor trabaje dentro de unos límites de tensión mecánica específicos.

Instalación de tierra: es el conjunto formado por electrodos y líneas de tierra de una instalación eléctrica.

Línea de puesta a tierra: es el conductor o conjunto de conductores que une el electrodo de tierra con una parte de la instalación que se haya de poner a tierra, siempre y cuando los conductores estén fuera del terreno o colocados en él pero aislados del mismo.

Resistencia de tierra: es la resistencia entre un conductor puesto a tierra y un punto de potencial cero.

Seccionador: aparato mecánico de conexión que, por razones de seguridad, en posición abierta, asegura una distancia de seccionamiento que satisface unas condiciones específicas de aislamiento.

Sobretensión: tensión anormal existente entre dos puntos de una instalación eléctrica, superior al valor máximo que puede existir entre ellos en servicio normal.



Tensión de contacto: es la fracción de la tensión de puesta a tierra que puede ser puenteadada por una persona entre la mano y un punto del terreno situado a un metro de separación o entre ambas manos.

Tensión de paso: es la parte de la tensión a tierra que aparece en caso de un defecto a tierra entre dos puntos del terreno separados un metro.

Tensión nominal: valor convencional de la tensión con la que se denomina un sistema o instalación y para el que ha sido previsto su funcionamiento y aislamiento.

Pararrayos: dispositivo diseñado para limitar las sobretensiones transitorias y conducir las corrientes de impulso.

Poste: los postes serán de Hormigón Pretensado o Vibrado, Chapa Metálica o Fibra de Vidrio de 10.5, 12, 14 y 16 metros de altura.

Proyecto específico: es un documento que hace parte del proyecto tipo. Establece un modelo para el diseño de una línea que regula: presentación de los cálculos eléctricos y mecánicos, presentación de planos, informe de cruzamientos y paso por zonas, presupuesto de obra, etc.

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.

Racimo: conjunto de transformadores y sus redes alimentadoras controlados y protegidos desde un solo punto mediante un juego de cortacircuitos fusibles. Sistema eléctrico: conjunto de medios y elementos útiles para la generación, transporte, distribución y uso final de la energía eléctrica.

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

5. Responsabilidades

- **Centro de Proyectos/Diseñadores propios, contratados o de terceros**
 - Realizar el diseño y cálculo de los proyectos de red aplicando los criterios establecidos en el presente documento, las normas nacionales e internacionales de referencia aplicables y la buena práctica de la ingeniería.
 - Elaborar el Proyecto Especifico, planos y presupuesto según lo establece este Proyecto Tipo.
- **Unidades Operativas de Zona, Sectores y Proyectos de Red.**
 - Supervisar que las unidades ejecutaras construyan las obras según el diseño aprobado, aplicando el Reglamento de Servicio y el Pliego de Condiciones Técnicas del presente Proyecto Tipo.



- **Unidades de Ejecutoras propias, contratadas o de terceros.**
 - Ejecutar la obra según el diseño aprobado, aplicando el Reglamento de Servicio y el Pliego de Condiciones Técnicas del presente Proyecto Tipo.
 - Atender las normas de prevención de riesgos laborales y prevención medioambiental establecidas en este Proyecto Tipo así como las leyes y normas nacionales que apliquen a la actividad.
- **Unidades de Planificación, Calidad y Seguridad de Gestión del Sistema de Distribución.**
 - Responsables planificar y realizar el aseguramiento de la calidad y seguridad de los proyectos y obras que apliquen, siguiendo los criterios del presente Proyecto Tipo.
- **Unidad de Normativa**
 - Responsable de velar por el mantenimiento y actualización de este documento.

6. Memoria

6.1. Topología de Red

6.1.1. Niveles de Tensión

A continuación se indican los niveles de tensión normalizados según la Norma técnica para el suministro eléctrico a clientes.

6.1.1.1. Tensión M.T.

Los niveles de tensión en M.T son 13.2 kV y 34.5 kV, sistema en estrella con neutro distribuido y aterrizado.

6.1.1.2. Tensión B.T.

Los niveles de tensión normalizados en B.T son los siguientes:

- Sistema monofásico, 240/120 voltios, 3 hilos. Para clientes que precisen una potencia demandada menor o igual que 75kVA, máxima capacidad a instalar en líneas aéreas. Este sistema es usado comúnmente en residencias, apartamentos, pequeños negocios, aéreas rurales y alumbrado público.
- Sistema trifásico, 240 Δ /120 voltios, delta abierta, 4 hilos. Para clientes que precisan de un suministro trifásico con una potencia demandada menor que 130kVA, se puede realizar mediante un banco de dos transformadores iguales. Se debe tener en cuenta que un banco delta abierta entrega el 85% de la capacidad de los transformadores. Para el caso de suministrar tanto iluminación como potencia, casos en el



que el sistema es usado para suministro de cargas principalmente monofásicas y con una pequeña carga trifásica los dos transformadores serán de diferente capacidad.

- Sistema trifásico, 208Y/120 voltios, estrella aterrizada, 4 hilos. Este sistema es usado comúnmente en apartamentos, centros comerciales y edificios gubernamentales, para una combinación de potencia y alumbrado que ofrece flexibilidad para disposición de los circuitos ramales y aplicación del equipo requerido. Al hacer uso de este sistema es necesario que se mantenga un estricto balance en las tres (3) fases.
- Para los casos especiales de las plantas potabilizadoras y estaciones de bombeo donde se necesita un sistema trifásico, 480 voltios con una demanda menor a 500 kVA, se permitirá la instalación de centros de transformación en poste mediante bancos de transformadores monofásicos convencionales, previa autorización de Naturgy.

6.1.1.3. Tensión Máxima

Dependiendo de la tensión nominal de los componentes del Centro de Transformación la tensión máxima y mínima prevista para el material será la indicada en la siguiente tabla:

Tabla 1.
Niveles de Tensión

Tensión Nominal (V)	Tensión Máxima (V) (*)	Tensión Mínima (V) (*)
240	252	228
13,200	13,860	12,540
34,500	36,225	32,775

(*) La tensión máxima y mínima serán de $\pm 5\%$ de la tensión nominal.

6.2. Condiciones de la instalación

6.2.1. Ubicación, accesos y distancias

La ubicación del CT se determinará considerando los siguientes aspectos:

- Situación de los puntos de suministro.
- Ubicación de los postes ya existentes y sus correspondientes vanos.
- Características del terreno, referidas a cimentaciones y red de tierras.
- Accesibilidad del poste.



Teniendo en cuenta todas estas características se elegirá el poste más adecuado para la colocación del transformador.

Como norma general se podrá acceder al CT desde la vía pública, o desde una vía privada siendo ésta accesible con su correspondiente servidumbre de paso.

La ubicación y los accesos deberán permitir:

- El movimiento y colocación de los elementos y maquinaria necesarios para la realización adecuada de la instalación con los medios disponibles.
- Ejecutar las maniobras propias de su explotación en condiciones óptimas de seguridad para las personas que lo realicen.
- Cumplimiento de las distancias de seguridad previstas en redes distribución eléctricas áreas.
- El mantenimiento y sustitución del material que compone el CT.

Las distancias de los conductores a edificios o construcciones, cumplirán lo especificado en el Proyecto Tipo de Líneas Eléctricas Aéreas de 13,2 y 34,5 kV.

La colocación de los CTs en los postes asegurará que las partes que en servicio, se encuentren en tensión y no estén protegidas contra contactos accidentales se sitúen como mínimo a 4,5 metros de altura sobre el suelo en áreas accesibles solo a peatones y a 5,5 m en áreas transitadas por vehículos.

La parte inferior de las masas del equipo (cuba del transformador, interruptor, etc.) deberá estar situada respecto al suelo a una altura no inferior a 3.5 metros en áreas accesibles solo a peatones y 4.6 metros en áreas sometidas al tránsito de vehículos.

6.2.2. Señalización

En los postes del CT se dispondrá de forma muy visible carteles indicadores de riesgo eléctrico. Asimismo, el CT llevará su correspondiente placa identificadora, de acuerdo con lo indicado en la Especificación Técnica correspondiente.

Cada transformador está identificado con el lema corporativo en un lugar visible y el correspondiente código de identificación o número de matrícula.

6.2.3. Solicitaciones mecánicas

El poste y el armado soportarán las solicitudes mecánicas de los elementos constitutivos del CT además de los transmitidos por las líneas de media y baja tensión. También se tendrán en cuenta los posibles esfuerzos transmitidos por los conductores denominados como otros servicios.



6.2.3.1. Solicitaciones mecánicas debido a los elementos constitutivos del CT

En los postes del CT se tendrán en cuenta los esfuerzos debidos a

a. Cargas permanentes:

Se considerarán las cargas verticales debidas al peso propio de los distintos elementos constitutivos del CT (transformadores, herrajes, conductores, pararrayos, etc.)

b. Esfuerzos debidos a la presión del viento:

Esfuerzos del viento sobre los elementos constitutivos del CT se calcularán sobre las superficies que presentan al viento en dirección principal. En algunos casos será necesario el cálculo en la dirección secundaria (longitudinal).

6.2.3.2. Solicitaciones mecánicas de la línea aérea de alta tensión

Los postes deben estar calculados para soportar esfuerzos transmitidos por la línea de media tensión según el Proyecto Tipo de Líneas Aéreas de 13.2 y 34.5 kV.

Para el caso de conductores forrados en media tensión se utilizará, para la determinación de los esfuerzos, el procedimiento mostrado en el Proyecto tipo de Líneas Aéreas Forradas de 13.2 y 34.5kV.

6.2.3.3. Solicitaciones mecánicas de la línea aérea de baja tensión

Los esfuerzos transmitidos por las líneas de baja tensión se determinarán según indica el Proyecto Tipo de Líneas Aéreas de Baja Tensión.

6.2.4. Cimentaciones

Las cimentaciones serán cilíndricas o prismáticas con aporte de hormigón.

Cuando el poste esté directamente enterrado en el suelo, se realizarán los cálculos justificativos necesarios para comprobar el cumplimiento del coeficiente de seguridad de vuelco. En todo momento se seguirán las indicaciones del Proyecto Tipo de Líneas Aéreas de 13.2 y 34.5 kV.

Desde el punto de vista de la cimentación, la colocación de un CT en un poste ya instalado provoca un aumento del momento de vuelco. Este momento de vuelco es ocasionado por la distancia vertical entre el eje longitudinal del poste y el centro de gravedad del transformador. Sin embargo, esta distancia es relativamente pequeña y, por tanto, el momento ocasionado también lo es. Además, el aumento de los esfuerzos verticales debido a la colocación de todos los elementos propios del CT provoca un aumento en el momento



estabilizador total. La consecuencia de todo esto es que podemos considerar que el coeficiente de seguridad al vuelco no varía.

No obstante, cuando el coeficiente de seguridad al vuelco de un poste sin el CT instalado este cerca del límite (1.5) se realizará el cálculo de la cimentación según se indica en el Proyecto Tipo de Líneas Eléctricas Aéreas de 13.2 y 34.5 kV, teniendo en cuenta la instalación del CT.

6.3. Materiales y equipos

6.3.1. Transformadores

Los transformadores a utilizar para el CT tipo poste son autoprotegidos, del tipo monofásico de una borna, los cuales incorporarán las protecciones contra cortocircuitos internos, sobretensiones en MT.

Las capacidades nominales normalizadas en kVA serán de 10, 25, 50 y 75 kVA para 13,2 y 34.5 kV. El resto de características técnicas vendrán definidas de acuerdo a la Especificación Técnica.

A continuación se adjuntan las tablas que recogen las dimensiones y pesos aproximados de los transformadores normalizados, a tener en cuenta en el diseño y cálculo de los centros de transformación.

Tabla 2.
Transformadores de 13.2 kV

Potencia del transformador	10 kVA	25 kVA	50 kVA	75 kVA
Masa (kg)	90	150	260	375
Diámetro cuba (mm)	300	400	450	470
Altura total (mm) (1)	850	1,030	1,250	1,300
Superficie frontal (m ²) (2)	0.180	0.312	0.450	0.494
Superficie lateral (m ²) (2)				

(1) La altura total incluye los elementos salientes de la cuba del trafo, tales como herrajes, bornas, pararrayos, etc.

(2) Para el cálculo de las superficies frontal y lateral se ha tomado que la altura de la borna pasatapas es de 250 mm para 13.2 kV y 400 mm para 34.5 kV.



Tabla 3.
Transformadores de 34.5 kV

Potencia del transformador	10 kVA	25 kVA	50 kVA	75 kVA
Masa (kg)	135	190	330	450
Diámetro cuba (mm)	400	450	550	600
Altura total (mm) (1)	900	1,100	1,300	1,350
Superficie frontal (m ²) (2)	0.200	0.315	0.495	0.570
Superficie lateral (m ²) (2)				

- (1) La altura total incluye los elementos salientes de la cuba del trafo, tales como herrajes, bornas, pararrayos, etc.
- (2) Para el cálculo de las superficies frontal y lateral se ha tomado que la altura de la borna pasatapas es de 250 mm para 13.2 kV y 400 mm para 34.5 kV.

6.3.1.1. Configuración de los transformadores monofásicos

La configuración de los transformadores monofásicos tipo poste va a depender del sistema de baja tensión requerido y la carga que se necesite alimentar.

- Servicio Trifásico Estrella Abierta – Delta Abierta 240 Δ /120 V, 4 hilos. En esta configuración pueden existir transformadores con diferentes capacidades, la carga trifásica estará compartida por ambos transformadores. En esta configuración del secundario, el neutral es tomado del centro de una de las fases y se aterrizará. El uso de este sistema será limitado a un único cliente que solicite un servicio trifásico, donde el porcentaje de carga monofásica sea superior al trifásico.
- Servicio Trifásico Estrella – Estrella 208Y/120 V, 4 hilos. Esta configuración se logra modificando un transformador 240/120 V, colocando las bobinas en paralelo y utilizando únicamente la borna de central (X2) y una de las exteriores(X1).

En el apartado nº 8 Planos encontramos las diferentes configuraciones de los transformadores monofásicos.

6.3.2. Conductores media tensión

La conexión entre la línea de alimentación en M.T. y el CT se realizará mediante un cable desnudo de cobre de sección #2 AWG prioritariamente, el



mismo puede ser reemplazo por un conductor forrado de ubicarse en sector de alta incidencia producto de la vida silvestre. Dicho conductor se conectara a la línea de alimentación mediante cuña a presión con estribo y grapa.

El orden de conexión de los elementos será:

- Línea de M.T.
- Borna del pararrayos.
- Fusible limitador de corriente, si aplica.
- Borna de M.T. del transformador.

Por lo tanto, la conexión se hará, desde la línea de M.T. hasta el fusible limitador de corriente unido a la borna del transformador, pasando por la borna del pararrayo sin cortar ni empalmar el cable. De la misma manera se intentará reducir la longitud de dicha conexión al mínimo posible. Esta conexión se describe más detalladamente en el apartado 6.4.1.1 de la presente memoria y en el apartado n° 8 Planos.

