

Proyecto de Electrificación de una Gran Industria

Raúl Rothwell Sánchez

Proyecto Final de Carrera de Ingeniería Técnica Industrial Especialidad Electricidad.

Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú (EPSEVG)

Resumen

En el presente documento se expone la elaboración de un posible caso real de proyecto para la electrificación de una Gran Industria, llamada ESAN, la cual consta de cinco Naves Industriales donde se fabricará y procesará el producto. En su proyección se ha tenido especial cuidado en no afectar a los alrededores, ya que cerca de esta, hay una zona residencial. También se ha tenido en cuenta la correcta y eficiente iluminación exterior para evitar, lo máximo posible, la contaminación lumínica. Las partes en que se divide el proyecto son: Red de distribución subterránea en Media Tensión, Centro de Transformación, Red de distribución subterránea en Baja Tensión e instalación del Alumbrado exterior de las naves (vial).

1. Introducción

La Gran Industria resultado de este proyecto tiene una extensión total de 27.000 m², la cual consta, de cinco naves industriales y diversas calles (**figura 1**).

El terreno donde se va a ubicar la Empresa ESAN se haya en zona industrial, en un valle a las afueras de la población de Vacarisses.

Con la Gran Nave Industrial ESAN en el Polígono Industrial Can Torrella, se hará una gran inversión económica, pero al mismo tiempo una inversión que hará que Vacarisses aumente sus prestaciones económicas y de esta forma desarrollar el pueblo industrialmente. También hay otras zonas del polígono industrial que están siendo industrializadas.

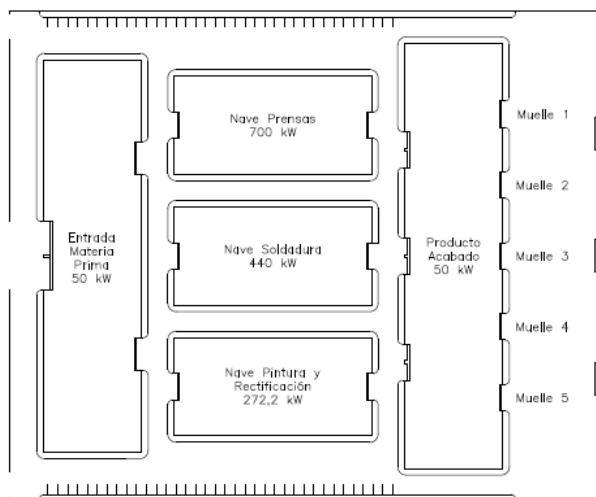


Fig. 1. Distribución Potencias Gran Nave Industrial

2. Red de distribución subterránea en Media Tensión

En la actualidad, según los planos adquiridos por el arquitecto municipal y tal como puede observarse en los planos adjuntos del presente proyecto, se halla una línea aérea que pasa cerca de la nave.

Se trata de una línea aérea de 18/36 kV de tensión, la cual transporta la energía eléctrica hacia el polígono industrial de Can Torrella. En su paso, alimentará nuestra nave.

En el presente proyecto, la línea subterránea instalada, será la encargada de alimentar los distintos Centros de Transformación.

La Industria se hallará conectada de tal manera, que forme un anillo cerrado.

La ventaja de estar conectada en anillo, es que, ante posibles faltas a tierra en cualquier punto de la línea en MT, la distribución de energía hacia los distintos CT's, no se vería afectada, ya que podría tomar otros caminos.

Se intentará que la línea de MT realice su recorrido por debajo de las aceras, utilizando las calzadas sólo para cruzamientos. También los conductores transcurrirán por terrenos de tierra. Podemos observar a continuación los cuatro tipos de zanjas:

