

## **8. RED DE MEDIA TENSIÓN**

### **8.1 Introducción**

En este apartado describiremos las características generales de la Red de Media Tensión.

En principio, podemos elegir entre dos tipos de distribución:

- RADIAL
- EN ANILLO

siendo la más adecuada en función de las características de la demanda.

En el presente proyecto, la demanda la componen veintisiete cargas (Centros de Transformación) repartidas en una extensa superficie (340.000 m<sup>2</sup>).

La distribución radial implica una falta de flexibilidad en el suministro, pues una incidencia en una línea que obligara a su apertura dejaría fuera de servicio a todos los Centros de Transformación aguas abajo. Además tampoco habría flexibilidad para variar su configuración en el caso de un distinto reparto de cargas para escenarios de demanda diferentes en cada momento, puesto que en una Red Radial la configuración es única y determinada. Por tanto no es aconsejable una distribución radial.

En consecuencia el tipo de distribución más adecuado para las condiciones de demanda es la de Red en Anillo. Este tipo de distribución consiste en unir consecutivamente cada uno de los centros de transformación, que dispondrán así, de una entrada y salida de corriente, cada una de las cuales está provista de un seccionador en carga. Esta disposición da una gran flexibilidad a la red, al poder alimentar por dos caminos, aumentando notablemente la seguridad del abastecimiento.

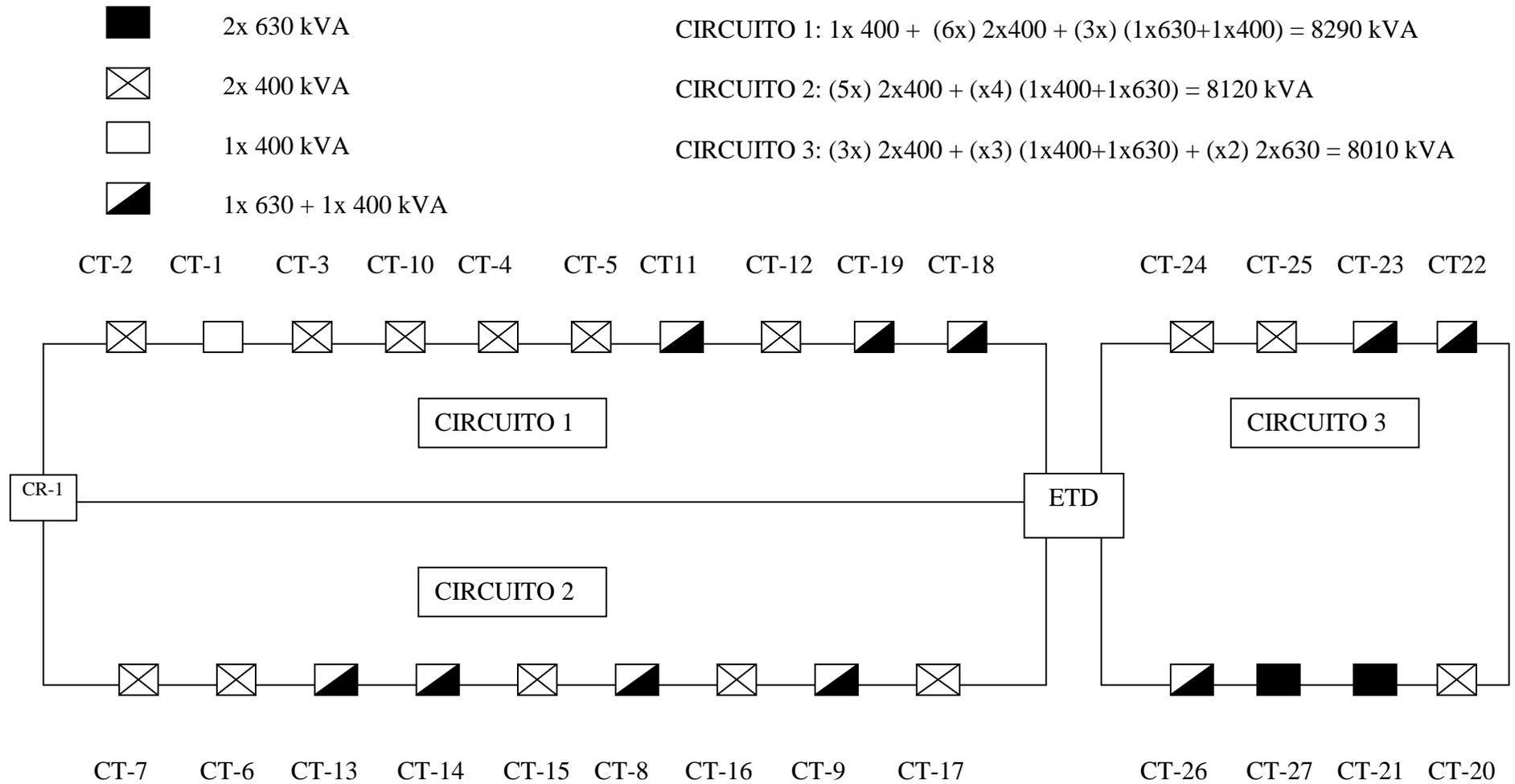
Por otra parte el reparto de las cargas será el óptimo, lo cual resultará positivo para la uniformidad de la tensión.