6.3.3. Conductores de baja tensión

Se considerarán como tales los conductores conectados a las bornas de B.T. del transformador. Las secciones de estos conductores dependerán de las características nominales del transformador y se adecuarán a las intensidades máximas admisibles permanentes y de cortocircuito.

Cuando se conecte el transformador a una red de B.T. nueva, se llevarán directamente los conductores de la red hasta las bornas de B.T. del trafo.

Cuando la red exista con anterioridad al montaje del transformador se harán los puentes correspondientes entre las bornas del transformador y dicha red.

En la tabla que sigue se indican algunas características de los conductores de B.T. a emplear en estas conexiones.

Tabla 4. Conductores de Baja Tensión Tríplex

Conductores tríplex		#2 AWG	1/0 AWG	4/0 AWG
Conductor de fase	Tamaño	#2 AWG	1/0	4/0
	Tipo	AAC	AAC	AAC
	N° alambres	6+1	6+1	13+6
	Aislado / desnudo	Aislado	Aislado	Aislado
Neutro	Tamaño	#2 AWG	1/0	4/0
	Tipo	AAAC	AAAC	AAAC
	N° alambres	6+1	6+1	6+1



	Aislado / desnudo	Aislado	Aislado	Aislado
Intensidad máxima admisible [A]		150	205	300

(*) Valores calculados en las siguientes condiciones y con aislamiento de polietileno reticulado:
T. Ambiente: 25 °C, T. Conductor: 75 °C, velocidad del viento: 0,6 m/s y sin radiación solar.

Tabla 5. Conductores de Baja Tensión Cuádruplex

Conductores Cuádruplex		1/0 AWG	4/0 AWG	336.4 MCM
Conductor de fase	Tamaño	1/0	4/0	336.4
	Tipo	AAC	AAC	AAC
	N° alambres	6+1	13+6	13+6
	Aislado / desnudo	Aislado	Aislado	Aislado
Neutro	Tamaño	1/0	4/0	4/0
	Tipo	AAAC	AAAC	AAAC
	N° alambres	6+1	6+1	6+1
	Aislado / desnudo	Aislado	Aislado	Aislado
Intensidad máxima admisible [A]		180	275	370

(*) Valores calculados en las siguientes condiciones y con aislamiento de polietileno reticulado:
T. Ambiente: 25 °C, T. Conductor: 75 °C, velocidad del viento: 0,6 m/s y sin radiación solar.

Cuando se conecte el transformador a una red de B.T. nueva, se llevarán directamente los conductores.

Los conductores de B.T. se conectarán a las bornas de B.T. de los transformadores a través de los correspondientes terminales. Estas conexiones serán verticales y se describen con más detalle en el apartado nº 7 Planos. La sección de los conductores y de los puentes empleados, según la potencia de los transformadores y el tipo de conexión se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 6. Sección de Puentes Empleados

Potencia transformadores (kVA)	Puente	Tipo de conductor	Conductor conexiones
10	Simple	1 x (Tríplex 1/0 AWG)	-----
	Doble	2 x (Tríplex #2 AWG)	
25 o 50	Simple	1 x (Tríplex 4/0 AWG)	
	Doble	2 x (Tríplex 1/0 AWG)	



75	Simple	—	4/0 AAAC
	Doble	2 x (Tríplex 4/0 AWG)	
2 • 25 o 2 • 50	Simple	1 x [Cuádruplex 4/0 AWG]	
	Doble	2 x [Cuádruplex 1/0 AWG]	
25 y 50 o 50 y 75	Simple	—	
	Doble	2 x [Cuádruplex 4/0 AWG]	
2 • 75	Simple	—	
	Doble	2 x [Cuádruplex 4/0 AWG]	
3 • 10	Simple	1 x [Cuádruplex 4/0 AWG]	
3 • 25	Simple	1 x [Cuádruplex 4/0 AWG]	
3 • 50	Doble	2 x [Cuádruplex 4/0 AWG]	
3 • 75	Doble	2 x [Cuádruplex 4/0 AWG]	

Nota: Para agrupaciones de dos o tres transformadores de distinta potencia se instalará la conexión correspondiente al transformador de mayor potencia.

En el apartado nº 8 Planos del presente Proyecto Tipo se muestran los esquemas de conexión para las distintas configuraciones mostradas en las tablas.

6.3.4. Dispositivo de maniobra

El dispositivo de maniobra del transformador será el propio interruptor térmico interno, instalado en el primario del transformador el cual permite su desconexión manual.

De acuerdo con el documento “Criterios de Arquitectura de Red” los dispositivos de maniobra instalados en el origen del racimo serán cortacircuitos fusibles tipo XS.

Los cortacircuitos fusibles tipo XS se ajustaran a las características definidas en la correspondiente Especificación Técnica.



6.3.5. Sistema de protección

Serán los sistemas y dispositivos encargados de proteger al CT y a la línea. Estarán compuestos por protecciones contra sobretensiones, contra sobreintensidades e instalaciones de puesta a tierra. Además ante contactos directos de animales cada transformador dispondrá de protección contra vida silvestre.

6.3.5.1. Protección contra sobretensiones

La protección contra sobretensiones en media tensión se realizará mediante la instalación de pararrayos de óxidos metálicos, con envoltorio polimérica y soporte aislante, según la correspondiente Especificación Técnica.

Los transformadores vendrán de fábrica con esta protección, que será adecuada a la tensión nominal de la línea. El pararrayos se instalará siempre sobre la cuba del transformador.

- **Conexión de los pararrayos**

La conexión de la línea de alimentación en M.T. al pararrayos y a la borna de M.T. del trafo, se realizará mediante un cable desnudo o forrado y de las mismas características que el de la línea, que se conectará a la línea mediante cuña a presión con estribo y grapa. Esta conexión se realizará mediante un único conductor, sin cortes ni empalmes intermedios.

La conexión entre el borne de tierra del pararrayos y la línea de puesta a tierra de las masas deberá realizarse como mínimo mediante un conductor de cobre desnudo de sección AWG #2.

Dichas conexiones serán lo más cortas posible con objeto de minimizar los efectos de la autoinducción y de la resistencia óhmica y obtener el mayor margen de protección posible del transformador.

6.3.5.2. Protección contra sobreintensidades

- **Protecciones en media tensión**

Dado que la estructura de la red es arborescente, se instalarán los equipos de seccionamiento adecuados, tal y como se indica en el documento "Criterios de Arquitectura de Red", en la derivación de la línea que alimenta el racimo de transformadores.

La elección de la corriente nominal del fusible se hará considerando que la función del mismo es la protección de cualquiera de los transformadores del racimo contra cortocircuitos. La intensidad nominal de dicho fusible deberá soportar la suma de las intensidades de los



transformadores del racimo trabajando al 100 %. También se tendrá en cuenta la intensidad de cortocircuito en el punto de instalación del fusible debido a que se hace necesaria la instalación de fusibles limitadores de corriente.

Los fusibles serán adecuados a las tensiones normalizadas en el presente Proyecto Tipo y cumplirán lo definido en la correspondiente Especificación Técnica.

Según lo indicado en el documento “Criterios de Arquitectura de Red”, el racimo no tendrá un número de transformadores superior a 8. Si el racimo es monofásico la potencia total instalada no puede superar los 200 kVA y en el caso de que fuera trifásico la potencia total instalada es como máximo de 600 kVA.

La coordinación entre protecciones indicará la necesidad de instalar un seccionador fusible para la protección del CT.

- **Protecciones en baja tensión**

No se instalará ningún dispositivo de protección en B.T. hasta las protecciones de las acometidas del cliente, ya que la protección contra sobrecargas y cortocircuitos queda garantizada con el interruptor térmico instalado en el transformador.

6.3.5.3. Coordinación de protecciones

Con la coordinación de las protecciones se trata de minimizar los efectos de las faltas en los distintos elementos que componen la línea eléctrica. Para intentar dejar fuera de servicio la menor porción de línea posible, la protección que primero debe actuar es la que se encuentra más próxima a la falta "aguas arriba".

Para evitar que se solapen las actuaciones de los distintos elementos de protección y actúen los dispositivos más alejados antes que los más próximos a la falta, el tiempo máximo de apertura del dispositivo más próximo debe ser menor que el tiempo mínimo de actuación del siguiente dispositivo más cercano a la citada falta.

En el caso que estamos analizando marcamos unos márgenes que delimitan la actuación de cada dispositivo. Estos son:

- El interruptor termomagnético interno de protección del transformador debe actuar ante sobrecargas y cortocircuitos en la red de B.T.
- Si el CT se encuentra directamente en el circuito troncal, se empleará un seccionador fusible entre la conexión a la línea de M.T. y la borna del pararrayos, este deberá actuar antes que el interruptor



termomagnético para valores de la intensidad de falta superiores al poder de corte de dicho interruptor.

- Cuando el CT se encuentre conectado a un circuito ramal, no se incluirá un seccionador fusible antes que el transformador, la coordinación se realizará entre el interruptor termomagnético interno y el siguiente elemento de corte "aguas arriba" del ramal. Este equipo deberá actuar antes que el interruptor interno del transformador en caso de valores de la intensidad de falta mayores que el poder de corte de dicho interruptor.

Como se ha indicado anteriormente, se ha de comparar la intensidad de cortocircuito con el máximo poder de corte del eslabón instalado en el seccionador-fusible.

6.3.6. Instalación de puesta a tierra

El CT estará provisto de una instalación de puesta a tierra, con objeto de limitar las tensiones de defecto a tierra que se pueden originar en la propia instalación. Esta instalación deberá asegurar la descarga a tierra de la intensidad de defecto, contribuyendo de esta manera, a la eliminación del riesgo eléctrico debido a la aparición de tensiones peligrosas de paso y de contacto con las masas eventualmente en tensión.

6.3.6.1. Sistema de puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra utilizado es multiaterrizado, ya que las diferentes puestas a tierra de equipos e instalaciones se interconectan a través del neutro del sistema.

A continuación se exponen los elementos que deben ser aterrizados:

- Bastidores de los elementos de maniobra y protección
- Armaduras metálicas del CT
- Tomas de puesta a tierra de las masas del transformador
- Neutro del transformador
- Pararrayos de alta tensión

6.3.6.2. Elemento constitutivos de los sistemas de puesta a tierra

Los elementos que constituyen el sistema de puesta a tierra en el CT son las líneas de tierra y los electrodos de puesta a tierra.



- **Líneas de tierra**

Están constituidas por conductores desnudos de cobre. En función de la corriente de defecto y la duración del mismo, las secciones mínimas del conductor a emplear por cada línea de tierra, a efectos de no alcanzar su temperatura máxima se deducirá según la expresión siguiente:

$$A_{kcmil} = I_d * K_f * \sqrt{t}$$

A_{kcmil} = Área del conductor en kcmil.

I_d = Corriente de defecto en Amperios.

t = Tiempo de duración de la falta en segundos.

K_f = Constante dependiendo del tipo de material de la línea de tierra. Obtenida según IEEE Std.80-2000 para conductor de cobre.

Se tomará 16 kA como valor máximo de la intensidad de defecto para niveles de tensión de 13.2kV, y de 12.5 kA para 34.5 kV. Se considerará un tiempo máximo de duración de la falta de 0.1 segundos o de 0.2 segundos.

Con estos datos se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 7. Línea de Tierra

K_f	t (s)	$I_{defecto}$ (kA)	Tensión (kV)	A_{kcmil}	Sección (mm ²)
7.00	0.1	16	13.2	35.42	17.94
7.00	0.1	12.5	34.5	27.67	25.38
7.00	0.2	16	13.2	50.10	14.02
7.00	0.2	12.5	34.5	39.13	19.82

Una vez calculada la sección, se elegirá de las normalizadas el valor igual o inmediatamente superior al calculado. Como se observa en la tabla el conductor desnudo de cobre mínimo de utilización durante una falta de 0.1 s será de sección #2 AWG (33.62 mm²).

Además, para el correcto funcionamiento de un transformador monofásico de una borna de M.T. es fundamental que exista una conexión segura y confiable del transformador al conductor neutro y a la tierra del poste. Las características de los conductores mencionados con



anterioridad vendrán definidas en las correspondientes Especificaciones Técnicas.

Este conductor poseerá una resistencia mecánica adecuada para las condiciones a las que esté sometido. Además, la línea de tierra estará protegida adecuadamente en aquellos lugares donde sea fácilmente accesible al público o donde esté expuesta a daño mecánico.

- **Electrodos de puesta a tierra**

Serán picas cilíndricas, quedarán definidas en la correspondiente Especificación Técnica.

Las picas se enterrarán verticalmente quedando la parte superior a una profundidad no inferior a 0.5 metros.

El valor mínimo de la superficie total del electrodo será tal que la densidad de corriente disipada (que es igual al cociente entre la intensidad de defecto y la superficie total del electrodo en contacto con tierra) sea inferior al valor dado por la siguiente expresión:

$$\delta = \frac{11600}{\sqrt{\rho * t}}$$

δ = densidad de corriente disipada. (A/m²)

ρ = resistividad del terreno. (Ω .m)

t = tiempo de duración del defecto (s)

Tabla 8. Resistividad y densidad de corriente disipada según tipo de terreno

Tipo de terreno	ρ (Ω .m)	t (s)	δ (A/m ²)
Terreno pantanoso	5-30	0.1	16404-6697
Arcilla plástica	50		5187
Arena arcillosa	50-500		5187-1640
Arena silícea..	200-3000		2593-669
Suelo pedregoso cubierto de césped	300-500		947-669



Calizas blandas	100-300		3668-2117
Calizas compactas	1000-5000		1160-518
Pizarra	50-300		5187-2117
Rocas de mica y cuarzo	800		1296

6.3.6.3. Ejecución de puesta a tierra

El anillo de tierra estará formado por un electrodo horizontal compuesto por un conductor desnudo # 2 AWG, de forma cuadrada a una distancia mínima de la base del poste de 0,5 metros, complementado con 4 picas para conseguir que la resistencia de tierra no sea mayor de 25 Ω , siendo la separación entre las picas de al menos de 1 metro.

En la instalación de puesta a tierra de masas y elementos a ella conectados se cumplirán las siguientes condiciones:

- Será accesible en un punto para la medida de la resistencia de tierra.
- Todos los elementos que constituyen la instalación de puesta a tierra, estarán protegidos, adecuadamente, contra deterioro por acciones mecánicas o de cualquier otra índole.
- Los elementos conectados a tierra, no estarán intercalados en el circuito como elementos eléctricos en serie, sino que su conexión al mismo se efectuará mediante derivaciones individuales.
- Para asegurar el correcto contacto eléctrico de todas las masas y la línea de tierra, se verificará que la resistencia eléctrica entre cualquier punto de la masa o cualquier elemento metálico unido a ella y el conductor de la línea de tierra, en el punto de penetración en el terreno, será tal que el producto de la misma por la intensidad de defecto máxima prevista sea igual o inferior a 50 V.