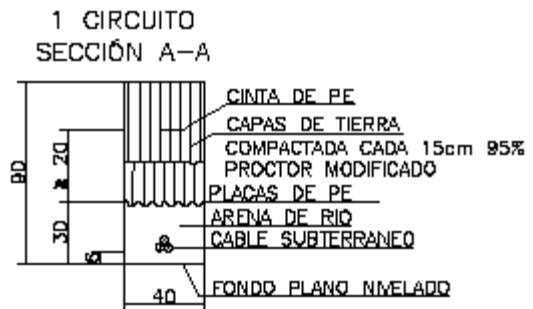


Fig. 2. Un circuito de Media Tensión en Acera

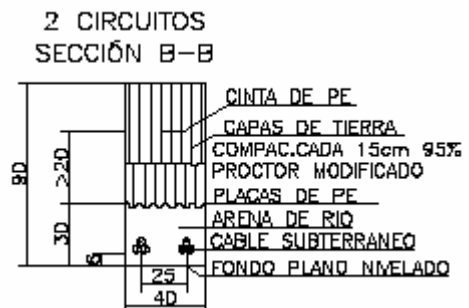


Fig. 3. Dos circuitos de Media Tensión en Acera.

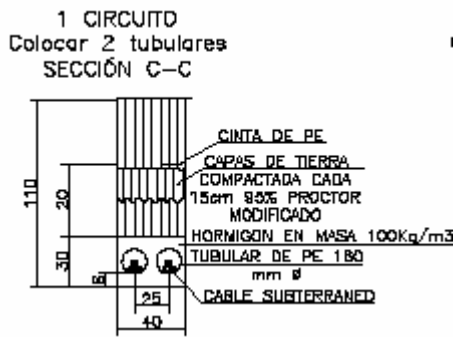


Fig. 4. Un circuito de Media Tensión en Cruce.

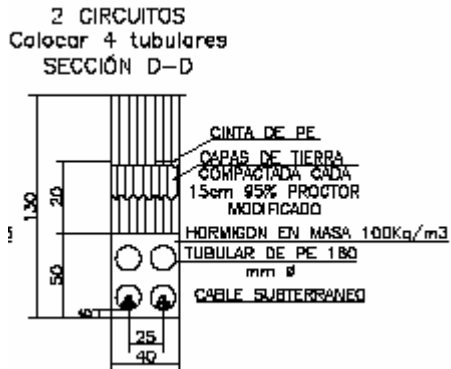


Fig. 5. Dos circuitos de Media Tensión en Cruce.

Los conductores subterráneos utilizados para transportar la energía eléctrica, por el interior de nuestra nave, hasta cada uno de los centros de transformación, son unipolares de aluminio 18/30 kV con una sección de $3 \times 1 \times 240 \text{ mm}^2$. La sección escogida está sobredimensionada, para poder adaptar la nave a futuras ampliaciones de potencia.

Tal y como se observa en la **figura 4 y 5**, al cruzar por debajo de la calzada, los conductores irán enterrados bajo tubo, los cuales serán corrugados de 160 mm de diámetro, y se dejará uno o dos tubos instalados, para posibles ampliaciones. Serán semejantes a los de la **figura 6**.



Fig. 6. Tubo corrugado de alta densidad

2. Centros de transformación

Una vez tengamos alimentados todos los centros de transformación, estos serán los encargados de transformar los 25 kV de la línea de MT (subterránea) a 400 V BT.

Según los cálculos realizados para toda la electrificación de la nave, los cuales se hallan en las memorias adjuntas al proyecto, y respetando un margen de seguridad, se prevé un transformador de 400 kVA y tres de 630 kVA.

Los centros de transformación instalados serán tipo PFU-4 y PFU-5 de Ormazabal. La ventaja de estos centros, es que son prefabricados y ya vienen preparados con la instalación

interior para montar los transformadores, las celdas y otros aparatos.

El PFU-5, del que solo disponemos uno, es un CT doble, en su interior albergará un transformador de 400 kVA y otro de 630 kVA, será el encargado de alimentar la Nave de Prensa y parte de la iluminación exterior.

El PFU-4 (figura 6), es un CT sencillo, en su interior tendremos un transformador de 630 kVA. De este tipo tendremos dos, que serán los encargados de alimentar el resto de la nave.



Fig. 7. Centro de transformación PFU-4

La potencia total instalada en la nave será de 2290 kVA.

Los transformadores adoptados son de la marca Cotradis, con un nivel de aislamiento de 36 kV y refrigeración natural por aceite, como el que aparece en la **figura 8**.