Todo el anillo será alimentado desde una subestación que sólo tendrá que comprometerse a dar la potencia establecida.

Los Centros de Transformación se disponen en puntos cercanos a las demandas finales de potencia y en un número suficiente para que no se sobrecarguen las líneas.

La selectividad de la red queda garantizada, ya que al poder alimentar el anillo por ambos lados, si ocurre una incidencia en la red abriremos los seccionadores entre los que se encuentra la línea con el problema, sin que los transformadores de esos dos centros y el resto de los que forman ese circuito queden sin alimentación eléctrica. Una vez que se solventase la avería podríamos volver a distribuir con ese tramo. Esto se puede entender fácilmente en el esquema de la figura 8-1: "Distribución de centros de transformación". No obstante existen escenarios de funcionamiento característicos que se describirán más adelante, en el apartado 8.4: "Explotación de la red de media tensión" al final de este capítulo.

Figura 9-1: Distribución de centros de transformación



## 8.2 Características de la red de Media Tensión

### 8.2.1 Conductores

Los conductores que se emplearán serán de aluminio, compactos de sección circular de varios alambres cableados, escogidos entre los incluidos en la Norma UEFE 1.3.13.01.

La tensión nominal del cable  $U_0/U$  (siendo  $U_0$  la tensión nominal de aislamiento entre los conductores y tierra, y  $U$  la tensión de aislamiento entre ellos) se elegirá de acuerdo con la tensión nominal de la red y con sus sistemas de puesta a tierra. Desde este punto de vista las redes se clasifican en dos categorías:

#### a) Redes de 1ª categoría:

Son aquellas redes que, en caso de defecto a tierra, no deberán ser explotadas más que durante un corto intervalo de tiempo con una fase a tierra. En general, este período de tiempo no excederá de 1 hora. No obstante, en circunstancias especiales, en los cables de campo radial podrá tolerarse una duración mayor, pero en ningún caso este período excederá de 8 horas y el total de las horas de funcionamiento de los cables con defecto a tierra no deberá ser superior a cien por año.

#### b) Redes de 2ª categoría:

Dentro de esta categoría quedan comprendidas todas las redes no incluidas en la 1ª categoría.

En la Tabla 9-1 se especifica la tensión nominal de los cables  $U_0/U$ , así como su nivel de aislamiento  $U_p$ , en función de la tensión nominal, de la tensión más elevada y de la categoría de la red.

Tabla 9-1: Selección cables

RED SISTEMA TRIFÁSICO			CABLE	
Tensión nominal U (kV)	Tensión más elevada de la red U <sub>m</sub> (kV)	Categoría de la red	Tensión nominal del cable U <sub>0</sub> /U (kV)	Nivel aislamiento a impulsos U <sub>p</sub> (kV)
1	1,2	1 <sup>a</sup>	0,6 / 1	20
		2 <sup>a</sup>		
3	3,6	1 <sup>a</sup>	1,8 / 3	45
		2 <sup>a</sup>		
6	7,2	1 <sup>a</sup>	3,6 / 6 (1)	60
		2 <sup>a</sup>	6 / 10	75
10	12	1 <sup>a</sup>		8,7 / 15
		2 <sup>a</sup>		
15	17,5	1 <sup>a</sup>	12 / 20	125
		2 <sup>a</sup>		
20	24	1 <sup>a</sup>	15 / 25	145
		2 <sup>a</sup>		
25	30	1 <sup>a</sup>	18 / 30	170
		2 <sup>a</sup>		
30	36	1 <sup>a</sup>	26 / 45 (2)	250
		2 <sup>a</sup>		

(1) En los cables de campo eléctrico no radial, la duración máxima admisible de funcionamiento con una fase a tierra es de 1 h.

(2) Los cables de esta tensión nominal, no se consideran en la norma UNE 21 123 (1).