En caso que las condiciones anteriores indicas en a,b,c y d no cumplan para obtener la resistencia adecuada, se procederá a mejorar el sistema de tierra hasta obtener la resistencia indicada.

6.3.6.4. Tensiones de paso y contacto máximas admisibles

Una vez conocida la resistividad del terreno (tabla 8), se determinan que las tensiones de paso y contacto no superarán los valores máximos indicados en la publicación ANSI/IEEE Std. 80 "Guía para la seguridad en la puesta a tierra en subestaciones de corriente alterna", es decir:



$$V_p = \frac{157}{\sqrt{t_s}} * \left(1 + \frac{6 * \rho_s}{1000}\right)$$
$$V_c = \frac{157}{\sqrt{t_s}} * \left(1 + \frac{1.5 * \rho_s}{1000}\right)$$

Siendo:

V_p = Tensión de paso máxima admisible (V).

V_c = Tensión de contacto máxima admisible (V).

t_s = Duración de la corriente de cortocircuito (s).

ρ_s = Resistividad superficial del terreno ($\Omega \cdot m$).

6.3.6.5. Condiciones a cumplir por el electrodo elegido

Cuando se produce un defecto a tierra en una instalación de alta tensión se provoca una elevación de potencial del electrodo a través del cual circula la corriente de defecto. Asimismo, al disiparse dicha corriente por tierra, aparecerán en el terreno gradientes de potencial. Al diseñarse los electrodos de puesta a tierra deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Seguridad de las personas en relación con las elevaciones de potencial.

Tensión de paso calculada $\leq$ Tensión de paso máxima admisible

Tensión de contacto calculada $\leq$ Tensión de contacto máxima admisible

- Sobretensiones peligrosas para las instalaciones.

Nivel de aislamiento de BT $\geq$ Tensión de defecto

- Valor de la intensidad de defecto que haga actuar a las protecciones, asegurando la eliminación de la falta.

Intensidad de defecto $>$ Intensidad de arranque protecciones

6.4. Cálculos justificativos

En el presente apartado, se realizan los cálculos justificativos del CT, relativos a:

- Cálculos eléctricos.
- Cálculos mecánicos.



6.4.1. Cálculos eléctricos

6.4.1.1. Intensidades nominales

El cálculo de las intensidades en el primario es simple ya que cada devanado primario siempre se conecta entre una fase y el neutro.

En este caso las intensidades nominales en M.T. se calculan mediante la siguiente expresión:

$$I_{MT} = \frac{S_N}{\sqrt{3} * U_{MT}} \text{ (A)}$$

Siendo:

- I_{MT} : Intensidad nominal que circula por el devanado primario (A).
- S_N : Potencia aparente nominal del transformador (kVA).
- U_{MT} : Tensión nominal primaria entre fases del transformador (kV).

Aplicando esta expresión obtenemos las siguientes tablas en función de la tensión nominal entre fases de la línea:

Tabla 9. Intensidades nominales M.T 13.2 kV

Potencia Nominal transformador (kVA)	Intensidades nominales en el circuito de M.T. 13.2 kV(A)
10	1.31
25	3.28
50	6.56
75	9.84

Tabla 10. Intensidades nominales M.T 34.5 kV

Potencia Nominal transformador (kVA)	Intensidades nominales en el circuito de M.T. 34.5 kV(A)
10	0.50
25	1.26
50	2.51
75	3.77



En cuanto a la intensidad nominal de B.T. su valor para un solo transformador será:

$$I_{BT} = \frac{S_N}{U_{BT}} (A)$$

I_{BT} : Intensidad nominal que circula por el devanado primario (A).

S_N : Potencia aparente nominal del transformador (VA).

U_{BT} : Tensión nominal primaria entre fases del transformador (V).

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos:

Tabla 11. Intensidades nominales B.T

Potencia Nominal transformador(kVA)	Intensidades nominales en el circuito de B.T. 240 V (A)
10	41.7
25	104.2
50	208.3
75	312.5

En el caso de las agrupaciones de dos o tres transformadores en las conexiones indicadas con anterioridad, los valores de la intensidad máxima en la red de B.T. son los que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 12. Intensidad nominal en B.T. Dos transformadores Conexión Delta abierta

Potencia Nominal transformador (kVA)	Dos transformadores Conexión Delta abierta. 240 /120 V Intensidad nominal en B.T. (A)
10	41.7
25	104.2
50	208.3
75	312.5



Tabla 13. Intensidad nominal en B.T. Tres transformadores Conexión Estrella.

Potencia Nominal transformador (kVA)	Tres transformadores Conexión Estrella. 208 /120 V Intensidad nominal en B.T. (A)
10	83.3
25	208.3
50	416.7
75	625.0

6.4.1.2. Intensidad de cortocircuito

Para poder dimensionar y coordinar las protecciones para cada configuración y potencia se realizan los cálculos de las intensidades de cortocircuito en la salida del transformador

La intensidad de cortocircuito en bornas de B.T. se calcula de la siguiente forma:

$$I_{CC} = \frac{100 * I_N}{U_{CC}} (A)$$

Siendo:

- I_{CC} : Intensidad de cortocircuito (A).
- I_N : Intensidad nominal (A).
- U_{CC} : Tensión de cortocircuito. Se tomará un 3% de la tensión nominal para todos los transformadores (V).

De acuerdo con las potencias de los transformadores y sus intensidades nominales para las diferentes configuraciones se obtienen los resultados mostrados en las siguientes tablas:

Tabla 14. Intensidad de Cortocircuito en M.T -13.2/7.62 kV

Potencia Nominal del transformador (kVA)	Intensidades de cortocircuito en el circuito de M.T. -13.2/7.62 kV (A)
10	43.7
25	109.3
50	218.7
75	328.0



Tabla 15. Intensidad de Cortocircuito en M.T 34.5/19.9 kV

Potencia Nominal del transformador (kVA)	Intensidades de cortocircuito en el circuito de M.T 34.5/19.9 kV (A)
10	16.7
25	42.0
50	83.7
75	126.7

Tabla 16. Intensidad de Cortocircuito en B.T 240/120 V

Potencia Nominal del transformador (kVA)	Intensidades de cortocircuito en el circuito de B.T.-240/120 V (A)
10	1390.0
25	3473.3
50	6943.3
75	10416.7

6.4.2. Cálculos mecánicos

En este apartado se determinan los esfuerzos mecánicos producidos por la colocación de uno o varios transformadores en un poste de una línea ya existente. Se deberán tener en cuenta estos esfuerzos para no sobrepasar el esfuerzo nominal del poste y provocar su rotura.

Los esfuerzos más desfavorables serán los provocados por la acción del viento sobre los transformadores. Estos esfuerzos se sumarán a los ejercidos sobre el poste por la línea de M.T., el conductor del neutro, la línea de B.T. y los conductores de otros servicios. Dichos esfuerzos se calcularán tal y como establece el Proyecto Tipo de Líneas Eléctricas Aéreas de 13,2 y 34,5 kV.

Una vez calculados todos los esfuerzos, se compararán estos valores con el esfuerzo nominal del poste en cuestión y se comprobará si su resistencia es adecuada o no para la colocación del (de los) transformador(es).

6.4.2.1. Datos de partida

A continuación se muestran los datos necesarios para el cálculo de los esfuerzos mecánicos que deberá soportar el poste.



- Datos de los postes:

Tabla 17. Características de los Postes

Altura (m)	10,5	12	14			16	
Esfuerzo (daN)	300	500	500	800	1250	800	1250
HI (m)	8,95	10,30	12,10			13,8	
H c.g.t. (m)	6,79	8,14	8,52			9,98	
h_v (m)	9,35	10,70	12,50			14,2	
h_L (m)	8,80	10,15	11,95			13,65	
h_N (m)	5,80	7,15	7,53			10,22	
h_S (m)	4,79	6,14	6,52			8,22	
h_{eq} (m)	8,65	10,00	11,80			13,5	
Empotramiento (m)	1,55	1,70	1,90			2,20	

Siendo:

- HI: Altura libre sobre el terreno.
- H c.g.t.: Altura del centro de gravedad del transformador respecto al terreno.
- h_v : Altura sobre el terreno del conductor situado sobre el aislador vertical (m).
- h_L : Altura sobre el terreno de los conductores situados sobre los aisladores laterales (m).
- h_N : Altura sobre el terreno del neutro, teniendo en cuenta que se sitúa en la posición más baja debido a la presencia de los transformadores (m).
- h_S : Altura sobre el terreno del conductor equivalente de otros servicios (m).
- Empotramiento: Longitud del poste enterrado.
- Datos de los transformadores:



Tabla 18. Transformadores de 13,2 kV

Potencia transformador	10 kVA	25 kVA	50 kVA	75 kVA
Esfuerzo (daN)	88,2	147	254,8	367,5
Superficie frontal (m ²)	0,180	0,312	0,450	0,494
Superficie lateral (m ²)				

Tabla 19. Transformadores de 34,5 kV

Potencia transformador	10 kVA	25 kVA	50 kVA	75 kVA
Esfuerzo (daN)	132,3	186,2	323,4	441
Superficie frontal (m ²)	0,200	0,315	0,495	0,570
Superficie lateral (m ²)				

- Datos de los conductores de la línea de M.T:

Tabla 20. Conductores de la Línea de M.T.

Conductor	477 MCM (Hawk)	266 MCM (Partridge)	4/0 AWG (Penguin)	1/0 AWG (Raven)
Diámetro nominal (mm)	21,793	16,307	14,310	10,109
Esfuerzo (daN/m)	0,956	0,535	0,433	0,212

6.4.2.2. Hipótesis de cálculo

Para los cálculos mecánicos sólo consideraremos la hipótesis de viento en dirección transversal a la línea.

6.4.2.2.1. Viento transversal a la línea.

El poste debe soportar el esfuerzo combinado de la acción del viento sobre cada transformador y el eolovano que le corresponda.

Las condiciones de cálculo dependerán de la zona de instalación del poste. Estas serán:



Área A: Viento 115 km/h. $P_v = 62,38 \text{ daN/m}^2$.

Área B: Viento 140 km/h. $P_v = 92,45 \text{ daN/m}^2$.

Se calculará el esfuerzo que se transmitirá al poste debido a la acción del viento sobre los transformadores que se instalen en el poste.

El cálculo se realizará para la configuración estándar y para un poste de alineación.

Estos resultados se podrán aplicar a los postes de anclaje, siempre y cuando el poste no esté sometido a esfuerzos longitudinales (poste con vientos).

- Esfuerzo del viento sobre los transformadores:

Es el producido por la acción del viento sobre la superficie de los transformadores, que luego se refiere al punto de cálculo del esfuerzo equivalente. Se supone que el viento actúa sobre toda la superficie de cada transformador (hipótesis más desfavorable).

Además, cuando se instale un banco de tres transformadores se debe restar la superficie de poste que protege el tercer transformador, la cual no recibe la presión del viento.

La presión del viento sobre la superficie del transformador se considera aplicada a la altura del centro de gravedad del transformador que, por aproximación, hemos considerado en el punto medio de los anclajes del transformador al poste.

Para uno ó dos transformadores:

$$F_T = \frac{P_v \cdot h_T}{h_{eq}} \cdot S \cdot n \text{ (daN)}$$

Para tres transformadores:

$$F_T = \frac{P_v \cdot h_T}{h_{eq}} \cdot (S \cdot n - \phi_p \cdot a_T) \text{ (daN)}$$

Donde:

- F_T : Esfuerzo equivalente realizado sobre el poste debido a la acción del viento sobre los transformadores (daN).
- P_v : Presión de viento (daN/m²).
- h_T : Altura sobre el terreno de centro de gravedad de los transformadores (tabla 17) (m).



- h_{eq} : Altura sobre el terreno del punto de aplicación del esfuerzo equivalente (tabla 17) (m).
- S : Superficie del transformador sobre la que actúa el viento (tablas 18 y 19) (m²).
- n : número de transformadores.
- Φ_P : Diámetro medio del poste a la altura de los transformadores. Elegimos un diámetro medio de 245 mm (m).
- a_T : Altura de la cuba del transformador (m).

En las siguientes tablas se puede observar la magnitud de los distintos esfuerzos, aplicados a la altura del c.d.g. del transformador, en función del tipo de transformador. La expresión empleada es la que tiene en cuenta la porción de poste protegida por el tercer transformador. En el caso de necesitar la expresión para uno o dos transformadores tan sólo será necesario eliminar la resta de la ecuación.



Tabla 21. Transformadores de 13,2 kV – Viento 140 km/h

Potencia transformador (kVA)	Nº Transf.	Esfuerzo (daN)
10	1 o 2	$F_T = 16.64 \cdot n \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$
	3	$F_T = (16.64 \cdot n - 22.65 \cdot a_T) \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$
25	1 o 2	$F_T = 28.84 \cdot n \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$
	3	$F_T = (28.84 \cdot n - 22.65 \cdot a_T) \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$
50	1 o 2	$F_T = 41.60 \cdot n \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$
	3	$F_T = (41.60 \cdot n - 22.65 \cdot a_T) \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$
75	1 o 2	$F_T = 45.67 \cdot n \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$
	3	$F_T = (45.67 \cdot n - 22.65 \cdot a_T) \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$

Tabla 22. Transformadores de 13,2 kV – Viento 115 km/h

Potencia transformador (kVA)	Nº Transf.	Esfuerzo (daN)
10	1 o 2	$F_T = 11.23 \cdot n \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$
	3	$F_T = (11.23 \cdot n - 15.28 \cdot a_T) \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$
25	1 o 2	$F_T = 19.46 \cdot n \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$
	3	$F_T = (19.46 \cdot n - 15.28 \cdot a_T) \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$
50	1 o 2	$F_T = 28.07 \cdot n \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$
	3	$F_T = (28.07 \cdot n - 15.28 \cdot a_T) \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$
75	1 o 2	$F_T = 30.82 \cdot n \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$
	3	$F_T = (30.82 \cdot n - 15.28 \cdot a_T) \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$



Tabla 23. Transformadores de 34,5 kV – Viento 140 km/h

Potencia transformador (kVA)	Nº Transf.	Esfuerzo (daN)
10	1 o 2	$F_T = 18.49 \cdot n \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$
	3	$F_T = (18.49 \cdot n - 22.65 \cdot a_T) \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$
25	1 o 2	$F_T = 29.12 \cdot n \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$
	3	$F_T = (29.12 \cdot n - 22.65 \cdot a_T) \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$
50	1 o 2	$F_T = 45.76 \cdot n \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$
	3	$F_T = (45.76 \cdot n - 22.65 \cdot a_T) \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$
75	1 o 2	$F_T = 52.70 \cdot n \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$
	3	$F_T = (52.70 \cdot n - 22.65 \cdot a_T) \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$

Tabla 24. Transformadores de 34,5 kV – Viento 115 km/h

Potencia transformador kVA)	Nº Transf.	Esfuerzo (daN)
10	1 o 2	$F_T = 12.48 \cdot n \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$
	3	$F_T = (12.48 \cdot n - 15.28 \cdot a_T) \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$
25	1 o 2	$F_T = 19.65 \cdot n \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$
	3	$F_T = (19.65 \cdot n - 15.28 \cdot a_T) \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$
50	1 o 2	$F_T = 30.88 \cdot n \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$
	3	$F_T = (30.88 \cdot n - 15.28 \cdot a_T) \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$
75	1 o 2	$F_T = 35.56 \cdot n \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$
	3	$F_T = (35.56 \cdot n - 15.28 \cdot a_T) \cdot \frac{h_T}{h_{eq}}$



- Cálculo del vano máximo

Si tenemos en cuenta los esfuerzos anteriores que soportaba el poste y le añadimos los esfuerzos debido a la acción del viento sobre los transformadores podremos calcular los vanos máximos que se pueden alcanzar con cada poste, en función del tipo de conductor y de la zona climática de aplicación.