Fig. 8. Transformador 630 kVA

La red subterránea de media tensión hará su entrada y su posterior salida de cada celda de línea (CGM-CML).

Las celdas CGM-CML-F son las encargadas de proteger los transformadores ante posibles picos en la línea de MT. Estas celdas y las de línea se encuentran instaladas en el interior de los PFU.

En total dispondremos de seis celdas de línea y cuatro de protección, una por transformador.

En la **figura 9** tenemos un conjunto de 2L+1P (2 CGM-CML + 1 CGM-CML-F), este conjunto CGM lo encontraremos instalado en los PFU-4.



Fig. 9. Celda CGM

Tanto las celdas de línea, como las de protección, son de la marca Ormazabal.

Estos dos tipos de celdas forman un sistema de equipos modulares de reducidas dimensiones para MT, con aislamiento y corte en gas, cuyos embarrados se conectan utilizando unos elementos de unión patentados por Ormazabal, llamados Ormalink, consiguiendo una conexión totalmente apantallada e insensible a las condiciones externas.



Fig. 10. Uniones Ormalink

En las celdas CMP-F, el calibre de los fusibles son de 40 A, los cuales se montan sobre unos carros que se introducen en unos tubos portafusibles de resina aislante, que son perfectamente estancos respecto del gas y del exterior.

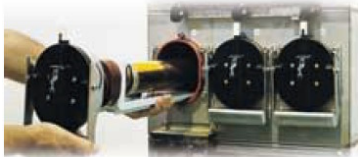


Fig. 11. Carros portafusibles CMP-F 36 kV

La conexión, entre las celdas de Media Tensión y los transformadores, se realiza desde la parte frontal mediante cables de MT con un voltaje de 18/36 kV del tipo RHZ1, unipolares, con conductores de sección y material 3x1x150 Al.

El electrodo de puesta a tierra del PFU-4, estará formado por 4 picas de 2 m de longitud y un diámetro de 14 mm, enterradas a 0,5 m, y dispuestas en los vértices de un cuadrado cuyas dimensiones serán 6 x 4 m. La sección del conductor de cobre desnudo será de 50 mm².

El electrodo de puesta a tierra del PFU-5, estará formado por 8 picas de 2 m de longitud y un diámetro de 14 mm, enterradas a 0,5 m, y dispuestas en los vértices de un cuadrado cuyas dimensiones serán 8 x 3 m. La sección del

conductor de cobre desnudo será de 50 mm².

3. Red de distribución subterránea en baja tensión

Este término hace referencia a todo el suministro eléctrico en baja tensión, comprendido desde los distintos centros de transformación hasta cada una de las cajas de distribución principal (C.D.P.). También se ha realizado la distribución interna de cada nave en BT, a pesar de no ser objeto de este proyecto. Las cajas están perfectamente delimitadas en los planos adjuntos del actual proyecto.

Para alimentar las correspondientes naves industriales, se han trazado cuatro líneas diferentes de baja tensión, una en cada salida de los distintos transformadores. El recorrido de cada una de las líneas puede observarse en los planos del proyecto.

Para transportar la energía eléctrica subterráneamente, se han tenido principalmente en cuenta, en el momento de hacer el recorrido, las siguientes condiciones:

- El suministro eléctrico lo más repartido posible.
- Su recorrido el más corto posible.
- Paralelo a las fachadas y bordillos.

Se intentará que su recorrido transcurra mayoritariamente por debajo de las aceras, utilizando las calzadas sólo para cruzamientos. Podemos observar a continuación los cinco tipos de zanjas:

