



**ESPECIALIDAD:  
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL  
EN ELÉCTRICIDAD.**

**DEPARTAMENTO:  
Física, Ingeniería  
y Radiología Médica  
(Área de Ingeniería Eléctrica)**

**RESUMEN DE:  
TRABAJO FIN DE CARRERA DE  
INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA  
TUNEL DE AUTOVÍA EX-A1**

**ALUMNO:  
José Ignacio Alcoba Iglesias**

**TUTORES:  
D. Norberto Redondo Melchor  
D. Roberto Redondo Melchor**



Título T.F.C.:	<b>Proyecto de Instalación Eléctrica Túnel EX-A1</b>
ITI:	<b>ELECTRICIDAD</b>
Autor/a:	<b>D. José Ignacio Alcoba Iglesias</b>
Tutor/a:	<b>D. Norberto Redondo Melchor; D. Roberto C. Redondo Melchor</b>
Fecha de lectura:	<b>Abril 2015</b>

## 1. Resumen:

### Objeto.

El objeto del presente Proyecto titulado **“Instalación eléctrica de un túnel de autopista”**, es la construcción y puesta en funcionamiento de las instalaciones proyectadas. Con este Proyecto se pretende la simulación de un problema de la vida profesional, llevando a cabo el dimensionamiento y valoración adecuada las unas instalaciones eléctricas de distribución de la energía eléctrica en media y baja tensión de los suministros eléctricos a cada uno de los elementos destinados a la construcción de un túnel en una autopista que consta de dos tubos, uno para cada sentido de la circulación, así como, dotación de iluminación de las proximidades de acceso a los túneles mediante su pertinente alumbrado exterior.

### Emplazamiento.

El túnel se encuentra en el **Paraje “EL SIERRO” en la autovía EX-A1, del termino Municipal de CORIA-CACERES**, según plano de situación adjunto.

Las líneas subterráneas de Media Tensión partirán desde las derivaciones efectuadas por la compañía **IBERDROLA**, de las Líneas Subterráneas de M.T. CORIA QUE ALIMENTAN EL COMPLEJO INDUSTRIAL CETARSA Y UNA URBANIZACIÓN DE CHALETS PRÓXIMA, propiedad de IBERDROLA, S.A. Dichos puntos de conexión se sitúan a la entrada y salida del túnel conectando con los Centros de Seccionamiento, desde lo cuales, se alimentará el Centro de Transformación Prefabricado de 1000 kVA y desde éste a todas las instalaciones necesarias del Túnel EX-A1.

## 2. Planteamiento del problema y justificación:

### Justificación de la potencia a instalar

En los capítulos siguientes se exponen los criterios seguidos en cuanto a las previsiones de cargas y coeficientes de simultaneidad en las REDES de baja tensión (Túnel), en lo que se refiere a la CARGA DEL TRANSFORMADOR, de acuerdo con la Instrucción ITC-BT-10 del R.E. de B.T. y que se han calculado mediante la suma aritmética de todas las cargas debido al ciclo de funcionamiento, ya que por causas del programa de instalación del conjunto y de los diferentes alumbrados calculados es posible y probable el funcionamiento de todos los receptores simultáneamente. Debido a este fenómeno el coeficiente de simultaneidad aplicado en esta instalación es la unidad exceptuando en el sistema de ventilación.

<b>TÚNEL AUTOVIA EX-A1</b>	
Potencia Cuadro Servicios Comunes	129,967 kW
Potencia Cuadro Tubo de 3 Carriles	257,417 kW
Potencia Cuadro Tubo de 2 Carriles	192,313 kW
<b>Potencia total túnel</b>	<b>579,697 kW</b>



Se instalará en las instalaciones un transformador de **1000 kVA**

### **Empresa suministradora.**

**IBERDROLA DISTRIBUCION ELECTRICA, S.A.U** dispone en las inmediaciones de dos Líneas Subterráneas de Media Tensión con tensión de servicio de **20 kV.**, obteniéndose a la salida del transformador una tensión de 400 V entre fases y 230 V entre fase y neutro, que será como se realice la distribución en Baja Tensión.

### **3. Marco teórico y estado del arte:**

#### **Descripción de las instalaciones.**

Se trata de dos perforaciones con acabado en hormigón, delimitando un ancho de calzada de 10 metros con arcén incluido en ambos lados de 1,50 metros de ancho para el túnel de 2 carriles y 13,5 metros con arcén incluido en ambos lados de 1,50 metros de ancho para el túnel de 3 carriles. La longitud del túnel será de 600 metros para ambas perforaciones y también tendrá aceras de 1 metro de anchura a cada lado para la evacuación y circulación de las personas si fuera necesario.