Teniendo en cuenta que la tensión nominal normalizada es de 20 kV y el sistema de protección previsto en las salidas de subestación, las redes incluidas en el presente proyecto se pueden clasificar como redes de 1<sup>a</sup> categoría, por lo que la tensión nominal adecuada de los cables a utilizar es de 12/20 kV. Se utilizarán cables con aislamiento de polietileno reticulado de acuerdo con la Norma UEFE 1.3.13.01.

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

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

Se realizará la puesta a tierra de la pantalla del conductor en los empalmes además de en los extremos de la línea, con el fin de disminuir la resistencia global a tierra, no debiendo ésta superar los  $20 \Omega$ .

## **8.2.2 Canalizaciones**

### **8.2.2.1 Generalidades**

Los cables aislados subterráneos de Media Tensión (hasta 20 kV inclusive) podrán canalizarse de las siguientes formas:

- Directamente enterrados en zanja
- Entubados en zanja
- Al aire, alojados en galerías

La forma de canalización para toda la red del presente proyecto es la de entubado en zanja, puesto que se han de canalizar bajo tubo:

- Cruces de vías públicas, privadas o paso de carruajes (tubos hormigonados en todo el recorrido)
- Cruzamientos, paralelismos y casos especiales, cuando los reglamentos oficiales, ordenanzas vigentes o acuerdos con otras empresas (como sucede en el presente proyecto con la Compañía Suministradora), lo exijan.

- Sectores urbanos donde existan dificultades para la apertura de zanjas de la longitud necesaria para permitir el tendido del cable a cielo abierto.

En este tipo de canalización, el cable irá en tubos de polietileno reticulado, siendo su diámetro interior dos veces, como mínimo, el diámetro del conjunto de cables contenidos, no pudiendo ser dicho diámetro interior inferior a 15 cm.

Los tubos de Alta Tensión (hasta 20 kV inclusive) se alojarán, en general, en zanjas de 1,30m de profundidad y una anchura de 60 cm, cuando contengan hasta tres líneas (ternas) como máximo.

Las mencionadas profundidades de zanjas se modificarán, en caso necesario, cuando se encuentren otros servicios en la vía pública, como veremos en los siguientes apartados.

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

Debajo del tubo irá una capa de unos 12 cm de arena fina, sobre la que se situará el tubo; por encima irá otra capa de arena fina de unos 10 cm de espesor.

A continuación se rellenará toda la zanja con tierra procedente de la misma excavación, si esta reúne las condiciones exigidas por las normas, reglamentos y ordenanzas municipales correspondientes, o bien con tierra de aportación en caso contrario. Se compactarán los primeros 20 cm de forma manual y el resto mediante un compactador mecánico, cada 30 cm, para lograr el índice de compactación 90% Proctor, como mínimo, en aceras y 95% Proctor, como mínimo en el resto de los casos. Con objeto de efectuar una señalización de la proximidad de los cables aislados enterrados, se colocarán cintas señalizadoras entre una profundidad mínima de 15 cm y una profundidad máxima de 30 cm. Dichas cintas señalizadoras estarán de acuerdo con lo especificado en la Norma UEFE 1.4.02.02.

En cuanto a las profundidades y anchuras de las zanjas correspondientes, se seguirá todo lo dicho hasta aquí, excepto cuando en una misma zanja se instalen más de una capa de cables entubados, en cuyo caso, la profundidad de la zanja deberá aumentarse lo necesario para cada caso.

En los cruzamientos de calzadas los tubos estarán hormigonados en todo su recorrido y en el resto de los casos con sus uniones recibidas con cemento. En este caso el suelo de la zanja deberá ser nivelado cuidadosamente después de esparcir una delgada capa de arena fina o tierra cribada de forma que permita la conexión correcta de los tubos.

#### **8.2.2.2 Dimensionado**

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

- La longitud de la canalización será lo más corta posible
  
- Se ubicará, preferentemente, salvo casos excepcionales, en terrenos de dominio público, bajo acera, evitando los ángulos pronunciados
  
- El radio interior de curvatura, después de colocado el cable, será, como mínimo, de  $10 \cdot (D+d)$ , siendo D el diámetro exterior del cable y d el diámetro del conductor
  
- Los cruces de calzadas deberán ser perpendiculares a sus ejes, salvo casos especiales, debiendo realizarse en posición horizontal y en línea recta.
  
- Las distancias a fachadas estarán, siempre que sea posible, de acuerdo con lo especificado por los reglamentos y ordenanzas municipales correspondientes.