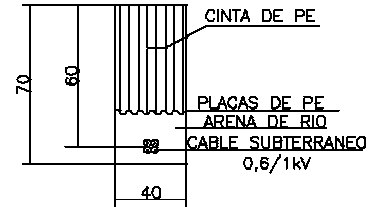


Fig. 12. Un circuito de baja tensión en acera

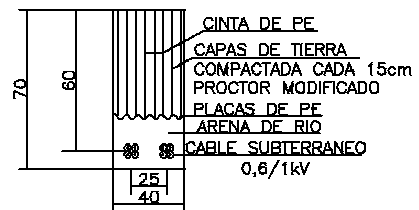


Fig. 13. Dos circuitos de baja tensión en acera

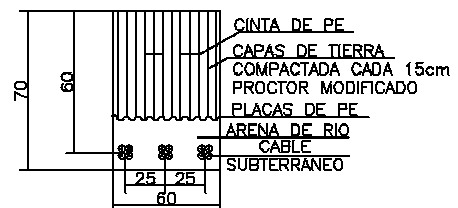


Fig. 14. Tres circuitos de baja tensión en acera

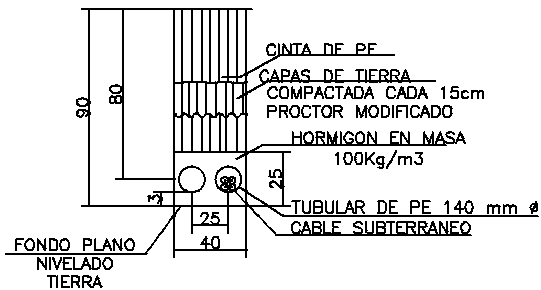


Fig. 15. Un circuito de baja tensión en cruce

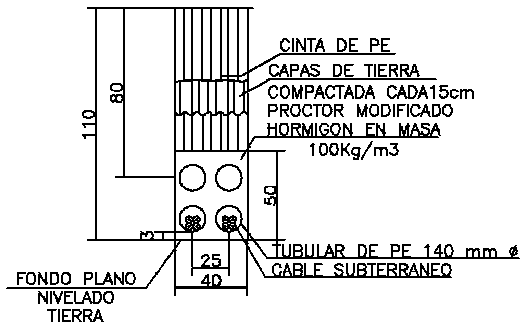


Fig. 16. Dos circuitos de baja tensión en cruce

Los conductores a utilizar en las redes subterráneas de baja tensión serán tetrapolares, circulares compactos, del tipo RV, tensión 0,6/1 kV, aislamiento de polietileno reticulado XLPE + POL y cubierta de PVC y cumplirán la norma UNE-2160.

En las redes aéreas de baja tensión (iluminación interior naves), los cables serán bipolares, circulares compactos, de tipo RV, tensión 0,6/1 kV, aislamiento de polietileno reticulado XLPE + POL y cubierta de PVC y cumplirán la norma UNE-2160.

La sección utilizada en la nave, para la red de distribución, desde los transformadores hasta las C.D.P., es de 3x240/120+TTx120 mm² de cobre. Esta sección está sobredimensionada, para no tener que cambiar el cable en futuras ampliaciones.

Las secciones del resto de conductores utilizados en el interior de las naves, se hallan en las memorias del proyecto, serán de la marca General Cable y Pirelli.

Tal y como se observa en la **figura 15**, al cruzar por debajo de la calzada, los conductores irán enterrados bajo tubo, el cual será corrugado de 160 mm de diámetro. Serán semejantes a los de la **figura 6**.

Las cajas de distribución utilizadas, son del tipo Pragma 13 y Pragma 18, de Merlin Gerin

Las C.D.P. utilizadas tienen la siguiente forma:



Fig. 17. Caja de distribución primaria

Las cajas de distribución secundarias (C.D.S.) serán de la siguiente forma:



Fig. 18. Caja de distribución secundaria

De las C.D.S. y C.D.P. saldrá una línea por motor, tal y como se puede observar en los planos adjuntos al proyecto.

Las protecciones de las cuatro líneas principales se realizarán mediante Interruptores magnetotérmicos/diferenciales selectivos, es decir, se puede ajustar el tiempo de reacción y la sensibilidad del interruptor, teniendo así una protección mayor. Estos interruptores estarán en las C.D.P. En total tendremos cuatro RH99 (diferenciales) **figura 19**, tres NS1000 y un NS630 (magnetotérmicos) **figura 20**.

Las protecciones del resto de líneas de alimentación, se harán mediante conjuntos de Interruptores magnetotérmicos /diferenciales. La ventaja de estos, es que, en una misma paramenta está todo, es decir, realiza la función magnetotérmica y la diferencial. Estos aparatos estarán en sus respectivas cajas de distribución.