Una vez definidas las fórmulas que se utilizan para calcular cada uno de los esfuerzos (según el Proyecto Tipo de Líneas Eléctricas Aéreas de 13,2 y 34,5 kV y el presente Proyecto), se suman y se despeja el eolovano, que es el dato que se calculará. Si los vanos son regulares se puede equiparar el eolovano máximo con el vano máximo al que podemos llegar.

$$a = \frac{(F_n - F_T) * h_{eq}}{P_V * [\phi_C(h_V + 2 * h_L) + \phi_N * h_N + \phi_S * h_S]}$$

Donde:

- a: Vano máximo (m).
- F_n : Esfuerzo nominal que soporta el poste (daN).
- F_T : Esfuerzo equivalente realizado sobre el poste debido a la acción del viento sobre los transformadores (daN).
- h_{eq} : Altura sobre el terreno del punto de aplicación del esfuerzo equivalente (m).
- P_V : Presión del viento (daN/m).
- ϕ_C : Diámetro del conductor de línea (m).
- h_V : Altura sobre el terreno del conductor situado sobre el aislador vertical(m).
- h_L : Altura sobre el terreno de los conductores situados sobre los aisladores laterales (m).
- ϕ_N : Diámetro del conductor neutro (m).
- h_N : Altura sobre el terreno del neutro, teniendo en cuenta que se sitúa en la posición más baja debido a la presencia de los transformadores (m).
- ϕ_S : Diámetro equivalente al conjunto de conductores de otros servicios (m).
- h_S : Altura sobre el terreno del conductor equivalente de otros servicios (m).



A continuación se incluyen las tablas con los cálculos de los vanos máximos alcanzables para una línea aérea, suponiendo que los postes, además de los transformadores, también soportan conductores de B.T. y de otros servicios (telefonía, TV por cable, etc...), se tendrá en cuenta para el cálculo la peor condición de estos servicios. La longitud de estos vanos dependerá del tipo de conductor, el poste utilizado, el número de transformadores que se coloquen y zona de utilización. Los cálculos de esas tablas se han realizado teniendo en cuenta el caso más desfavorable, es decir, tomando los datos de un transformador de 75 kVA y 34,5 kV.

- Vanos Máximos En Área B (Viento 140 km/h)

Para un transformador:

Tabla 25. Vanos máximos (m) en área B para un transformador

Poste		477 MCM (Hawk)	266 MCM (Partridge)	1/0 AWG (Raven)
300 daN	10,5 m	---	---	29
500 daN	12 m	34	39	48
	14 m	36	42	52
800 daN	14 m	59	69	86
	16 m	57	66	81
1250 daN	14 m	94	110	137
	16 m	90	105	129



Para un banco de dos transformadores:

Tabla 26. Vanos máximos (m) en área B para dos transformadores

Poste		477 MCM (Hawk)	266 MCM (Partridge)	1/0 AWG (Raven)
300 daN	10,5 m	---	---	26
500 daN	12 m	30	35	44
	14 m	33	39	48
800 daN	14 m	56	66	82
	16 m	54	62	77
1250 daN	14 m	91	107	133
	16 m	87	101	124

Para un banco de tres transformadores:

Tabla 27. Vanos máximos en área B para tres transformadores

Poste		477 MCM (Hawk)	266 MCM (Partridge)	1/0 AWG (Raven)
300 daN	10,5 m	---	---	22
500 daN	12 m	29	34	41
	14 m	32	37	46
800 daN	14 m	55	65	80
	16 m	52	61	75
1250 daN	14 m	86	106	130
	16 m	75	87	107

- Vanos Máximos en Área A (Viento 115 km/h)

Para un transformador:

Tabla 28. Vanos máximos en área A para un transformador

Poste		477 MCM (Hawk)	266 MCM (Partridge)	1/0 AWG (Raven)
300 daN	10,5 m	---	---	45
500 daN	12 m	51	60	73
	14 m	55	64	80



800 daN	14 m	89	105	130
	16 m	85	105	122
1250 daN	14 m	141	165	205
	16 m	135	156	193

Para un banco de dos transformadores:

Tabla 29. Vanos máximos en área A para dos transformadores

Poste		477 MCM (Hawk)	266 MCM (Partridge)	1/0 AWG (Raven)
300 daN	10,5 m	---	---	41
500 daN	12 m	48	56	69
	14 m	52	61	75
800 daN	14 m	86	101	126
	16 m	82	96	118
1250 daN	14 m	138	162	201
	16 m	132	153	188

Para un banco de tres transformadores:

Tabla 30. Vanos máximos en área A para tres transformadores

Poste		477 MCM (Hawk)	266 MCM (Partridge)	1/0 AWG (Raven)
300 daN	10,5 m	---	---	39
500 daN	12 m	47	54	67
	14 m	50	59	73
800 daN	14 m	85	99	124
	16 m	79	92	113
1250 daN	14 m	137	160	199
	16 m	129	150	184

6.4.2.2.2. Viento longitudinal a la línea

En los postes de alineación el esfuerzo provocado por el viento longitudinal sobre el poste tendrá una importancia relativamente pequeña. Sin embargo, en los postes de fin de línea se debe tener en cuenta para



dimensionar correctamente los vientos que soportarán los esfuerzos longitudinales sobre el poste.

El esfuerzo debido a la acción del viento sobre los transformadores se sumará al esfuerzo que debe soportar el poste debido al tiro de los conductores.

Debido a la colocación de los transformadores se tendrá en cuenta la acción del viento sobre la superficie de un transformador, tal y como se muestra en los planos en el apartado nº 8 Planos. La expresión que se utilizará será la mostrada en el apartado 6.4.2.2.1 del presente documento.

7. Presupuesto

El presupuesto de ejecución material se obtendrá especificando la cantidad de cada una de las distintas Unidades Constructivas y sus correspondientes precios unitarios.

Para obtener el Presupuesto General será preciso incrementar, si procede, el Presupuesto de Ejecución Material en los porcentajes de Gastos Generales, Beneficio Industrial, Dirección de Obra y cualquier otro que proceda.

Las Unidades Constructivas que se incluirán en este Presupuesto forman parte del Manual de Unidades Constructivas para Obras de Distribución.

En la siguiente tabla y en el Anexo 04 Proyecto Específico del presente Proyecto Tipo se muestra un ejemplo de la estructura que debe emplearse en la realización del presupuesto.

Tabla 31.
Presupuesto

Código	Descripción Unidad Constructiva	Unidad	Cantidad	Total

8. Planos

Tabla 32. Lista de Planos

CÓDIGO	TÍTULO
Grupo 011. Transformadores Monofásicos Autoprotegidos	
PL011100	Transformador Monofásico. Tipo Poste 13.2 kV – 10/25/50 kVA



PL011200	Transformador Monofásico Tipo Poste 13.2 kV – 75 kVA
PL011300	Transformador Monofásico Tipo Poste 34.5 kV – 10/25/50 kVA
PL011400	Transformador Monofásico Tipo Poste 34.5 kV – 75 kVA
Grupo 021. Seccionador Fusibles	
PL020100	Seccionador fusible 36 200 A
PL020200	Seccionador fusible 27 200 A
PL020300	Seccionador fusible 15 200 A
Grupo 022. Fusibles	
PL022100	Modelo de fusible XS
PL022101	Fusible Limitador de Corriente
Grupo 23. Detalle Cuña estribo mas grapa	
PL023100	Detalle Cuña con estribo

9. Relación de Anexos

- **Anexo 00:** Histórico de revisiones
- **Anexo 01:** Reglamento de Servicio.
- **Anexo 02:** Pliego de Condiciones Técnicas.
- **Anexo 03:** Normas de Prevención de Riesgos Laborales y Protección de Medio Ambiente.
- **Anexo 04:** Proyecto Específico.



Anexo 00: Histórico de revisiones

Edición	Fecha	Motivos de la edición y/ o resumen de cambios
1	15/03/2021	Primera edición del documento.



Anexo 01: Reglamento de Servicio

En el Centro de Transformación que se proyecta se observarán las siguientes normas:

Primera

El izado del transformador deberá realizarse siempre por sus agarraderas de levantamiento, además su manipulación deber ser vertical para evitar esfuerzos internos que podrían causar problemas a la hora de energizar el transformador.

Segunda

Una vez instalado el transformador en el poste y antes de empezar a trabajar en él, se deberá conectar el tanque a tierra de forma permanente. Posterior a lo antes indicado, se debe proceder con la limpieza accesorios y aislamiento del CT.

Tercera

A la hora de realizar las conexiones eléctricas se deben asegurar de limpiar las uniones, dar el par de apriete correspondiente y dejar espacio suficiente entre todas las piezas vivas, fase a fase y fase a tierra.

Cuarta

Observar el comportamiento del transformador cuando se energice por primera vez:

- Asegurarse que no haya fugas alrededor de las bornas o costuras soldadas.
- Asegurarse que no haya brillo azul o algún efecto de descarga parcial en las conexiones de alta o baja tensión.

Quinta

Queda terminantemente prohibido escalar al Centro de Transformación a toda persona ajena al servicio para lo cual se suspenderán, muy visibles, carteles indicadores de peligro en los Postes y se tomarán las medidas oportunas para evitar su escalamiento.

Sexta

Todas las maniobras que se hayan de realizar en la parte de Alta Tensión, se harán utilizando la pértiga aislante y se emplearán cinturones de seguridad para escalar el poste.



Anexo 02: Pliego de Condiciones técnicas

Índice

1. Objeto	41
2. Ejecución del trabajo	41
2.1. Apertura de hoyos	41
2.2. Transporte y acopio de materiales a pie de hoyo	42
2.3. Cimentaciones	42
2.4. Izado de apoyos y transformador	44
3. Instalación eléctrica	44
3.1. Amarre de línea aérea de M.T.	44
3.2. Dispositivo de protección contra sobretensiones	44
3.3. Transformador	44
3.4. Puentes de B.T. del transformador a la red de B.T.	45
3.5. Puesta a tierra	45
3.6. Accesorios diversos	45
4. Recepción de obra	45
4.1. Aislamiento	46
4.2. Ensayo dieléctrico	46
4.3. Instalación de puesta a tierra	46
4.4. Transformador	46



1. Objeto

Este Pliego de Condiciones determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de montaje de un Centro de Transformación Tipo Poste.

Estas obras contemplan el suministro y montaje de los materiales necesarios para la construcción de los CT, así como la puesta en servicio de los mismos.

Los pliegos de condiciones particulares podrán modificar las presentes prescripciones.

2. Ejecución del trabajo

Corresponde al Contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

2.1. Apertura de hoyos

Las dimensiones de las excavaciones se ajustarán lo más posible a las indicadas por el Director de Obra.

Aquellas que excedan de las iniciales del Proyecto serán por cuenta del contratista, facturándose de acuerdo con las medidas dadas en el mismo.

El Contratista tomará las disposiciones convenientes para dejar el menor tiempo posible la apertura de las excavaciones, con objeto de evitar accidentes.

Las tierras sobrantes deberán ser extendidas, si el propietario del terreno lo autoriza o retirarlas a vertedero en caso contrario.

- En tierra

Estas excavaciones se harán mediante elementos mecánicos hidráulicos y cuando las dimensiones de la cimentación así lo permitan..

Se evitará remover mucho el terreno para que éste no pierda consistencia.

Una vez que el terreno este nivelado, las paredes de los hoyos serán perpendiculares al terreno.

- En terreno con agua

En condiciones normales se utilizará la bomba adecuada para achicar el agua filtrada y permitir el trabajo de excavación.

Se realizará todo el proceso de colocación del poste lo más rápidamente posible, con el fin de evitar desprendimiento en las paredes del hoyo, aumentado las dimensiones del mismo.



- En terreno con roca

El Contratista utilizará martillo neumático o retromartillo de tal forma que la excavación real se ajuste lo más posible a la teórica. Toda sobre medida será por cuenta del mismo.

Cuando quedan piedras sueltas en las paredes se retirarán, a no ser que sean lo suficientemente grandes para realizar el hormigonado del poste sin riesgo de seguridad en la cimentación.

Cuando se emplee martillos neumáticos o retro martillos, el contratista deberá tomar las precauciones adecuadas para que en el momento de las tareas no se proyecten al exterior piedras que puedan provocar accidentes o desperfectos, cuya responsabilidad correría a cargo del Contratista.

2.2. Transporte y acopio de materiales a pie de hoyo

Los materiales no serán arrastrados ni golpeados.

Se evitará las sacudidas bruscas durante el transporte.

En la carga y descarga de los vehículos se evitará toda clase de golpes o cualquier otra causa que pueda producir el daño de los mismos.

El Contratista tomará nota de los materiales recibidos dando cuenta al Director de Obra de las anomalías que se produzcan.

2.3. Cimentaciones

Las cimentaciones se realizarán de acuerdo a los planos de cimentaciones del Proyecto Tipo Líneas Aéreas de 13.2kV y 34.5kV.

Se empleará un hormigón cuya dosificación sea de 200 kg/m³ y resistencia mecánica mínima de 210 kg/cm² (≈3000 PSI).

El amasado del hormigón se realizará siempre sobre chapas metálicas o superficies impermeables cuando se efectúa a mano, o en hormigonera cuando así sea posible, procurando que la mezcla sea lo más homogénea posible.

Al hacer el vertido el hormigón se apisonará con el objeto de hacer desaparecer las coqueas que pudieran formarse. No se dejarán las cimentaciones cortadas, ejecutándolas con hormigonado continuo hasta su terminación. Si por fuerza mayor hubiera de suspenderse y quedara este sin terminar, antes de proceder de nuevo al hormigonado se levantará la concha de lechada que tenga, con todo cuidado para no mover la piedra, siendo aconsejable el empleo suave del pico y luego el cepillo de alambre con agua, o solamente este último si con él es suficiente, para proceder más tarde a mojarlo con una lechada de cemento e inmediatamente proceder de nuevo al hormigonado.