#### **8.2.2.3 Arquetas de registro**

Para permitir la instalación, empalme, derivación, reposición y reparación de los cables, son necesarias, en algunos casos, arquetas de registro en las instalaciones de cables subterráneos. No obstante, se procurará evitar su colocación, haciéndolo solamente cuando sea estrictamente necesario.

Las arquetas de registro se construirán rectangulares con paredes de ladrillo de 24 cm de espesor con unas dimensiones interiores de 1,8 m x 1,1m x 1,6 m, tamaño suficiente para poder practicar manipulaciones en los cables con comodidad.

#### **8.2.2.4 Cintas de señalización de peligro**

Para evitar el posible deterioro que se pueda ocasionar al realizar las excavaciones en las proximidades de la canalización debe señalarse por una cinta de atención sobre los cables, a una profundidad mínima de 15 cm y una profundidad máxima de 30 cm.

El material, dimensiones y color de la cinta de señalización será el indicado en la Norma UEFE 1.4.02.02.

### **8.2.3 Paralelismo**

#### **8.2.3.1 Baja Tensión**

Los cables de Alta Tensión se podrán colocar paralelos a cables de Baja Tensión, siempre que entre ellos haya una distancia no inferior a 25 cm. Cuando no sea posible conseguir esta distancia, se separarán mediante ladrillo tipo macizo o bien se instalará uno de ellos bajo tubo.

#### **8.2.3.2 Alta Tensión**

En el caso de paralelismos de cables de media tensión entre sí, se mantendrá una distancia mínima de 25 cm. Si no se pudiera conseguir esta distancia, se instalará una protección de ladrillo macizo entre ambas líneas o bien se colocará una de ellas bajo tubo.

#### **8.2.3.3 Cables de telecomunicación**

Los cables de alta tensión directamente enterrados, deberán estar separados de los de telecomunicación una distancia mínima horizontal de 2 m, en el caso en que los cables de telecomunicación vayan también enterrados directamente. Estas distancias podrán reducirse a 25 cm entre canalizaciones cuando los cables de energía eléctrica o telecomunicación se

instalen dentro de tubos, conductos o separados por ladrillos, con una resistencia mecánica apropiada.

En todo caso, en paralelismos con cables telefónicos, deberá tenerse en cuenta lo especificado por el correspondiente acuerdo con la compañía telefónica en cuestión. En el caso de un paralelismo de longitud superior a 500 m, bien los cables de telecomunicación o los de alta tensión, deberán llevar pantalla electromagnética.

#### **8.2.3.4 Agua, vapor**

Los cables de Alta Tensión se instalarán separados de las conducciones de otros servicios (agua, vapor, etc) a una distancia no inferior a 50 cm. Si por motivos especiales no se pudiera conseguir esta distancia, los cables se instalarán dentro de tubos o conductos o bien se colocará una divisoria de ladrillos tipo macizo entre ambas conducciones.

#### **8.2.3.5 Gas**

La distancia entre los cables de energía y las conducciones de gas será como mínimo de 50 cm. Además, para el caso de las canalizaciones de gas, se asegurará la ventilación de los conductos, galerías y registros de los cables, para evitar la posibilidad de acumulación de gases en ellos. No se colocará el cable eléctrico paralelamente sobre la proyección del conducto de gas, debiendo pasar dicho cable por debajo de la torna de gas. Si no fuera posible conseguir la separación de 50 cm, se instalarán los cables dentro de tubos o bien se colocará una divisoria de ladrillos entre ambas conducciones.

#### **8.2.3.6 Alcantarillado**

En los paralelismos de los cables con conducciones de alcantarillado, habrá una distancia mínima de 50 cm, debiéndose proteger apropiadamente los cables cuando no pueda conseguirse esa distancia.

### **8.2.3.7 Depósitos de carburante**

Entro los cables eléctricos y los depósitos de carburante, habrá una distancia mínima de 1,20 m, debiendo, además, protegerse apropiadamente el cable eléctrico.

### **8.2.3.8 Fundaciones de otros servicios**

Cuando próximamente a una canalización existan soportes de líneas aéreas de transporte público, telecomunicación, alumbrado público, etc. El cable se instalará a una distancia de 50 cm como mínimo de los bordes externos de los soportes o de las fundaciones. Esta distancia será de 150 cm en el caso en el que el soporte esté sometido a un esfuerzo de vuelco permanente hacia la zanja. Cuando esta precaución no se pueda tomar, se empleará una protección mecánica resistente a lo largo del soporte y de su fundación prolongando una longitud de 50 cm a ambos lados de los bordes extremos de la misma.