Todas las protecciones utilizadas, serán tetrapolares, a excepción de la iluminación interior de las naves, que serán bipolares, todas pertenecerán al fabricante Merlin Gerin.

Toda esta información la podemos encontrar en los planos y memorias adjuntos en el proyecto.



Fig.19. Diferencial RH99M



Fig.20. Magnetotérmico NS1000

Para la puesta a tierra de los armarios correspondientes, según memoria del proyecto, se utilizará cable desnudo de cobre de 35 mm² de sección, como el de la figura 21.



Fig. 21. Cable desnudo de cobre

Los electrodos serán picas con diámetro de 14 mm y una longitud de 2 m cada uno de ellas, con un total a instalar de cuatro picas.

4. Instalación de la Iluminación Exterior

El apartado en donde se ha tenido mayor esmero en el tema de la contaminación y medio ambiente, ha sido el de la Iluminación Exterior.

Cabe destacar, que para realizar la instalación del alumbrado exterior, se ha hecho un estudio luminotécnico, en donde se han tenido en cuenta como principales consideraciones:

- La contaminación lumínica.
- El cumplimiento de la normativa vigente, utilizando lámparas con el mínimo de potencia posible y a su vez, con la máxima eficiencia.
- La contaminación del paisaje.
- La calidad de las luminarias.

Cuando nos referimos a la contaminación lumínica, es indispensable que las lámparas no emitan luz directamente hacia el cielo. Por lo tanto las luminarias deben tener una tapa en su parte superior.

Las razones para haber realizado la instalación de alumbrado artificial de la nave industrial ESAN, son por seguridad vial, seguridad ciudadana y finalmente, estética.

A continuación se muestran una serie de valores de niveles de iluminación que dependiente de las características de la vía se aconsejarán unos niveles de iluminación u otros:

Iluminación exterior		
Espacio a iluminar	Niveles de iluminación en lux	
	Buena	Muy Buena
Iluminación publica		
Carretera con tráfico denso	15	30
Carretera con tráfico medio	10	20
Calle de barrio industrial	10	20
Calle comercial con tráfico rodado	10	20
Calle comercial sin tráfico rodado	7,5	15
Calle residencial con tráfico rodado	7,5	15
Calle residencial sin tráfico rodado importante	5	10
Grandes Plazas	20	25
Plazas en general	8	12
Paseos	12	16

Tabla 1. Niveles lux en distintas zonas

Para la zona que nos ocupa se trata de una zona industrial, por lo cual el valor deseado será de entre unos 10 y 20 lux. La iluminación viaria se localiza en aquellos lugares abiertos al tráfico, siendo su finalidad la de favorecer la circulación nocturna y evitar los peligros que puede producir la oscuridad.

Este tipo de iluminación se consigue con la colocación de las luminarias encima de postes o mastines especiales para la colocación de este. Hay cuatro formas de colocación de las luminarias:

Unilateral:

La disposición de estas luminarias consiste en la colocación de todas ellas a un mismo lado de la calzada. Esta disposición se utiliza en los casos en que la anchura de la vía es igual o inferior a la anchura de montaje de la luminaria.

A portillo:

Consiste en la colocación de luminarias a ambos lados de la calzada, al portillo o en zig-zag. Se utiliza principalmente en aquellos casos en los que el ancho de la vía es igual o superior a la altura de montaje, 1,5 veces.

En oposición

Esta disposición sitúa las luminarias una enfrente de la otra, y suele utilizarse cuando la anchura de la vía es superior de 1,5 veces la altura de montaje.

Central con doble luminaria

Este caso se utiliza en autopistas y en vías de dos calzadas. En realidad se trata de una colocación unilateral para cada una de las dobles calzadas. En ocasiones, también se pueden colocar en frente de ellas otras luminarias dando lugar a dobles disposiciones dobles en oposición o a portillo. Esta disposición nos da lugar a un grado de iluminación muy elevado.