Tanto el cemento como los agregados serán medidos con elementos apropiados.

Para los postes de hormigón, los macizos de cimentación quedarán 10 cm por encima del nivel del suelo, y se les dará una ligera pendiente como vierteaguas.

Para los postes de chapa metálicos y de fibra vidrio, los macizos sobrepasarán el nivel en 10 cm como mínimo en terrenos normales, y 20 cm en terrenos de cultivo. La parte superior de este macizo estará terminada en forma de punta de diamante, a partir de mortero rico en cemento, con una pendiente de un 10% como mínimo como vierteaguas.

Cuando los postes se instalen en acera o arcén el macizo de hormigón se enrasará con el pavimento a fin de evitar que dicho macizo entorpezca el paso.

En caso de postes con macizo de hormigón se tendrá la precaución de dejar un conducto desde el taladro de salida del cable de tierra en el poste hasta el exterior del citado macizo. La altura del conducto estará situada a unos 0,3 m por debajo del nivel del terreno. Este conducto permitirá el paso de cable de tierra evitando que quede embebido en el hormigón de la cimentación.

2.3.1. Agregado fino

El agregado fino para el concreto consistirá de arena natural y deberá estar de acuerdo con la norma ASTM C33. Cuando el Contratista así lo solicite y esto sea aprobado por el Inspector, podrán utilizarse como agregado fino, otros materiales inertes con características similares. Todo agregado fino deberá estar libre de impurezas orgánicas, sales, arcillas, mica y otras sustancias perjudiciales.

2.3.2. Agregado grueso

El agregado grueso para el concreto consistirá en piedra triturada, cascajo o cualquier otro material inerte, constituido por fragmentos duros, fuertes, durables y libres de revestimientos adheribles, y deberá estar de acuerdo con la norma ASTM C33.

2.3.3. Cemento

El cemento que será utilizado en las obras deberá seguir lo especificado en la norma ASTM C150, tipo I o II. Solamente un mismo tipo de cemento puede ser utilizado en el hormigonado de una estructura.

El Contratista proveerá los medios más adecuados para el transporte y almacenamiento del cemento y su protección contra la humedad y cualquier otra contingencia. El cemento que por cualquier razón se haya endurecido total o parcialmente, que tenga terrones o esté apelmazado, será rechazado y el reemplazo de mismo correrá por cuenta del Contratista.



2.3.4. Agua

El agua utilizada en la mezcla y en la cura del hormigón será fresca, limpia y libre de materias perjudiciales, tales como aguas negras, aceites, ácidos, materias alcalinas, materias orgánicas y otras sustancias perjudiciales.

No se permitirá el uso del agua de las quebradas, zanjas o ríos aledaños al área del proyecto a menos que se realice las pruebas por cada cuerpo de agua, que sustenten que estas aguas son aptas en el uso de concreto.

2.4. Izado de apoyos y transformador

La operación de izado de los postes debe realizarse de tal forma que ningún elemento sea esforzado excesivamente. En cualquier caso, los esfuerzos deben ser inferiores al límite elástico del material.

Por tratarse de postes pesados se recomienda sean izados con grúa evitando que el aparejo dañe el poste, se recomienda izar el mismo desde su centro de gravedad y dejar riendas en la cúspide para enderezar el poste.

El transformador será izado con grúa siempre que sea posible. En los demás casos se utilizará un diferencial que se colgará de la ménsula movable auxiliar, desmontable, prevista a este efecto.

Durante la maniobra, los operarios deben estar en el suelo, guiando el transformador por cuerdas.

Una vez posicionado y colgado el transformador del soporte, deberá quedar en posición perfectamente vertical y centrado en el mismo.

3. Instalación eléctrica

3.1. Amarre de línea aérea de M.T.

No se amarrará la línea aérea de alimentación hasta que hayan transcurrido 15 días desde el hormigonado de la cimentación del poste, salvo indicación del Director de Obra.

3.2. Dispositivo de protección contra sobretensiones

Todos los transformadores equiparán el correspondiente dispositivo de protección contra sobretensiones (pararrayos) de fábrica.

3.3. Transformador

Los transformadores serán del tipo poste autoprotegidos respondiendo a la norma ANSI C57.12.00 y la norma ANSI C57.12.20.



Se dispondrá de transformadores de 10, 25, 50 y 75 kVA de potencia.

3.4. Puentes de B.T. del transformador a la red de B.T.

Estos puentes se realizarán con cables aislados de aluminio o aleación de la sección indicada en el Proyecto. Las conexiones se realizarán empleando los terminales o piezas de conexión adecuadas.

3.5. Puesta a tierra

Las puestas a tierra se realizarán en la forma indicada en los planos del presente Proyecto Tipo, debiendo cumplirse estrictamente lo referente a forma de construcción y valores deseados para las puestas a tierra, expuestos en la Memoria del presente Proyecto Tipo.

La puesta a tierra será única y a ella se unirán:

- Neutro del transformador.
- Todas las partes metálicas del CT (herrajes, amarre, aparamenta, cuba del transformador, etc.)
- Los pararrayos.

3.5.1. Niveles de aislamiento de los circuitos de B.T.

El nivel de aislamiento será de 10kV eficaces en ensayo de corta duración (1min) a frecuencia industrial y de 20 kV a impulso con onda tipo rayo 1.2/50µs.

3.6. Accesorios diversos

El soporte del CT deberá llevar:

- a) La señal triangular de riesgo eléctrico.
- b) Una placa destinada a identificar el CT.
- c) El lema corporativo de Gas Natural Fenosa.

4. Recepción de obra

Durante la obra o una vez finalizada la misma, el Director de Obra podrá verificar que los trabajos realizados están de acuerdo con las especificaciones de este Pliego de Condiciones. Esta verificación se realizará por cuenta del Contratista.

Una vez finalizadas las instalaciones, el Contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la obra.

En la recepción de la instalación se incluirán los siguientes conceptos:



4.1. Aislamiento

Consistirá en la medición de la resistencia de aislamiento del conjunto de la instalación y de los aparatos más importantes.

4.2. Ensayo dieléctrico

Todo el material que forma parte del equipo eléctrico del CT deberá haber soportado por separado las tensiones de prueba a frecuencia industrial y a impulso tipo rayo.

Además de todo el equipo eléctrico M.T. deberá soportar durante un minuto, sin perforación, la tensión a frecuencia industrial correspondiente al nivel de aislamiento del centro.

Los ensayos se realizarán aplicando la tensión entre cada fase y neutro, quedando las fases no ensayadas conectadas a tierra.

4.3. Instalación de puesta a tierra

Se comprobará la medida de las resistencias de tierra, las tensiones de contacto y de paso, la separación de los circuitos de tierra y el estado de resistencia de los circuitos de tierra

4.4. Transformadores

Se medirá la rigidez dieléctrica del aceite de los transformadores.



Anexo 03: Normas de Prevención de Riesgos Laborales y de Protección de Medio Ambiente

Índice

1. Objeto	48
2. Normas de Prevención de Riesgos Laborales	48
3. Normas de Protección del Medio Ambiente	50



Proyecto Tipo Centros de Transformación Tipo Poste

1. Objeto

El presente documento tiene por objeto el precisar las normas de seguridad para la prevención de riesgos laborales y de protección medioambiental a desarrollar en cada caso para las obras contempladas en este Proyecto Tipo.

2. Normas de Prevención de Riesgos Laborales

Las normas de Prevención de Riesgos Laborales (PRL) es todo un conjunto de normas, leyes, decretos y documentos que establecen reglas o medidas preventivas que intentan asegurar las condiciones de trabajo de los empleados y contratistas.

Todo empleado, contratista o empresa deberá adoptar y mantener durante todo el tiempo de realización de las obras o prestación del servicio a la empresa distribuidora las medidas de seguridad desde el punto de vista de prevención de riesgos laborales indicados en la tabla 33.

Tabla 33. Legislación de seguridad aplicable

Fecha de publicación	Autoridad Competente	Título
1970	Orden Legislativo	Decreto de gabinete nº68 de 31 de marzo de 1970 por el cual se centraliza en la Caja del Seguro Social la cobertura obligatoria de los riesgos profesionales para todos los trabajadores del estado y de la empresa particular que operan en la República.
1971	Ministerio de Trabajo	Código del trabajo – Decreto de Gabinete N° 252 de 30 de diciembre de 1971. Libro II Riesgos profesionales. Título I Higiene y Seguridad en el trabajo.
1978	Orden Legislativo	Constitución Política de la República, reformada por los actos reformativos de 1978, por el acto constitucional de 1983 y los actos legislativos 1 de 1983 y 2 de 1994. Artículo 105.
1987	Ministerio de Obras Públicas	Resolución N°229 de 26 de enero de 1959 por medio de la cual se adopta el Reglamento para las Instalaciones Eléctricas de la República de Panamá y se nombra un Comité Consultivo Permanente para el estudio y actualización del mismo.
1998	Ministerio de Salud	Decreto Ejecutivo N° 77 de 20 de agosto de 1998, por el cual se establece la Presentación y Normas para realización del Estudio de Riesgos a la Salud y el Ambiente.
2000	Ministerio de Comercio e Industrias	Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 44-2000. Condiciones de Higiene y Seguridad en ambientes de Trabajo donde se genere ruidos.



2000	Ministerio de Comercio e Industrias	Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 45-2000. Condiciones de Higiene y Seguridad en ambientes de Trabajo donde se genere vibraciones.
2001	Ministerio de Comercio e Industrias	Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 43-2001. Condiciones de Higiene y Seguridad donde se manejan sustancias químicas.

Fecha de publicación	Autoridad Competente	Título
2002	Ministerio de Salud	Decreto Ejecutivo N° 306 de 4 de septiembre de 2002 que adopta el reglamento para el control de los ruidos en espacios públicos, áreas residenciales o de la habitación, así como en ambientes laborales.
2004	Ministerio de Salud	Decreto Ejecutivo N° 1 de 15 de enero de 2004 que determina los niveles de ruido para las áreas residenciales e industriales.
2005	Orden Legislativo	Ley 51 de 27 de diciembre de 2005 que reforma la Ley Orgánica de la caja de Seguro Social y dicta otras disposiciones.
2007	Ministerio de Trabajo	Decreto Ejecutivo N° 15 de 2007. Por el cual se adoptan medidas de urgencia en la industria de la construcción con el objeto de reducir la incidencia de accidentes de trabajo.
2007	Asamblea Nacional	Ley N° 6 de 11 de enero de 2007 que dicta normas sobre el manejo de residuos aceitosos derivados de hidrocarburos o de base sintética en el territorio nacional.
2008	Ministerio de Trabajo	Decreto Ejecutivo N° 2 de 15 de febrero de 2008. Por el cual se reglamenta la Seguridad Salud e Higiene en la Industria de la Construcción.
2008	Ministerio de Trabajo	Decreto Ejecutivo N°17. Por el cual se deroga el artículo 3 y se modifican algunos artículos del decreto ejecutivo 15 de # julio de 2007.
2009	Ministerio de Comercio e Industrias	Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 81-2009. Sistema de Barandas y Condiciones de Seguridad.
2015	Gas Natural Fenosa	NT.00053.GN-SP.ESS. Estándar de Seguridad y Salud: Señalización. Aplicación a todas las empresas del grupo Gas Natural Fenosa, y a sus empresas colaboradoras en las actividades que realicen para el grupo Gas Natural Fenosa.



Proyecto Tipo Centros de Transformación Tipo Poste

3. Normas de Protección del Medio Ambiente

Todas las instalaciones deberán diseñarse y construirse limitando el impacto en el medio ambiente, por esta razón deberán respetarse las leyes, decretos y demás disposiciones vigentes en la República de Panamá sobre esta materia, al igual que los procedimientos emitidos por la empresa distribuidora en lo concerniente a manejo de productos químicos, productos y desechos peligrosos, y manejo de derrames y descargas.

Tabla 34. Legislación medioambiental aplicable

Fecha de publicación	Autoridad Competente	Título
1972	Asamblea Nacional	Constitución Política de la República de Panamá 1972, Enfoque Ecológico, capítulo 7 – título III.
1998	Asamblea Nacional	Ley N°41, de 1 de julio de 1998, Ley General de Ambiente de la República de Panamá. Actualizada por la Ley 8 del 25 de marzo de 2015.
2000	Ministerio de Economía y Finanzas	Decreto Ejecutivo N° 123 del 14 de agosto del 2009, por el cual reglamenta el Capítulo II del Título IV de la Ley 41 del 1 de julio de 1998, General de Ambiente de la República de Panamá y se deroga el Decreto Ejecutivo 209 de 5 de septiembre 2006.
2009	Ministerio de Economía y Finanzas	Decreto Ejecutivo N° 123 del 14 de agosto del 2009, por el cual reglamenta el Capítulo II del Título IV de la Ley 41 del 1 de julio de 1998, General de Ambiente de la República de Panamá y se deroga el Decreto Ejecutivo 209 de 5 de septiembre 2006.
2011	Ministerio de Economía y Finanzas	Decreto Ejecutivo N° 155 de 5 de agosto de 2011, que modifica el Decreto Ejecutivo N° 123 de 14 de agosto de 2009.

Atendiendo a lo preceptuado por el artículo N° 15 del Título II (de los Proyectos que Ingresan al proceso de Evaluación de Impacto Ambiental) del Decreto Ejecutivo No. 123 del 14 de agosto del 2009, el cual reglamenta el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental.

Los nuevos proyectos o modificaciones de proyectos existentes en sus fases de planificación, ejecución, emplazamiento, instalación, construcción, montaje, ensamblaje, mantenimiento, operación, funcionamiento, modificación, desmantelamiento, abandono, y terminación que ingresarán al proceso de Evaluación de Impacto Ambiental son los indicados en la lista taxativa desarrollada en el Artículo 16.



“Por lo antes señalado, el ingreso al proceso de Evaluación de Impacto Ambiental está sujeto a la lista taxativa de la normativa precitada, indicado en los sectores de Industria Energética, Industria de la Construcción, Manejo de Residuos. El Ministerio de Ambiente puede solicitar la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental cuando dicha entidad considere que con la ejecución de las actividades u obras propuestas para el desarrollo del proyecto se pueda afectar alguno de los criterios de protección ambiental o se puedan generar riesgos ambientales, en todo caso, ya sea que la actividad, obra o proyecto esté o no en la lista taxativa tal como se indica en el artículo 17 del decreto.”

Para la realización de estas actividades se deben cumplir con los requisitos, normas, procedimientos y directrices Medio ambientales de Naturgy Panamá.

Para establecer la categoría del Estudio de Impacto Ambiental, se debe considerar lo indicado en el Artículo 23 del Capítulo I del Decreto Ejecutivo N.º 123, del 14 de agosto de 2009 (que reglamenta el proceso de evaluación de impacto ambiental), el cual define cinco Criterios de Protección Ambiental para asignar la categoría de los estudios de impacto ambiental a la que se adscribe un determinado proyecto.