## **8.2.4 Cruzamientos con vías públicas**

En los cruzamientos con calles y carreteras los cables deberán ir entubados a una profundidad mínima de 120 cm los tubos o conductos serán resistentes, duraderos, estarán hormigonados en todo su recorrido y tendrán un diámetro mínimo de 15 cm que permita deslizar los cables por su interior fácilmente.

## **8.2.5 Cruzamientos con otros servicios**

### **8.2.5.1 Baja Tensión**

En los cruzamientos de los cables de Alta Tensión con otros de Baja Tensión, existirá una distancia entre ellos de 25 cm como mínimo. En casa de que no pudiese conseguirse esta distancia se separarán los cables de Baja Tensión de los de Alta Tensión por medio de tubos, conductos o divisorias de ladrillos tipo macizo.

### **8.2.5.2 Alta Tensión**

En los cruzamientos con otras líneas de Alta Tensión , la distancia mínima a respetar será de 25 cm. Si no fuese posible conseguir esta distancia, se instalará una protección mecánica entre ambas líneas, de ladrillos tipo macizo o bien se colocará una de ellas bajo tubo.

### **8.2.5.3 Con cables de telecomunicación**

En los cruzamientos con cables de telecomunicación, los cables de energía eléctrica, se colocarán en tubos o conductos de resistencia mecánica apropiada, a una distancia mínima de la canalización de telecomunicación de 25 cm. En todo caso, cuando el cruzamiento sea con cables telefónicos deberá tenerse en cuenta lo especificado por el correspondiente acuerdo con la compañía telefónica en cuestión.

El cruzamiento no deberá realizarse correspondiendo con un empalme del cable de telecomunicación y no se instalarán cajas de empalme de los cables eléctricos a menos de 1 m del cruzamiento.

### **8.2.5.4 Agua, vapor**

En los cruzamientos de una canalización con conducciones de otros servicios (agua, vapor, etc) se guardará una distancia mínima de 25 cm.

### **8.2.5.5 Gas**

No se realizará el cruce del cable eléctrico sobre la proyección vertical de las juntas de la canalización de gas, debiendo instalarse entre el cable eléctrico y canalización de gas una protección de ladrillos tipo maciza.

La distancia a respetar en el caso de cruce con una canalización de gas es de 25 cm.

#### **8.2.5.6 Alcantarillado**

En los cruzamientos de cables eléctricos con conducciones de alcantarillado deberá evitarse el ataque de la bóveda de la conducción. Debiéndose mantener en todo caso la distancia mínima de 50 cm.

#### **8.2.5.7 Depósitos de carburantes**

Se evitarán los cruzamientos de cables eléctricos sobre depósitos de carburantes. Los cables de energía eléctrica deberán bordear el depósito adecuadamente protegidos y quedar a una distancia mínima de 120 cm del mismo.

#### **8.2.6 Empalmes y terminales**

En los puntos de unión de los distintos tramos de tendido se utilizarán empalmes adecuados a las características de los conductores a unir. Estos empalmes podrán ser encintados, premoldeados o con relleno de resina. los empalmes no deberán disminuir en ningún caso las características eléctricas y mecánicas del cable empalmado debiendo cumplir las siguientes condiciones:

- La conductividad del tramo de línea donde se encuentra el empalme no puede ser inferior a la de un tramo de línea sin empalmes, siendo ambos tramos de la misma longitud.
- El aislamiento del empalme ha de ser tan efectivo como el aislamiento propio de los conductores.
- El empalme debe estar protegido para evitar el deterioro mecánico y la entrada de humedad.
- El empalme debe resistir los esfuerzos electrodinámicos en caso de cortocircuito, así como el efecto térmico de la corriente, tanto en régimen normal como en caso de sobrecargas y cortocircuitos.

Las piezas de empalme y terminales serán de compresión. Los terminales podrán ser de tipo enchufables de acuerdo con la Norma UEFE 1.3.40.04 A.

### 8.2.7 Puesta a tierra

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

- Bastidores de los elementos de maniobra y protección
- Apoyo
- Autoválvulas o pararrayos
- Envolturas o pantallas metálicas de los cables

Las envolturas o pantallas metálicas de los cables deben ser convenientemente puestas a tierra en los extremos y en los empalmes de dichos cables, con objeto de disminuir su resistencia global a tierra.