La disposición que nosotros utilizaremos en nuestro proyecto, es una disposición a portillo en zig-zag, exceptuando las calles E y H, que serán unilateral.

Los niveles de iluminación que habrá en la industria para cada una de sus calles, puede observarse en los cálculos luminotécnicos.

En cuanto a la contaminación del paisaje, se ha tenido esmero en la elección de dichas luminarias, para que su implementación sea adecuada en la industria.

Las luminarias adoptadas en dicha industria son lámparas de vapor de sodio de alta presión, estas tienen una vida más larga (aproximadamente 12.000 horas) y evitan un mantenimiento frecuente, además, del alto rango de potencia que tienen de entre 50W a 1000W. Las lámparas son de la marca Philips modelo SGS-203-FG-P4, de una potencia de 166 W y de 230 V de tensión.



Fig. 22. Luminaria Philips SGS-203-FG-P4

Con este tipo de luminaria se ha obtenido una notable reducción de la potencia a utilizar, ya que a nosotros nos interesa que ilumine hacia delante y no hacia los lados la iluminación que ofrece se extiende mucho en el eje horizontal, tal y como puede observarse en la figura 23.

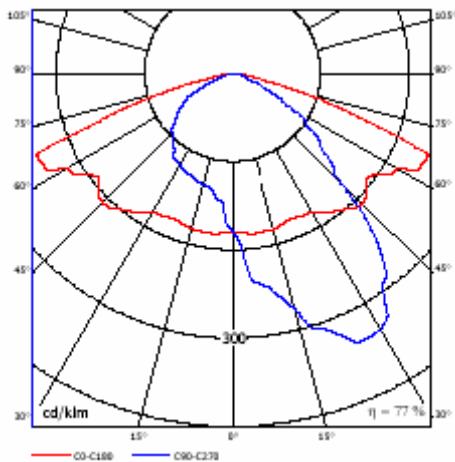


Fig. 23. Curva luminotécnica

Las luminarias descritas, irán sujetas sobre columnas-soporte de forma tronco-cónica provistas de puertas de registro para la manipulación de los elementos.

Las columnas adoptadas tienen una altura de 4 metros y las luminarias estarán situadas a una altura de 3,75m.

Para alimentar las correspondientes luminarias, se han trazado ocho líneas diferentes de baja tensión. Estas líneas salen de dos armarios generales de iluminación, el

recorrido de cada una de ellas puede observarse en los planos del proyecto.

Para transportar la energía eléctrica subterráneamente, se han tenido principalmente en cuenta, en el momento de hacer el recorrido, las siguientes condiciones:

- El suministro eléctrico lo más repartido posible.
- Su recorrido el más corto posible.
- Paralelo a las fachadas y bordillos.

Se intentará que su recorrido transcurra mayoritariamente por debajo de las aceras, utilizando las calzadas sólo para cruzamientos.

Podemos observar a continuación los tres tipos de zanjas:

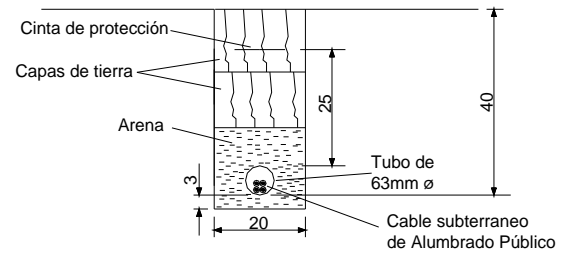


Fig. 24. Un circuito de alumbrado público en tierra

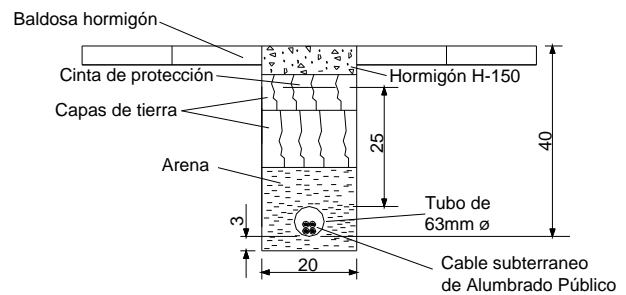


Fig. 25. Un circuito de alumbrado público en acera

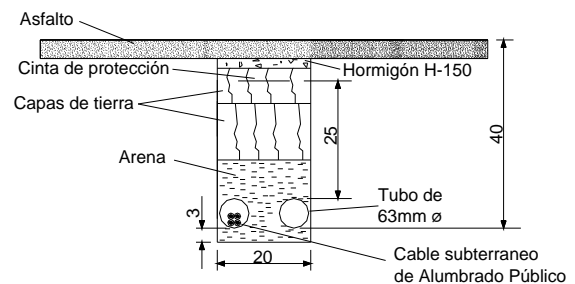


Fig. 26. Un circuito de alumbrado público en calzada

Los conductores a utilizar en las redes subterráneas de alumbrado exterior serán unipolares circulares, de cobre (Cu), tensión 0,6/1 kV, aislamiento de polietileno reticulado XLPE. La sección de las redes subterráneas será de 6 mm².

La instalación de los conductores de alimentación a las lámparas serán de Cu, bipolares, tensión 0,6/1 kV, de 2x2,5 mm² de sección.



Fig. 27. Cable multiconductor circular

La red de distribución subterránea de baja tensión para la alimentación del alumbrado exterior tendrá su comienzo en cada uno de los dos cuadros de alumbrado exterior, situados en las calles A y D, como puede apreciarse en el correspondiente plano del proyecto.

Dentro del armario se instalarán todos los equipos de protección y medida descritos en la correspondiente memoria.

La puesta a tierra de los soportes se realizará por conexión a una red de tierra común para todas las líneas que partan de los mismos cuadros de protección. En las redes de tierra, se instalarán como mínimo un electrodo de puesta a tierra cada cinco soportes de luminarias, y siempre en el primero y en el último soporte de cada línea.

Los conductores de la red de tierra que unen los electrodos, serán desnudos, de cobre, de 35 mm^2 de sección, los cuales irán por fuera de las canalizaciones de los cables de alimentación. El cable utilizado, será del tipo del que aparece en la **figura 21**.

El conductor de protección que une cada soporte con el electrodo o con la red de puesta a tierra, será de cable unipolar aislado, de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo, y de sección 16 mm^2 de cobre, tal y como se observa en la **figura 28**.

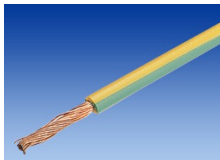


Fig. 28. Cable unipolar aislado

Todos los conductores de la red de distribución del alumbrado público, así como el conductor de protección que une los soportes de las luminarias con el electrodo o con la red de puesta a tierra, irán bajo tubo corrugado de 63 mm de diámetro como el de la **figura 6**.

6. Conclusiones

Cabe resaltar, que la situación de este proyecto es un posible caso real, en donde se han tomado con mucho esmero todas las decisiones a la hora de proyectar todo el material, así como todos los cálculos realizados.

De los tres métodos utilizados para calcular las secciones de las líneas de BT, se ha escogido el de cortocircuito, ya que la influencia que ejerce el transformador sobre las líneas, cuando estas están a una distancia no muy grande es muy elevada.

7. Agradecimientos

En primer lugar, agradecer a mi familia su apoyo y ayuda moral, a la hora de realizar este proyecto.

Finalmente agradecer a mi tutor del proyecto final de carrera, el señor Ramon Caumons Sangrà, por su confianza y ayuda a la hora de realizar dicho proyecto.

8. Referencias

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002).
- Real decreto 1955/2000 del 1 de diciembre, por el cual se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro, y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- DECRETO del Ministerio de Industria 3151/2008 de Marzo, publicado en el "Boletín Oficial del Estado" del 19 de marzo, por lo que se aprueba el Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.
- REAL DECRETO 3275/1982, del 12 de Noviembre, sobre "Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación".
- Tablas de iluminación de la Gerencia de Urbanización del Ministerio de la Vivienda, basándose en las Recomendaciones Internacionales.
- www.ormazabal.com
- www.schneiderelectric.es
- www.merlengerin.es
- www.himel.es
- www.philips.es
- www.generalcable.es