El túnel se ilumina únicamente mediante luces de LED y fluorescencia para las emergencias, ya que presentan un buen rendimiento, facilitan la percepción de la señalización y tienen un índice de depreciación y mortalidad muy bajo. Sólo se utilizarán combinaciones de lámparas de 268, 212, 179, 129, 98 W respectivamente según las necesidades de iluminación y tramo.

Para la iluminación interior se consideran 8 tramos diferentes y tres niveles diferentes de intensidad luminosa que permitan al usuario una adaptación progresiva a las condiciones e iluminación interior.

El montaje de las luminarias se efectuará a una altura de 6 metros mientras que los equipos de emergencia se montarán a 50 cm por encima del nivel de la calzada. También en el interior del túnel se ha considerado un alumbrado de emergencia constituido por equipos autónomos, que en caso de un fallo general se mantendrá encendido, éste alumbrado consta del alumbrado permanente y el alumbrado de emergencia.

#### **Línea subterránea de media tensión.**

Las líneas subterráneas de MT previstas partirán desde el enganche realizado en las líneas propiedad de IBERDROLA hasta los centros de seccionamiento y desde los C.S. hasta el Centro de Transformación proyectado.

El conductor a emplear en el tendido de la línea según NI-56.43.01 presentará las siguientes características:

Denominación UNE.....	RHZ1 12/20 H16
Tensión Nominal.....	12/20 kV
Naturaleza.....	Aluminio
Aislante.....	Polietileno reticulado (XLPE)
Pantalla.....	Hilo de cobre
Sección Empleada.....	150 mm <sup>2</sup>

#### **Centros de Seccionamiento**

Los centros de seccionamiento objeto del presente proyecto será de tipo interior, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envoltente metálica según norma UNE-EN 60298.

Las acometidas a los mismos serán subterráneas, alimentando a los centros mediante dos redes de Media Tensión (una por cada lado del túnel), y el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 20 kV y una frecuencia de 50 Hz.



Los edificios de los centros de seccionamiento que se han adoptado son prefabricados, por estimar que son los que mejor se adaptan al tipo de distribución proyectada y al lugar de la instalación.

De entre los diferentes tipos que se fabrican hemos elegido los **Schneider o similar**, por tenerlos normalizados Iberdrola, S.A.U., siendo, además, los que más utilizan en su zona de distribución, no obstante, puede utilizarse cualquiera otra con características técnicas similares, que estén homologados por la compañía eléctrica, ya que la instalación es del abonado.

En su interior habrá 3 celdas:

- Una de línea: Celda Merlin Gerin o similar de interruptor-seccionador gama SM6, modelo IM, de dimensiones: 375 mm de anchura, 940 mm de profundidad, 1.600 mm de altura.
- Otra de medida: Celda Merlin Gerin o similar de medida de tensión e intensidad con entrada inferior y salida superior laterales por barras gama SM6, modelo GBCA, de dimensiones: 750 mm de anchura, 1.038 mm de profundidad, 1.600 mm de altura.
- Otra de seccionamiento: Celda Merlin Gerin o similar de interruptor-seccionador gama SM6, modelo IM, de dimensiones: 375 mm. de anchura, 940 mm de profundidad, 1.600 mm de altura.

Las dimensiones exteriores, del local en planta baja para alojar el C.T., serán las siguientes:

Altura Total	<b>2,75 m.</b>
Longitud Total	<b>3,22 m.</b>
Anchura total	<b>2,50 m.</b>

### **Centro de transformación**

El C.T. elegido es **Schneider o similar**, por tenerlos normalizados Iberdrola, S.A.U., siendo, además, los que más utiliza en su zona de distribución, no obstante, puede utilizarse cualquier otro con características técnicas similares, que estén homologados por la compañía eléctrica, ya que la instalación es del abonado y deben cumplir la peculiaridad de tener una celda de conmutación y no todos los modelos de centros de transformación prefabricados la admiten.

Para **UN transformador de 1000KVA**, el modelo elegido es **Schneider Concerto**

La envolvente (base, paredes y techos) de hormigón armado se fabrica de tal manera que se carga sobre un camión como un solo bloque en la fábrica.