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

- Línea de tierra
- Electrodo de puesta a tierra

#### a) Línea de tierra

Esta constituida por conductores de cobre o su sección equivalente en otro tipo de material. En función de la corriente de defecto y la duración del mismo, las secciones mínimas del conductor a emplear por la línea de tierra, a efectos de no alcanzar su temperatura máxima se deducirá según la expresión siguiente (Referencia [9]):

$$S \geq \frac{I_d}{\alpha} \cdot \sqrt{\frac{t}{\Delta\theta}}$$

En donde:

$I_d$  = Corriente de defecto en amperios

$t$  = Tiempo de duración de la falta en segundos

$$\alpha \text{ (para } t \leq 5 \text{ seg)} = \begin{cases} 13 \text{ para conductor de cobre} \\ 4,5 \text{ para conductor de acero} \end{cases}$$

$\Delta\theta = 160^\circ$  para conductor aislado,  $180^\circ$  para conductor desnudo

Una vez calculada la sección, se elegirá de las normalizadas, el valor igual o inmediatamente superior al calculado. En ningún caso, esta sección será inferior a  $100 \text{ mm}^2$  para el acero.

Los conductores a utilizar cumplirán con la R.U. 3401 para el caso de cobre, la UNE 21 019 para uso de cable de acero y UNE 36 030 para redondo de acero.

b) Electrodo de puesta a tierra

Estarán constituidos por picas, pudiendo ser éstas de la siguiente clase:

- Picas de acero con protección catódica según R.U. 6 503
- Picas de acero-cobre según norma UEFE 1.3.48.01

### **8.3 Configuración de la red de Media Tensión**

Teniendo en cuenta todos los criterios hasta aquí expuestos, así como los cálculos realizados en el capítulo 5 del documento “CALCULOS”, la red definitiva de Media Tensión que enlaza todos los centros de transformación queda configurada de la siguiente forma:

Se ha instalado un “cable cero”, que conecta la estación de distribución con el centro de reflexión, mediante el cual se realiza la alimentación y a su vez garantiza ésta ante cualquier eventualidad de un corte en un circuito en su punto central. El circuito 1 y circuito 2 son alimentados por la estación de distribución en un extremo y por el centro de reflexión en el otro. El circuito 3 nace y se cierra en la estación de distribución.

La potencia instalada para cada circuito es la siguiente:

Circuito 1: 8290 kVA

Circuito 2: 8120 kVA

Circuito 3: 8010 kVA

---

TOTAL: 24420 kVA

Esta cantidad comparada con la potencia demandada que se ha estimado representa un exceso de 2.687,16 kVA, como consecuencia de utilizar las potencias normalizadas de 400 kVA y 630 kVA en los centros de transformación.

La ubicación de los centros de transformación, la estación de distribución y el centro de reflexión, así como los recorridos de los circuitos de media tensión quedan reflejados en los planos:

- Plano 1. Red de Energía eléctrica distribución Media Tensión, Zona A
- Plano 2. Red de Energía eléctrica distribución Media Tensión, Zona B

Véase también la figura 9-1 donde se puede entender esquemáticamente las distribuciones de los centros en los tres circuitos.

#### **8.4 Explotación de la Red de Media Tensión**

Tal y como hemos expuesto en el apartado anterior del presente capítulo, la Red de Media Tensión ha quedado configurada por tres anillos, de los cuales el primero y el segundo son funcionalmente dependientes debido al tramo común de línea que comparten, "cable cero", y un tercer anillo independiente a los dos primeros. Esta premisa será condicionante a la hora de estudiar los escenarios de funcionamiento de los anillos uno y dos, no siéndolo para el tercero de los anillos que parte y se cierra en la Estación Transformadora de Distribución.

Se han estudiado tres escenarios de la Red de Media Tensión como más característicos de la explotación de la misma, tomando como variable de análisis la intensidad máxima que circula por los anillos: un escenario "NORMAL" de funcionamiento, denominado "ESCENARIO 1",

un segundo escenario, "ESCENARIO 2", en el cual queda fuera de servicio el "cable cero", para los anillos uno y dos, y una línea extrema para el anillo tres. Como tercer escenario, "ESCENARIO 3", se ha planteado el caso más desfavorable de funcionamiento tanto para los anillos uno y dos como para el tercero de los mismos.

Los cálculos realizados para este estudio se desarrollan en el "capítulo 5" del documento "CALCULOS", y el resultado de los mismos para todos los escenarios se encuentra en el "Anexo A.2"

#### **8.4.1 Escenario 1("NORMAL")**

Este será el escenario "NORMAL" de explotación de la Red de Media Tensión si no existe ninguna incidencia en la misma, es decir, si disponemos de todas las líneas para transportar la potencia demandada hasta los centros de transformación y todos éstos se encuentran operativos.