El promotor del proyecto debe mencionar las acciones a realizar en el proyecto, al igual que las medidas de mitigación en caso que las hubiese.

- Actividades Previas: Disposición de materiales, equipos, acondicionamiento de área de trabajo.
- Construcción y Ejecución: Implica toda la construcción de obras civiles, instalación de servicios y manejo de equipos.
- Operación (Si aplica): En esta etapa se prevé que las instalaciones sean ocupadas y operadas.
- Abandono (Si aplica): En esta etapa se prevé el abandono, cierre o desmantelamiento de los equipos o instalaciones.

El estudio de impacto ambiental debe ser realizado por personal idóneo, además debe ser independiente del promotor, proyecto u obra. Debidamente certificado ante el ministerio de ambiente de Panamá.

3.1. Requisitos durante la ejecución del trabajo

A continuación se exponen una serie de requisitos ambientales que se deben cumplir a la hora de ejecutar los trabajos definidos en los diferentes Proyecto Tipos.

3.1.1. Condiciones ambientales generales

Se deberá cumplir con la normativa ambiental vigente para el ejercicio de la actividad, así como con los requisitos internos de las instalaciones de Unión Fenosa en lo referente a protección ambiental. Así mismo, en caso de existir,



se cumplirán los requisitos ambientales establecidos en los Estudios de Impacto Ambiental, Declaraciones de Impacto Ambiental o Planes de Vigilancia Ambientales.

En caso de generarse un incidente o accidente ambiental durante el servicio imputable a una mala ejecución del contratista, se deberán aplicar las medidas correctoras necesarias para restablecer el medio afectado a su situación inicial y hacerse cargo de la restauración del daño causado.

Se deberán realizar los trabajos de acuerdo con las condiciones que resulten de la evaluación ambiental emitidas por la administración competente.

3.1.1.1. Presión Acústica

El nivel máximo admisible de presión acústica depende del tipo de zona en la que se ubique la obra, y variará entre 45 dBA (zonas residenciales) y 50 dBA (zonas industriales), de acuerdo al decreto ejecutivo N° 306 de 4 septiembre de 2002, el decreto ejecutivo 1 del 15 de enero de 2004.

3.1.1.2. Parque de Vehículos

Realizar el estacionamiento, lavado y mantenimiento del parque automotor en lugares adecuados para tal fin, evitando la contaminación de cuerpos de agua y suelos con residuos sólidos y aceitosos.

3.1.1.3. Finalización de obra

Se deberá remover todos los materiales sobrantes, estructuras temporales, equipos y otros materiales extraños del sitio de las obras y deberá dejar dichas áreas en condiciones aceptables para la operación segura y eficiente.

Se ejecutará la remoción del suelo de las zonas que hayan sido compactadas y cubiertas, para retornarlas a sus condiciones originales, considerando la limpieza del sitio.

3.1.1.4. Campos electromagnéticos

Recomendación de la Organización Mundial de la Salud

Siguiendo un proceso estandarizado de evaluación de riesgos para la salud, la OMS en su Nota informativa N°3221 (2007) concluyó, que no hay efectos sustanciales para la salud relacionados con los campos eléctricos y magnéticos de frecuencias extremadamente bajas (0-100kHz) a los niveles que puede encontrar el público en general.



Proyecto Tipo Centros de Transformación Tipo Poste

Anexo 04: Proyecto Específico

Todo Proyecto Específico estará constituido por las siguientes carpetas:

I. Proyecto Específico.

1.Memoria	55
2. Planos	68
3.Presupuesto	69



____, ____ de ____ de 20 ____

PROYECTO DE CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN TIPO
POSTE EN

CODIGO DE IDENTIFICACIÓN
DEL CT _____

Expediente nº _____



4. Memoria

4.1. Preámbulo

El presente proyecto se ajusta a lo especificado por el Proyecto Tipo para Centro de Transformación Tipo Poste.

4.2. Objeto

Naturgy Panamá empresa distribuidora de energía eléctrica, precisa suministrar energía eléctrica en B.T. _____ y a tal efecto proyecta la instalación de un centro de transformación de energía eléctrica, tipo poste, sobre un poste de hormigón de _____ daN de carga de trabajo, con un transformador con una potencia de _____ kVA y tensiones _____ kV / 120/240 V, con el objeto de suministrar energía a la red de distribución de B.T., necesaria para atender la demanda de consumo en su zona de influencia.

El objeto del presente Documento es la tramitación oficial de la obra descrita, en cuanto a la Autorización Administrativa, y de ejecución y la concesión de Declaración de Utilidad Pública en concreto.

4.3. Emplazamiento

La instalación está ubicada en la provincia de _____, distrito de _____, corregimiento de _____, dirección _____.

El acceso al Centro de Transformación, se hará directo desde _____ con la servidumbre de paso correspondiente que permita a Gas Natural Fenosa las operaciones necesarias de mantenimiento.

4.4. Conexión eléctrica con la red de Media Tensión

El Centro de Transformación se conectará a la línea aérea de _____ kV, denominada _____, cuyo origen es _____.

La longitud de la acometida de media tensión será _____.



Código de identificación del CT

4.4.1. Peticionario y Compañía Suministradora

Peticionario: _____

Compañía Suministradora: _____

4.4.2. Descripción de la instalación

La línea de alimentación al Centro de Transformación, que forma parte del presente proyecto, queda definida por las siguientes características:

Tabla 35. Cuadro de descripción de la instalación

Descripción línea conexión M.T.	
Tensión de servicio (kV)	
Circuito de alimentación	
Longitud de Red M.T, Proyectado (km)	
Calibre del Conductor Proyectado	
Tipo de Conductor Proyectado	
Nº Postes / Tipo / Esfuerzo	
Potencia del (los) transformador(es) proyectado(s)	
Cantidad de transformadores monofásicos	
Protección en el origen de la derivación de la línea que alimenta el ramal del transformador.	
Seccionamiento en el origen de la derivación al Centro de Transformación.	



4.4.3. Cálculos Eléctricos y Mecánicos

Todos los cálculos eléctricos y mecánicos de los postes, relativos al Centro de Transformación Tipo Poste objeto del presente proyecto, han sido realizados de acuerdo con el Proyecto Tipo de Líneas Eléctricas Aéreas de Media Tensión, habiéndose utilizado las tablas y gráficos que en el mismo se incluyen.

Los cálculos eléctricos que justifican el Centro de Transformación fueron realizados según lo estipulado en el Proyecto Tipo para Centros de Transformación Tipo Poste.

A continuación se exponen las tablas que servirán de acopio de los datos necesarios para la realización del proyecto.

Tabla 36.
Alineaciones

Nº tramo	Postes extremos	Longitud (m)



Código de identificación del CT

Tabla 37. Cálculos Mecánicos Justificativos

Poste	Hipótesis 1 ^a		Hipótesis 2 ^a	
	Gravivano (m)	Esfuerzo (daN)	Gravivano (m)	Esfuerzo (daN)



Código de identificación del CT

Tabla 38. Tabla de Esfuerzos Horizontales

Poste N°	Eolovano (m)	Esfuerzo según hipótesis (daN)	
		Primera	Segunda



Código de identificación del CT

Tabla 39. Postes Utilizados

Poste Nº	Denominación de los postes	Coeficiente de seguridad según hipótesis (daN)	
		Primera	Segunda



Código de identificación del CT

Tabla 40. Cuadro de Cimentaciones

Poste N°	Cimentación			
	a (m)	b (m)	c (m)	d (m)



Código de identificación del CT

Tabla 41. Cálculos Eléctricos del Centro de Transformación

Nº de CT	Máxima Demanda (M.D.) Servicio Particular (kW)				Máxima Demanda Alumbrado Público (kW)			M. D Total (kW)	M.D. proyectada a 15 años (kW)	Potencia del Transformador (kVA)
	Carga de diseño (kW)	Cantidad de Clientes por circuito	Factor de Simultaneidad	Subtotal M.D. (kW)	Cantidad de Luminarias	Potencia por Luminaria (kW)	Subtotal M.D. de Alumbrado Público (kW)			



Código de identificación del CT

Tabla 42.
Cálculos Eléctricos del Centro de Transformación

Nº de CT	Potencia del Transformador(kVA)	Intensidad del Primario (A)	Intensidad del Secundario (A)	Conductor del puente de B.T.



4.5. Características Técnicas

Los valores de las características técnicas se elegirán de entre las indicadas en el Proyecto Tipo Gas Natural Fenosa y se indican en los apartados que siguen:

4.5.1. Poste

El poste del transformador y demás elementos que componen el Centro de Transformación será _____ de altura total _____ m y de _____ daN de esfuerzo nominal.

Las partes en tensión del transformador no protegidas contra contactos accidentales se situarán a una altura sobre el terreno superior al mínimo indicado en el apartado Memoria del Proyecto Tipo de Centros de Transformación Tipo Poste.

4.5.2. Cimentaciones

El cálculo de cimentaciones vendrá definido por el Proyecto Tipo de Líneas Aéreas de Media Tensión, se especificará el poste y las dimensiones calculadas por cada poste a cimentar.

4.5.3. Armados

Constituyen el armado los elementos sustentadores de los conductores de Media Tensión, así como aquellos necesarios para facilitar la conexión de la línea al transformador. Los distintos elementos constitutivos del armado están definidos en las correspondientes Especificaciones Técnicas.



4.5.4. Transformador

El transformador a instalar tendrá las siguientes características principales y cumplirá con la norma ANSI C57.12.20.

Tabla 43. Características del Transformador

Características	Transformador 1	Transformador 2	Transformador 3
Tensión Primaria (kV)			
Tensión Secundaria (V)			
Potencia (kVA)			
Localización			
Nº Usuarios a Alimentar			
Altura del poste/Esfuerzo			

4.5.5. Herrajes

Son elementos encargados de la fijación del transformador y de la aparamenta al poste, estarán definidos en sus correspondientes Especificaciones Técnicas.

4.5.6. Niveles De Aislamiento

Los niveles de aislamiento para los materiales de alta y baja tensión, se ajustará a lo especificado en el Proyecto Tipo de Centros de Transformación Tipo Poste.



4.5.7. Protección Contra Sobretensiones

El Centro de Transformación se protegerá contra sobretensiones de origen atmosférico mediante la instalación de pararrayos de óxidos metálicos con envoltente polimérica y soporte aislante, según la correspondiente Especificación Técnica.

Todos los transformadores deberán incluir los descargadores de sobretensión sobre la cuba del transformador.

4.5.8. Protección Contra Sobreintensidades

El Centro de Transformación estará protegido contra sobreintensidades en Media Tensión mediante la instalación de cortacircuitos fusibles de alta capacidad de corte en la derivación de la línea que alimenta el racimo de transformadores.

Además los Centro de Transformación autoprotegidos cuentan con un fusible interno en el lado de Media Tensión, el cual permite la protección contra sobreintensidades. Dicho dispositivo está diseñado por el fabricante para soportar la carga de acuerdo a la potencia nominal del transformador.



4.6. Sistema de Puesta a Tierra

La resistencia de puesta a tierra individual de cada poste no será, en ningún caso, mayor de 25 Ω .

Además, en todo caso, los valores de puesta a tierra garantizarán que las tensiones de paso y de contacto no superarán los valores indicados en la publicación IEEE “Guía para la seguridad en la puesta a tierra en subestaciones de corriente alterna”.

Tabla 44. Medida de Puesta a Tierra

Nº Poste	R (Ω)	Observaciones

4.7. Conclusión

Expuestas en esta Memoria todas las razones que justifican la importancia de la inmediata instalación y montaje de este Centro de Transformación y Distribución, cuyas características quedan recogidas en este proyecto, esperamos que esto merezca la aprobación de la Superioridad y rogamos sea concedida la autorización para la instalación y montaje del Centro de Transformación.



Código de identificación del CT

5. Planos

5.1. Situación

5.2. Emplazamiento

5.3. Planta

5.4. Postes Especiales



Código de identificación del CT

6. Presupuesto

6.1. Presupuesto de materiales

Tabla 45. Presupuesto de Materiales

Código	Descripción UC	Unidad de Medida	Cantidad	Aporte Mat.	Costo Unitario	Costo Total Contratista	Costo Total Distribuidora	Costo Total
Postes y Cimentaciones								
Subtotal A:						B/.	B/.	B/.
Conductores y Conexiones								
Subtotal B:						B/.	B/.	B/.
Transformadores								
Subtotal C:						B/.	B/.	B/.
Puesta a Tierra								
Subtotal D:						B/.	B/.	B/.
Retenidas								
Subtotal E:						B/.	B/.	B/.
Total:						B/.	B/.	B/.



Código de identificación del CT

6.2. Presupuesto Mano de Obra

Tabla 46. Presupuesto de Mano de Obra

Código	Descripción UC	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Postes y Cimentaciones					
Subtotal A:					B/.
Conductores y Conexiones					
Subtotal B:					B/.
Transformadores					
Subtotal C:					B/.
Puesta a Tierra					
Subtotal D:					B/.
Retenidas					
Subtotal E:					B/.
Total:					B/.



6.3. Presupuesto General

Tabla 47. Presupuesto General

Ítem	Concepto	Costo
1	Costo Directo	
1.1	Presupuesto de materiales	B/.
1.2	Presupuesto de mano de obra	B/.
	Valor Total Costos Directos	B/.
2	Costos Indirectos	
2,1		B/.
2,2		B/.
	Valor Total Costos Indirectos	B/.
	Valor Total Presupuesto	B/.

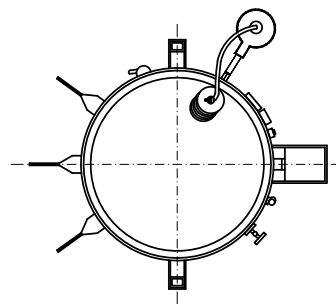
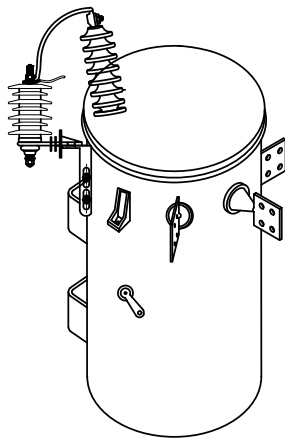
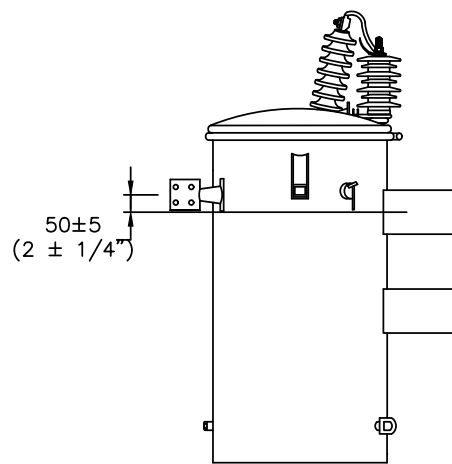
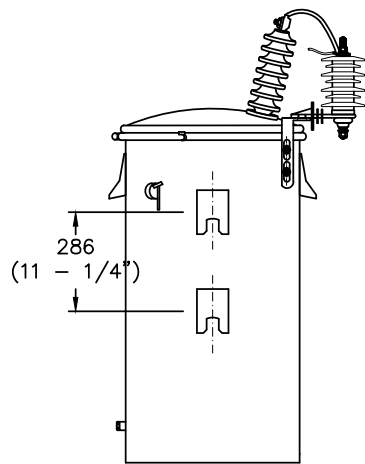
Asciende el presente presupuesto a la cantidad de **presupuesto total en letra** (presupuesto total en número) B/.