Las celdas que se van a colocar serán:

- 1 Celda de conmutación automática: Celda de Transferencia Automática de Red prioritaria (N) y reserva de una red Pública(S) con seccionador de operación bajo carga (Detección de ausencia de tensión).
- 1 Celda de protección: **FUNCION PROTECCION DEL TRANSFORMADOR**, con interruptor/fusibles (P y Q) de **400 A.(petición compañía), 16 KA/1s y 24 KV..** y Fusible de **63 A. (D)**

Las dimensiones exteriores, del local en planta baja para alojar el C.T., serán las siguientes:

Altura Total	<b>2,75 m.</b>
Longitud Total	<b>4,83 m.</b>
Anchura total	<b>2,50 m.</b>

### **Transformador**

1 Ud.- transformador III, instalación interior, refrigeración en baño de aceite, equipado con conmutador de tensión para maniobrar en vacío, desecador y termómetro, de las siguientes características:

- \* Potencia nominal **1000 KVA.**
- \* Tensión primaria nominal **20 KV.**





- \* Tensión secundaria nominal **420 /230** voltios
- \* Conmutador en vacío +- 2,5% +- 5%
- \* Régimen Continuo
- \* Conexión DY-11

Desfasaje entre tensiones primaria y secundaria de 330 grados.

- \* Frecuencia 50 Hz.
- \* Cumplirá Normas NIDSA 5201 C.

En el supuesto caso de avería del transformador y parada del mismo superando períodos de más de 30 minutos, el cuadro de baja tensión está preparado para recibir alimentación desde el grupo electrógeno de forma manual mediante la conexión auxiliar o de socorro que posee el mismo.

### **Cuadro de B.T. del C.T. (ecolan)**

CBT0 ECOLAN 1500A - Compuesto de un seccionador vertical de 3P+N 1.500 A. de accionamiento en vacío, con acometida superior y acometida auxiliar o socorro. Bases portafusibles (TRIVER)

Características Técnicas:

Tensión nominal: 440 V.

Intensidad nominal: 1500 A .

Intensidad nominal por salida: Bases TRIVER 160-400

Nº de salidas: **3+3** ó 4+4.

Tensión a Frecuencia Industrial: Fase-masa 10 kV

Fase-masa 2,5 kV.

Resistencia a cortocircuitos: 15 KV.1 sg. Para modelo 1000 A.

Grado de Protección: IP 2X e IK 08.

### **Características red de Distribución en Baja Tensión.**

Según el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002).el local en proyecto y la ITC-BT-04.- 3.1.- **Grupo j.- Se trata de una RED PUBLICA Y PRIVADA, INDIVIDUALES AEREAS O SUBTERRÁNEAS**

Desde los cuadros de baja tensión del C.T. proyectado partirán varias líneas de distribución previstas para alimentar a los diferentes suministros. Se realizarán en montaje subterráneo, bajo tubo, bajo tubo empotrado y en bandeja metálica perforada. La tensión nominal de los conductores será de 0,6/1 Kv., siendo el 0,6 la tensión nominal entre cada de los conductores y tierra y 1 Kv. la tensión entre conductores

La mayor parte de las líneas serán de cuatro conductores, tres fases y neutro, exceptuando las líneas que alimenten a componentes trifásicos como el sistema de ventilación.

El trazado de la red se adecua a la ubicación del centro de transformación y al trazado de la red de alta tensión que discurre en montaje subterráneo. La red discurre por los ACERADOS coincidiendo a veces con la red de alta tensión.

### **Conductores**

La alimentación a los receptores que serán necesarios para el correcto funcionamiento del túnel se realizará en baja tensión, 230/400 V.

Todos los circuitos partirán desde el local de distribución o Sala Técnica construido en la mitad de los túneles.

La distribución interior se efectuará en su mayor parte por bandejas metálicas y la distribución exterior se realizará por red subterránea. Las características de la zanja dependerán de si se ubican en calzada o en acera.



Toda la instalación eléctrica de baja tensión estará compuesta por elementos de cero halógenos, baja emisión de humos, no propagadores de llama y no propagadores de incendio. El cable con el que se efectuará la instalación posee las siguientes características:

- Designación: RZ1-K (AS)
- Norma constructiva UNE 21123-4
- Tensión de aislamiento 0,6/1 kV
- Ensayo de tensión en c.a. durante 5 minutos: 3500 V
- Temperatura de servicio (instalación fija): -40°C,+90°C. Cable termoestable
- No propagación de la llama
- No propagación del incendio
- Libre de halógenos
- Reducida emisión de gases tóxicos
- Baja emisión de humos opacos
- Muy baja emisión de gases corrosivos

### Arquetas

Se seguirán las instrucciones indicadas en el Proyecto tipo MT 2.31.01. (04-03) de Iberdrola, en el que las arquetas tendrán que dejar una altura libre de 70 cm. para las líneas de baja tensión y deberán ir ciegas para las canalizaciones de Media Tensión cuando se produzcan cambios de dirección. En el caso de que no se produzca cambio de dirección, se registrará una arqueta de Media Tensión cada 50 m.