El criterio para la elección de este escenario ha sido la circulación de la menor intensidad máxima por las líneas de la Red de Media Tensión, siendo esta intensidad la variable que nos condiciona el estado de la Red, considerando como cargas en los centros de transformación las "potencias a suministrar (P.as)" en los centros de consumo. Es por ello por lo que se ha denominado escenario "NORMAL" de funcionamiento, entendiéndose que será el estado habitual de cargas y de los elementos que conforman la Red sin que halla sucedido ninguna incidencia en la misma.

##### **- Anillos 1 y 2:**

La potencia total que circulará por el anillo uno será de 7,14 MVA con factor de potencia (FP) 0,85 ó 6,10 MW, y por el anillo dos será de 7,13 MVA (con FP 0,85) ó 6,06 MW. El anillo uno se encontrará abierto entre los centros de transformación CT-4 y CT-5, y el anillo 2 entre los centros CT-14 y CT-15, siendo el "cable cero " la línea por la que circula la intensidad máxima y que por tanto será la misma para ambos anillos, con un valor de la misma de 238,5 A. La caída de tensión máxima en tanto por ciento de la tensión nominal de alimentación(15 kV) se producirá en el tramo que une la Estación Transformadora de Distribución(ETD) y el

Centro de Reflexión(CR) con un valor del 0,26 % para ambos anillos, y los nudos con menor tensión en cada uno de los mismos serán:

*Anillo 1* --> CT-4 (nudo 6 del anillo uno), con una tensión de 14.947 V, correspondiéndole un caída de tensión desde la ETD del 0,36 % respecto a la tensión nominal de alimentación.

*Anillo 2* --> CT-14(nudo 7 del anillo dos), con una tensión de 14.948 V, correspondiéndole una caída de tensión desde la ETD del 0,35 % respecto a la tensión nominal de alimentación.

- Anillo 3:

La potencia total que circulará por el anillo tres será de 7,46 MVA (con FP 0,85) ó 6,34 MW. El anillo se encontrará abierto entre los centros de transformación CT-21 y CT-20, siendo la línea comprendida entre la Estación Transformadora de Distribución (ETD) y el centro CT-24 por la cual circulará la intensidad máxima, con un valor de la misma de 154,2 A, y se producirá la mayor caída de tensión siendo su valor de 24 V. El nudo con menor tensión será el CT-20 (nudo 6 del anillo 3) con una tensión de 14.967 V, correspondiéndole una caída de tensión desde la ETD del 0,22 % respecto a la tensión nominal de alimentación.

#### **8.4.2 Escenario 2**

- Anillos 1 y 2:

En este escenario el "cable cero" estará fuera de servicio. Esta será una situación característica de la Red de Media Tensión, puesto que perdemos la flexibilidad que teníamos de alimentar los centros de transformación tanto por la ETD como por el CR, pudiendo hacerlo ahora únicamente por la ETD. Es por ello por lo que se ha decidido estudiar este escenario.

Las cargas consideradas en los centros de transformación serán las potencias nominales de los transformadores, para las cuales se obtienen los siguientes resultados:

*Anillo 1*--> Demandará una potencia de 8,29 MVA (con FP 0,85) ó 7,05 MW. La intensidad máxima circulará por la línea que une la ETD y el centro CT-18, con un valor de 274,8 A, y es donde se producirá la mayor caída de tensión siendo ésta 13 V. El nudo con menor tensión será el CT-2 con una tensión de 14.949 V, correspondiéndole una caída de tensión desde la ETD de 0,34 % de la potencia nominal de alimentación.

Anillo 2--> Demandará una potencia de 8,12 MVA (con FP 0,85) ó 6,90 MW. La intensidad máxima circulará por la línea que une la ETD y el centro CT-17, con un valor de 274,4 A, y la mayor caída tensión se producirá en la línea que une los centros CT-17 y CT-9, siendo ésta 11 V. El nudo con menor tensión será el CT-7 con una tensión de 14.956 V, correspondiéndole una caída de tensión desde la ETD de 0,29 % de la potencia nominal de alimentación.

- Anillo 3:

En este escenario el anillo tres se encontrará abierto entre la ETD y el centro CT-24. El estudio de este escenario nos ratificará que el caso más desfavorable será el contemplado en el escenario número tres, porque si bien en ambos escenarios la intensidad máxima que circulará por el anillo será la misma, la máxima caída de tensión se dará en el "escenario 3", lo cual era de esperar porque los centros con mayores cargas se encontrarán en los tramos más alejados de la ETD para dicho escenario de funcionamiento.