Localidad, fecha
EL INGENIERO

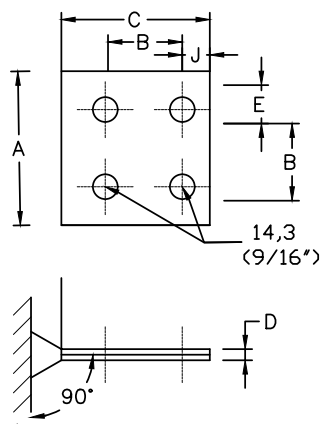
Fdo.: _____
Idoneidad N°: _____

CAD: PL011100 TRANSF. MONOF. TIPO POSTE 13.2 KV. 10-25-50 KVA.DWG 03/08/2021 12:01 PM
FORMATO: IT.05093.ES-TI-FO.07

DIN-A4



DETALLE TERMINAL B.T.



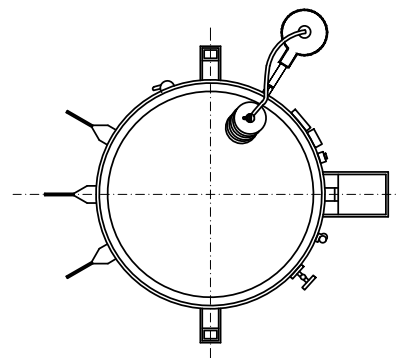
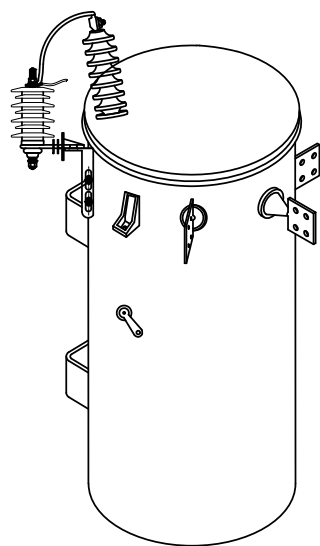
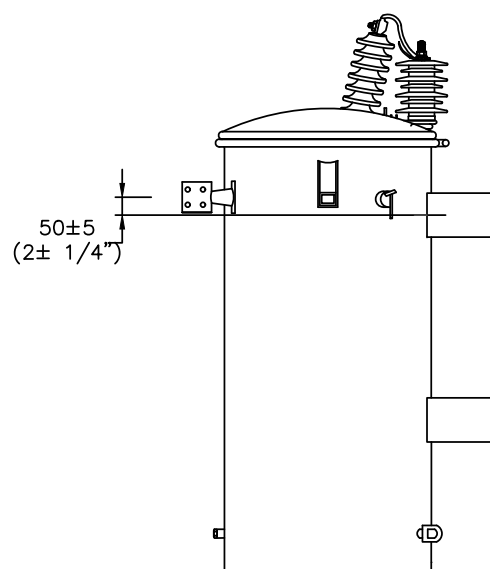
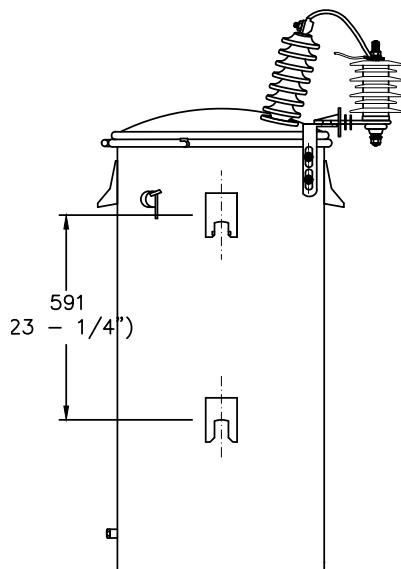
E: 1/100

A	88,9 (3-1/2")
B	44,5 (1-3/4")
C	85,7 (3-3/8")
D	6,4 (1/4") min.
E	22,2 (7/8")
J	15,9 (5/8")

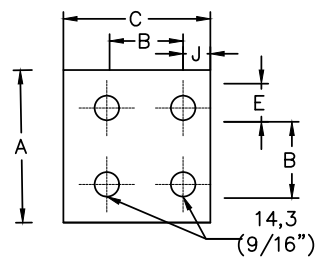
EDIC	FECHA	DD	TP	RVS	APR	EDITADO PARA
ESCA: A	1/20; 1/100	TÍTULO PROYECTO				Naturgy
CENTROS DE TRANSFORMACIÓN TIPO POSTE						
ID. CLIENTE		TÍTULO PLANO				CÓDIGO:
		TRANSF. MONOF. TIPO POSTE 13.2 KV. 10-25-50 KVA				HOJA
						SIGUE
						Nº PL011100

CAD: PL011200 TRANSF.MONOF.TIPOPOSTE 13.2 KV. 75 KVA DWG 03/08/2021 12:04 PM
FORMATO: IT.05093.ES-TI-FO.07

DIN-A4

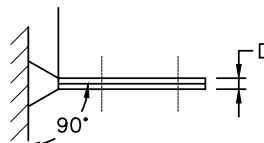


DETALLE TERMINAL B.T.



E: 1/100

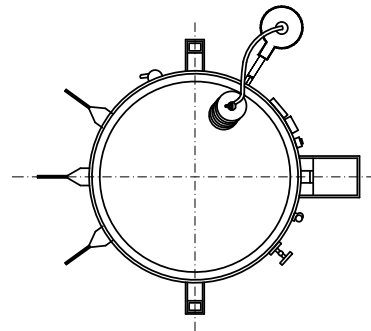
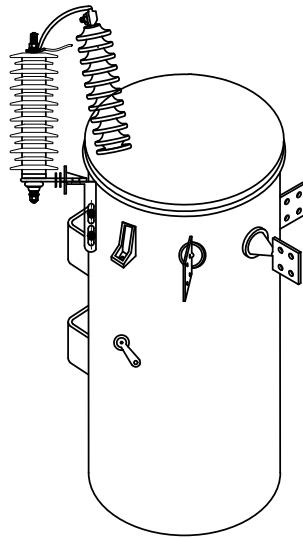
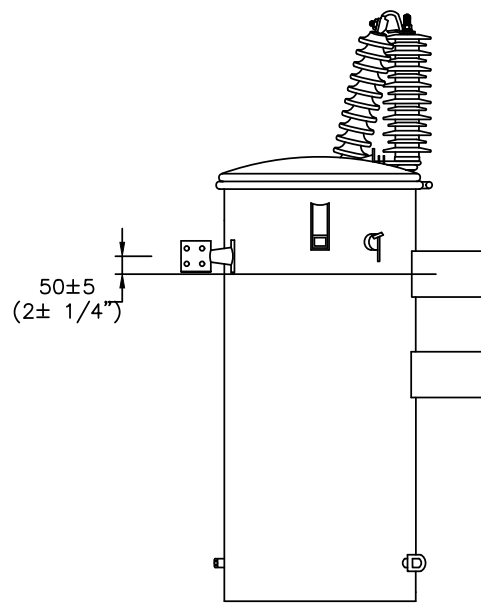
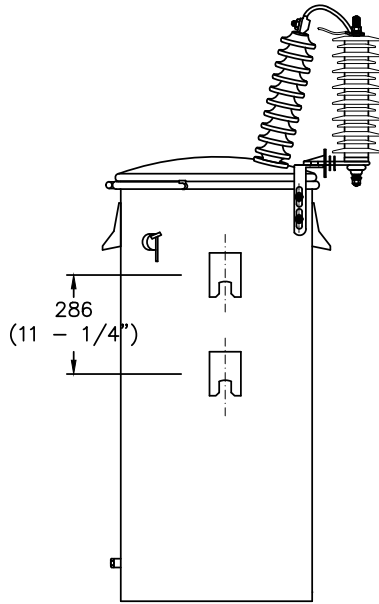
A	88,9 (3-1/2")
B	44,5 (1-3/4")
C	85,7 (3-3/8") min
D	6,4 (1/4") min.
E	22,2 (7/8")
J	15,9 (5/8")



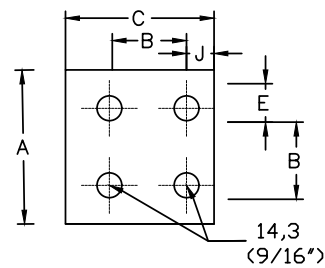
EDIC	FECHA	DD	TP	RVS	APR	EDITADO PARA
DESCR. A	1/20; 1/100	TÍTULO PROYECTO:				Naturgy
CENTROS DE TRANSFORMACIÓN TIPO POSTE						
ID. CLIENTE	TÍTULO PLANO:					CÓDIGO:
TRANF. MONOF. TIPO POSTE 13.2 KV. 75 KVA					HOJA	SIGUE
					Nº	PL011200

CAD: PL011300 TRANSF. MONOF. TIPO POSTE 34.5 KV. 10-25-50 KVA.DWG 03/08/2021 12:01 PM
FORMATO: IT.05093.ES-TI-FO.07

DIN-A4

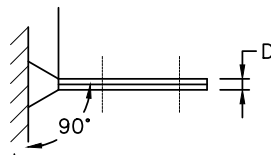


DETALLE TERMINAL B.T.



E: 1/100

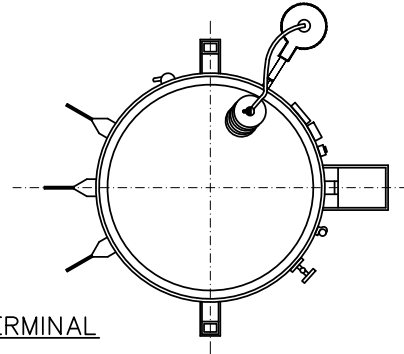
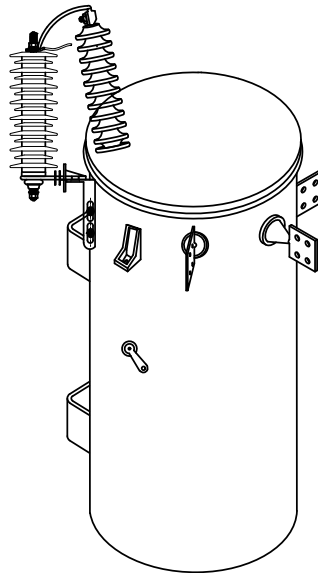
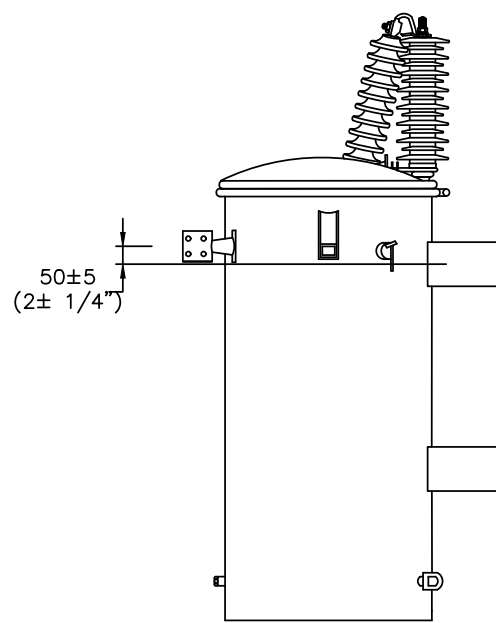
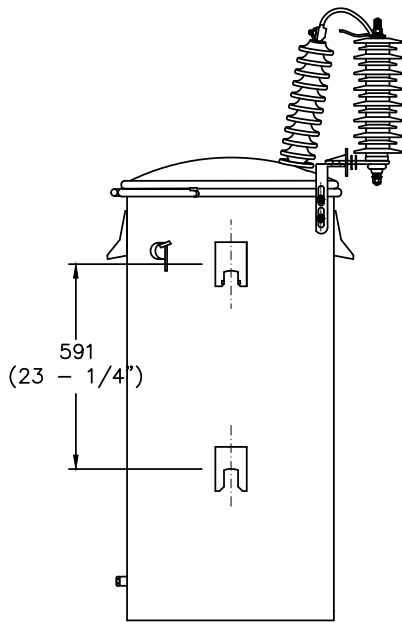
A	88,9 (3-1/2'')
B	44,5 (1-3/4'')
C	85,7 (3-3/8'')
D	6,4 (1/4'') min.
E	22,2 (7/8'')
J	15,9 (5/8'')



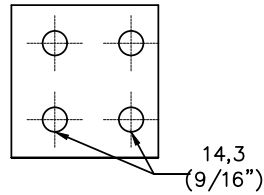
EDIC	FECHA	DD	TP	RVS	APR	EDITADO PARA
DESCR. A	1/20; 1/100	TÍTULO PROYECTO				Naturgy
ID. CLIENTE	CENTROS DE TRANSFORMACIÓN TIPO POSTE					
TÍTULO PROYECTO		TRANSF. MONOF. TIPO POSTE 34KV. 10-25-50 KVA				CÓDIGO
HOJA		SIGUE				Nº PL011300

CAD: PL011400 TRANSF.MONOF.TIPOPOSTE 34.5 KV. 75 KVA.DWG 03/08/2021 12:01 PM
FORMATO: IT.05093.ES-TI-FO.07

DIN-A4

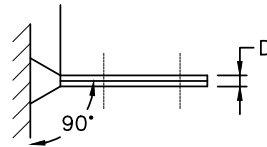


DETALLE TERMINAL
B.T.