### Iluminación.

Basándose en los diferentes tipos de insolación previstos en esta zona, se pueden adoptar diferentes regímenes de encendido de la instalación de alumbrado, de modo que se acomoden a días soleados, días nublados y noche o permanente.

En nuestro caso hemos realizado 3 tipos de iluminación diferentes:

- Alumbrado nocturno o permanente.
- Alumbrado para días nublados.
- Alumbrado para días soleados.

Toda la iluminación de ambos tubos está realizada con luminarias tipo de LED marca Schreder o similar con diferentes potencias de instalación dependiendo de la necesidad de iluminación y acordes con el alumbrado en el que estén instaladas. Las características de las luminarias LED se describen a continuación:

- Máximos ahorros energéticos
- Motor fotométrico LensoFlex2® que ofrece un alto rendimiento fotométrico, confort y seguridad.
- Solución flexible: perfil de aluminio extruido para ajustar el número de LEDs a los requerimientos del túnel.
- ThermiX®: mantiene las altas prestaciones a lo largo del tiempo
- Varias inclinaciones posibles ajustables in-situ para ofrecer la fotometría óptima
- FutureProof: fácil reposición in situ del driver o del motor fotométrico
- Sistema de control pudiéndose adaptar a las necesidades del cliente.
- Hermeticidad bloque óptico: IP 66
- Resistencia a los impactos (vidrio): IK 08
- Tensión nominal: 230 V - 50 Hz
- Clase eléctrica: US 1 y UE I

Los cálculos de iluminación han sido confeccionados mediante el programa de DIALux. En la colección de cálculos de iluminación se adjuntan las tablas con los resultados de cada uno de los tubos y cada tramo.

La iluminación en los accesos y salidas del túnel también se ha realizado con luminarias Led marca Schreder Teceo o similar para conseguir ahorro energético y contaminación lumínica.



La iluminación de emergencia se ha realizado mediante luminarias fluorescentes marca Nova 11 o similar debido a que con luminarias tipo Led no se conseguían los parámetros mínimos obligatorios de iluminación media en los recorridos de evacuación.

## **Ventilación en el túnel**

### **Longitudinal**

Los ventiladores que se ha decidido instalar, por su adecuación óptima a los requerimientos del túnel son de 1,320 m de diámetro interior, caudal de 21,51 m<sup>3</sup>/s y consumo eléctrico de 11 kW, aunque se podrán modificar para disponer mayor o menor número de ventiladores, siempre y cuando se mantenga una adecuada separación a los paramentos y suficiente gálibo libre para la circulación de vehículos. Todos los ventiladores serán reversibles con el objeto de facilitar el control de la ventilación en situaciones especiales de la marca Sodeca o similar y se han instalado de la siguiente manera:

- 9 ventiladores en el tubo de 3 carriles cada tramo de 150 m, con lo cual, 3 ventiladores a los 150 m, otros 3 a los 300 m y 3 más a los 450 m en el techo abovedado del túnel
- 6 ventiladores en el tubo de 2 carriles cada tramo de 150 m, con lo cual, 2 ventiladores a los 150 m, otros 2 a los 300 m y 2 más a los 450 m en el techo abovedado el túnel.

### **Forzada**

Los ventiladores que se ha decidido instalar, por su adecuación óptima a los requerimientos del túnel es de caudal de 88,58 m<sup>3</sup>/s y consumo eléctrico de 200 kW, aunque se podrán modificar por uno solo de mayores dimensiones.

En este caso se ha decidido instalar dos ventiladores en cada pozo porque cuesta menos su arranque y dependiendo de la gravedad del incendio puede funcionar uno o los dos a la vez.

En nuestro caso y para poder realizar un presupuesto se ha elegido un ventilador para los dos pozos de extracción de la marca SODECA o similar con las características mencionadas anteriormente y distribuidos en cada tubo de la siguiente forma:

- Dos pozos verticales en el tubo de 3 carriles con 1 ventilador en cada uno de ellos y contruidos en el centro del tubo aproximadamente.
- Dos pozos verticales en el tubo de 2 carriles con 1 ventilador en cada uno de ellos y contruidos en el centro del tubo aproximadamente.