Al igual que para los anillos 1 y 2 las cargas consideradas en los centros de transformación serán las potencias nominales de los transformadores. En estas condiciones el anillo 3 demandará una potencia de 8,01 MVA (con FP 0,85) ó 6,81 MW. La intensidad máxima circulará por el tramo que une la ETD con el CT-26, y su valor será de 308,3 A, y en este mismo tramo se producirá la mayor caída de tensión con un valor de 33 V. El centro CT-24 será el nudo con menor tensión, siendo ésta 14.939 V, resultando una caída de tensión del 0,41 % de la tensión nominal de alimentación.

#### **8.4.3 Escenario 3("MAS DESFAVORABLE")**

El criterio seguido para escoger este escenario(el más desfavorable) ha sido la circulación de la mayor "intensidad máxima" admisible, y que se produzca la mayor caída de tensión entre la Estación Transformadora de Distribución y el nudo con menor tensión del circuito.

Se ha estudiado este escenario para dos estados de cargas de la Red de Media Tensión: el primero contemplará las "potencias nominales" de los transformadores, mientras que el

segundo las "potencias a suministrar" en los centros de consumo, denominándose ha ambos estados "POTENCIA NOMINAL" y "POTENCIA DEMANDADA" respectivamente.

*a).-POTENCIA NOMINAL*

- Anillos 1 y 2--> El anillo 1 se encontrará abierto entre los centros CT-1 y CT-3, y el anillo 2 entre los centros CT-17 y CT-9. El tramo común para ambos anillos comprendido entre la ETD y el CR será por donde circule la intensidad máxima y donde se produzca la mayor caída de tensión, con un valor de 327,9 A y 53 V respectivamente. El nudo con menor tensión en el anillo uno será el CT-1, con 14.946 V, y el CT-9 en el anillo dos, con 14.889 V, suponiendo una caída de tensión máxima del 0,36 %, para el primer anillo, y del 0,74 %, para el segundo anillo, de la tensión nominal de alimentación.

- Anillo 3--> El anillo 3 estará abierto entre la ETD y el centro CT-26. La intensidad máxima que circulará en este escenario será la misma que en el escenario dos, con un valor de 308,3 A, produciéndose ahora la mayor caída de tensión entre la ETD y el CT-24, de valor 47 V, y siendo en este caso el centro CT-26 el nudo con menor tensión, resultando ésta 14.953 V, lo cual supone una caída de tensión del 0,55 % de la tensión nominal de alimentación.

*b).- POTENCIA DEMANDADA*

- Anillos 1 y 2--> En este nuevo estado de cargas el anillo 1 se encontrará abierto entre los centros CT-5 y CT-11, y el anillo 2 entre los centros CT-8 y CT-16. El tramo común para ambos anillos comprendido entre la ETD y el CR será de nuevo por donde circule la intensidad máxima y donde se produzca la mayor caída de tensión, como era de esperar, con un valor de 327,7 A y 53 V respectivamente. El nudo con menor tensión en el anillo uno será en esta ocasión el CT-5, con 14.927 V, y el CT-8 en el anillo dos, con 14.917 V, suponiendo una caída de tensión máxima del 0,48 %, para el primer anillo, y del 0,56 %, para el segundo anillo, de la tensión nominal de alimentación.

- Anillo 3--> El anillo 3 se encontrará abierto por el mismo tramo que en el estado de cargas "POTENCIA NOMINAL", es decir, entre la ETD y el centro CT-26. La intensidad máxima que circule en este nuevo estado será diferente a la del anterior, siendo ahora 287,3 A, y produciéndose ahora la mayor caída de tensión entre la ETD y el CT-24, de valor 44 V, y siendo en este caso el centro CT-26 el nudo con menor tensión, resultando ésta 14.922 V, lo cual supone una caída de tensión del 0,52 % de la tensión nominal de alimentación.

#### **8.4.4 Conclusión**

Del estudio realizado en cuanto a la explotación de la Red de Media Tensión se refiere, podemos concluir que para el estado de cargas que se ha previsto, y en el supuesto de que no exista ninguna incidencia en la misma, tendremos un amplio margen de seguridad para la intensidad máxima de circulación en cualquiera de los tres circuitos, así como una mínima caída de tensión. Todo ello como consecuencia de una equilibrada distribución de cargas.

Para el caso singular de una incidencia en el "cable cero", observamos que se podrían alimentar de manera correcta todos los centros de transformación de los anillos uno y dos.

En el estudio del escenario denominado como "más desfavorable" queda reflejada la configuración de cada uno de los anillos para la circulación de la mayor intensidad posible por cada uno de ellos sin sobrepasar la máxima admisible.