E: 1/100

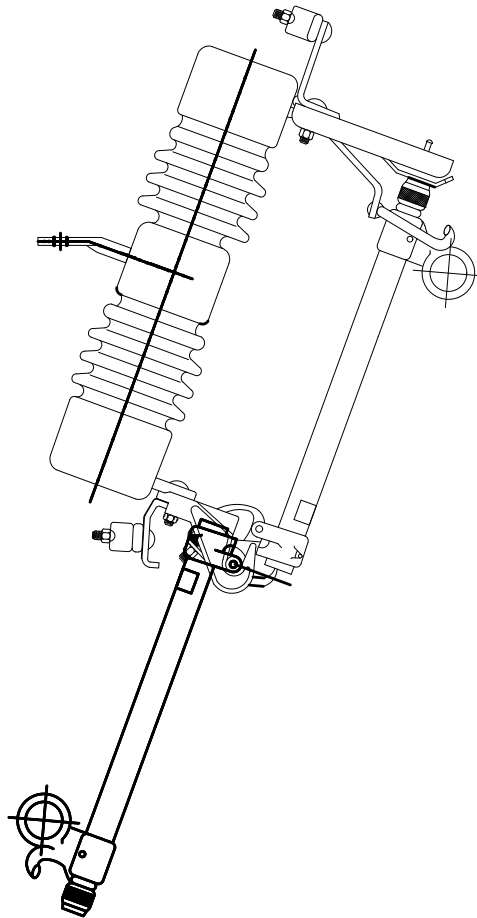
A	88,9 (3-1/2")	min.
B	44,5 (1-3/4")	
C	85,7 (3-3/8")	
D	6,4 (1/4")	
E	22,2 (7/8")	
J	15,9 (5/8")	



EDIC	FECHA	DD	TP	RVS	APR	EDITADO PARA
USCAR A	1/20; 1/100	TITULO PROYECTO				Naturgy
CENTROS DE TRANSFORMACIÓN TIPO POSTE						
ID. CLIENTE		TITULO PLANO				CÓDIGO
		TRANSF. MONOF. TIPO POSTE 34 KV. 75 KVA				HOJA
						SIGUE
						Nº PL011400

CAD: PL021200 SECCIONADOR FUSIBLE 27KV 200A.DWG 03/08/2021 12:02 PM
FORMATO: IT.05093.ES-TI-FO.07

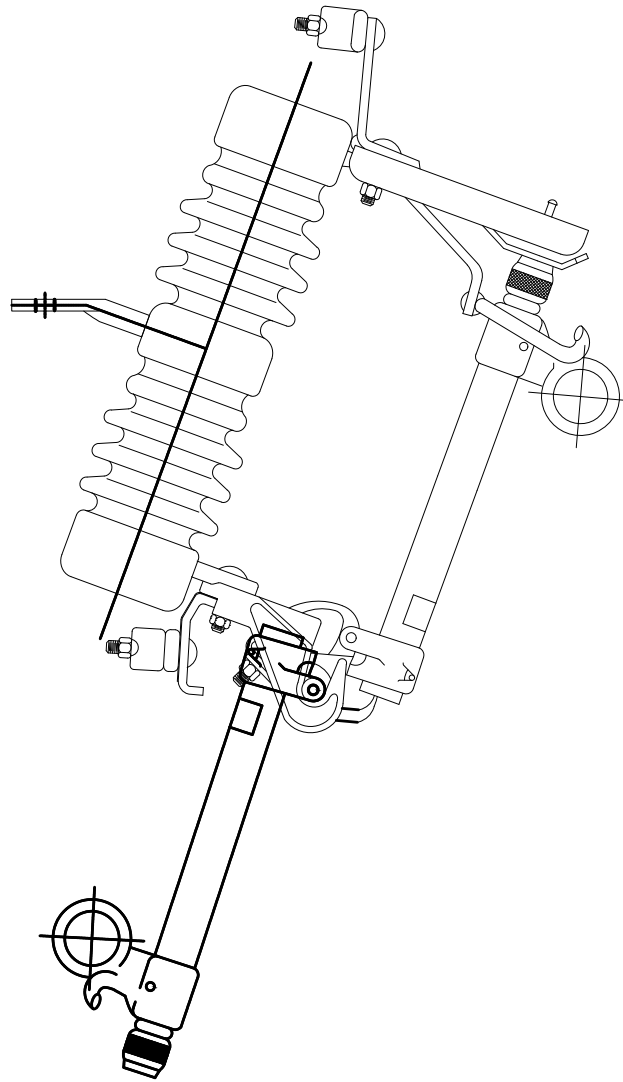
DIN-A4



EDIC	FECHA	DD	TP	RVS	APR	EDITADO PARA
ESCALA: 1/20; 1/100		TITULO PROYECTO:				Naturgy
ID. CLIENTE		CENTROS DE TRANSFORMACIÓN TIPO POSTE				
		TITULO PLANO:				CÓDIGO:
		SECCIONADOR FUSIBLE 27KV 200A				HOJA SIGUE
						Nº PL021200

CAD: PL021300 SECCIONADOR FUSIBLE 15 KV 200A.DWG 03/08/2021 12:02 PM
FORMATO: IT.05093.ES-TI-FO.07

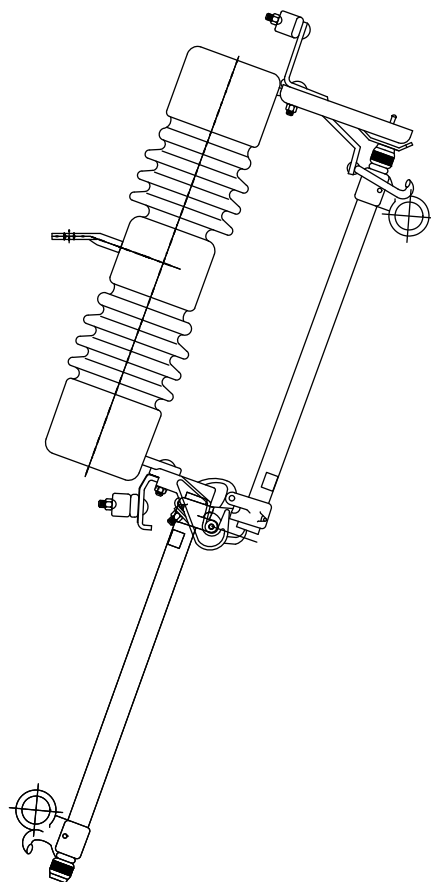
DIN-A4



EDIC	FECHA	DD	TP	RVS	APR	EDITADO PARA	
ESCALA		1/20; 1/100		TITULO PROYECTO			Naturgy
ID. CLIENTE		CENTROS DE TRANSFORMACIÓN TIPO POSTE			CÓDIGO:		
		TITULO PLANO			HOJA		
		SECCIONADOR FUSIBLE 15KV 200A			SIGUE		
					Nº PL021300		

CAD: PL021100 SECCIONADOR FUSIBLE 36KV 200A.DWG 03/08/2021 12:02 PM
FORMATO: IT.05093.ES-TI-FO.07

DIN-A4

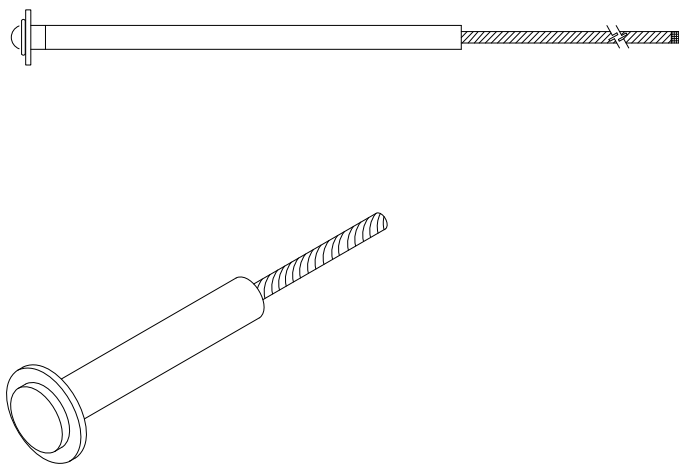


EDIC	FECHA	DD	TP	RVS	APR	EDITADO PARA	
ESCALA: 1/20; 1/100		TÍTULO PROYECTO:				Naturgy	
ID. CLIENTE		CENTROS DE TRANSFORMACIÓN TIPO POSTE					
		TÍTULO PLANO:				CÓDIGO:	
		SECCIONADOR FUSIBLE 36KV 200A				HOJA SIGUE	
						N° PL021100	

CAD: PL022100 MODELO DE FUSIBLE XS.DWG 03/08/2021 12:02 PM
FORMATO: IT.05093.ES-TI-FO.07

DIN-A4

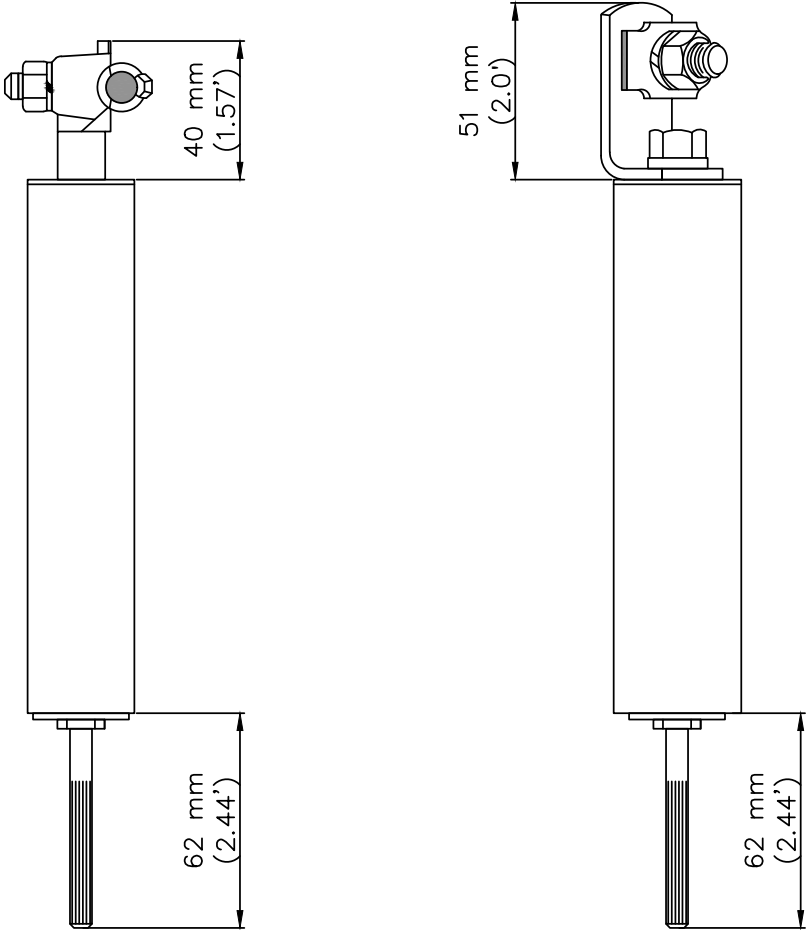
EDIC	FECHA	DD	TP	RVS	APR	EDITADO PARA
ESCALA:		TÍTULO PROYECTO:				Naturgy 
1/20; 1/100		CENTROS DE TRANSFORMACIÓN TIPO POSTE				
ID. CLIENTE		TÍTULO PLANO:				CÓDIGO:
		MODELO DE FUSIBLE XS				HOJA SIGUE
						Nº PL022100



CAD: PL022101 FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE.DWG 03/08/2021 12:02 PM
FORMATO: IT.05093.ES-TI-FO.07

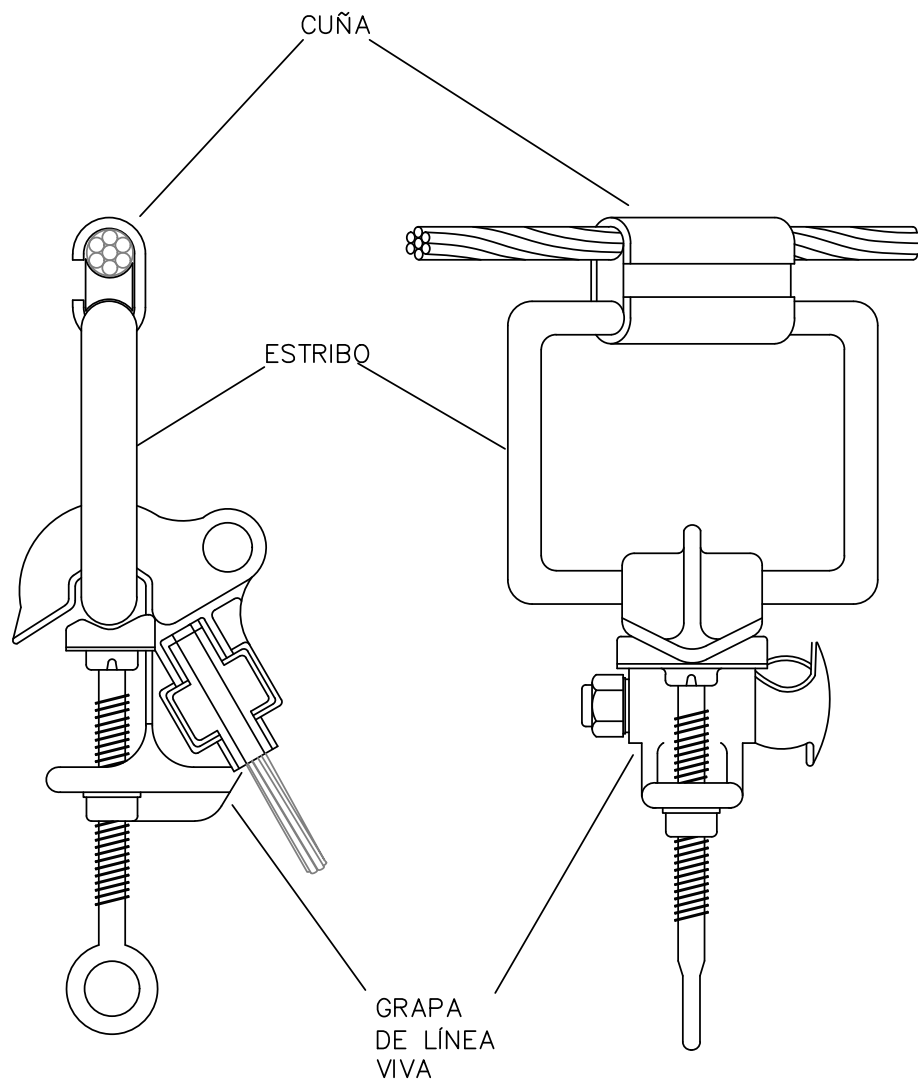
DIN-A4

:							
EDIC	FECHA	DD	TP	RVS	APR	EDITADO PARA	
ESCALA:		TÍTULO PROYECTO:					
ID. CLIENTE		CENTRO DE TRANSFORMACIÓN TIPO POSTE					
		TÍTULO PLANO:					CÓDIGO:
		FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE					HOJA SIGUE
							Nº PL022101



CAD: PL023100 DETALLE CUÑA ESTRIBO MÁS GRAPA.DWG 03/08/2021 12:02 PM
FORMATO: IT.05093.ES-TI-FO.07

DIN-A4



EDIC	FECHA	DD	TP	RVS	APR	EDITADO PARA	
USUAL A:		TÍTULO PROYECTO:					
S/E		CENTROS DE TRANSFORMACIÓN TIPO POSTE					
ID. CLIENTE		TÍTULO O PLANO:					
		DETALLE CUÑA ESTRIBO MÁS GRAPA					
		CÓDIGO:					
		HOJA SIGUE					
		N° PL023100					

Naturgy