### **Grupo Electrónico**

La instalación de un grupo electrónico tiene por objeto suplir el suministro eléctrico de la compañía de forma parcial y en este caso se destinará a la alimentación de la extracción de aire en los pozos verticales en caso de incendio.

El grupo electrónico elegido es de la marca Caterpillar o similar con una potencia máxima de suministro de 1400 kVA y arranque automático para el suministro energético de la ventilación forzada en caso de incendio.

### **SAI**

El SAI permite proteger eficazmente sus equipos industriales frente a cortes eléctricos y, de este modo, evitar la interrupción de la producción, la pérdida de datos o la avería o destrucción del hardware. En este caso estará destinado a la alimentación del sistema de iluminación nocturno o permanente ya que, dicho



sistema no se puede quedar sin suministro eléctrico para evitar falta de iluminación en el interior de ambos tubos.

El modelo elegido a sido Masterys IP+ o similar con una potencia de 60 KVA y capaz de suministrar alimentación ininterrumpida durante periodos superiores a 30 minutos.

Este dispositivo conmuta automáticamente la salida del SAI a la red en caso de sobrecarga causada por la utilización o una avería del SAI.

El by-pass es de tipo estático (tiristores), lo que significa que la conmutación es instantánea, por lo tanto sin perturbación para las utilidades alimentadas que en este caso y principalmente se destina al alumbrado permanente.

### **Batería de condensadores**

Se ha diseñado e instalado una batería de condensadores para corregir el factor de potencia de la instalación de  $\cos \varphi$  0,88 a  $\cos \varphi$  0,96 para evitar penalizaciones de la compañía suministradora Iberdrola por un factor de potencia inferior a 0,95.

Ventajas de la corrección del factor de potencia:

1. Reducen la factura de electricidad.
2. Mejoran el rendimiento de la instalación, ahorrando en inversiones en layout para ampliación de líneas, protecciones y cuadros en general.
3. Con la disminución de la energía necesaria para el funcionamiento de las empresas se contribuye a la mejora del medioambiente al ser menor la cantidad demandada a la red.

El modelo instalado es de la marca Siemens o similar de 150 kVAr de potencia reactiva.

### **Resto de instalaciones**

El túnel ha sido dotado de todas las instalaciones necesarias para el correcto funcionamiento del mismo como son:

- Megafonía
- Detección de incendios
- Extinción de incendios
- Postes SOS
- Señalización vial fija y variable
- Puertas de emergencia

### **Criterios de eficiencia energética en las instalaciones y mantenimiento**

El criterio principal que se ha seguido en la explotación es la utilización de lámparas Led que consumen mucha menos energía. Para ello se ha realizado un estudio con 2 tipos de iluminación:

- Con luminarias de vapor de sodio alta presión.
- Con luminarias de Led.

En la siguiente tabla se muestran la potencia necesaria para cada uno de los dos tipos de alumbrado y tramos de las instalaciones:

<b>Iluminación Túnel 3 Carriles</b>	Potencia Tramos Led	Potencia Tramos Vapor Sodio	<b>Iluminación Túnel 2 Carriles</b>	Potencia Tramos Led	Potencia Tramos Vapor Sodio
<b>Soleado</b>			<b>Soleado</b>		
Tramo 1	32904	49200	Tramo 1	26956	41700
Tramo 2	22452	33600	Tramo 2	18380	28900
Tramo 3	6680	9600	Tramo 3	5290	7600
Tramo 4	10144	15600	Tramo 4	8740	12500
Tramo 5	14000	18600	Tramo 5	10880	16400



Tramo 6	11568	18150	Tramo 6	8872	15000
Tramo 7	6692	12600	Tramo 7	6076	9900
Tramo 8	24824	33900	Tramo 8	17216	33500
<b>Potencia Total</b>	129264	191250	<b>Potencia Total</b>	102410	165500
<b>Diferencia</b>	<b>-61986</b>		<b>Diferencia</b>	<b>-63090</b>	

Tabla con todos los datos expresados en Watios

En total el ahorro de la potencia del sistema asciende a  $125076W = 125,076 \text{ kW}$

Debido a la utilización de este novedoso tipo de alumbrado en túneles con velocidad de diseño de 100 km/h, la instalación completa del túnel es en torno a un 22% más eficiente que la instalación si se hubiera optado por la iluminación de vapor de sodio consiguiendo ahorro económico en varios factores:

- Término de potencia contratado inferior
- Consumo energético más bajo
- Sección de cableado de baja y alta tensión inferior
- SAI de menor potencia
- Batería de condensadores calculada de menor potencia
- Contribución a la emisión de menor volumen de gases contaminantes a la atmósfera.

En el caso del **mantenimiento** de las instalaciones el ahorro también es bastante superior que si se hubieran instalado luminarias de vapor de sodio debido a que la duración de las luminarias Led es muy superior. Dichas luminarias según datos del fabricante mantienen un flujo luminoso en torno al 90% después de 100.000 horas de uso y el ciclo de mantenimiento de dichas luminarias se alarga en el tiempo.

La vida útil de las luminarias llega hasta los 20 años con lo cual el cambio masivo de luminarias se ha programado en torno a los 18 años de vida útil.

A continuación se detalla un ejemplo de ahorro energético directo solamente teniendo en cuenta el precio del kW/h a lo largo de un año:

En la zona de Extremadura a lo largo del año aproximadamente hay unos 300 días soleados con una media de 9 horas de luz intensa, con lo cual, todos los alumbrados interiores de los túneles estarían encendidos ese mínimo de horas (alumbrado día soleados).

$300 \text{ días} \times 9 \text{ horas día} = 2700 \text{ horas anuales encendidos todos los alumbrados.}$

El coste del kW/h (término de energía) en alta tensión en Iberdrola es aproximadamente 0,055 €

La diferencia de potencia entre las dos instalaciones es 125,076kW favorable al alumbrado Led.

Coste anual ahorrado =  $125,076 \text{ kW} \times 0,055 \text{ €} \times 2700 \text{ horas} = 18574 \text{ € anuales.}$

#### 4. Objetivo General:

Tratar que la redacción de trabajo se ajuste a la normativa vigente, así como las normas particulares de la compañía, ya que las instalaciones aunque sean del abonado deben cumplir todos los requisitos exigidos por la compañía suministradora IBERDROLA.

##### a. Objetivos específicos

Se han diseñado la Instalaciones necesarias para dotar de suministro eléctrico al túnel, con lo que se pretende conseguir los conocimientos necesarios para poderse enfrentarse a problemas reales de iguales características o similares.

##### b. Objetivos secundarios

Manejo de Normativa necesaria para la realización de este tipo de trabajo, metodología de realización de la obra, presupuesto, planos, etc.

#### 5. Metodología Propuesta:



El trabajo incluye los contenidos técnicos mínimos que se desglosan en el esquema de la propuesta de los tutores, así como la inclusión de algunos nuevos.

## 6. Resumen Presupuesto

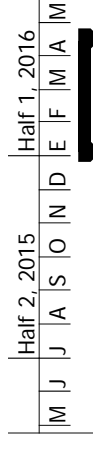
Descripción	Importe Euros
1 ALTA TENSIÓN	128.985,72
...1.1 ... LINEA DE MEDIA TENSIÓN	39.820,00...
...1.2 ...CENTRO DE SECCIONAMIENTO	42.103,96...
...1.3 ...CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	47.061,76...
2 REDES DE DISTRIBUCIÓN Y CABLEADO	532.479,57
3 BAJA TENSIÓN	711.705,57
4 ALUMBRADO DEL TÚNEL	1.565.686,30
...4.1 ALUMBRADO INTERIOR	1.365.213,70..
...4.2 ...ALUMBRADO EXTERIOR	125.494,84...
...4.3 ...ALUMBRADO EMERGENCIA	74.977,80...
5 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	431.458,34
...5.1 ...EXTINCIÓN DE INCENDIOS	370.395,41...
...5.2 ...DETECCIÓN DE INCENDIOS	61.062,93...
6 VENTILACIÓN	527.142,34
7 MEGAFONÍA	14.776,92
8 GUIADO DEL TRÁFICO	378.399,04
...8.1 ...SEÑALIZACIÓN ELÉCTRICA	354.902,78...
...8.2 ... SEÑALIZACIÓN VIAL	6.321,56...
...8.3 ...SEÑALIZACIÓN EVACUACIÓN DE EMERGENCIAS	17.264,70...
9 PUERTAS DE EMERGENCIAS	50.322,00
10 SALA DE CONTROL	267.161,23
11 GESTIÓN RESIDUOS	21.280,34
12 SEGURIDAD Y SALUD	116.820,00
13 PLAN DE CONTROL	55.154,50
<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>4.801.371,90</b>
Gastos generales 13%	624.178,35
Beneficio industrial 6 %	217.022,01
Parcial	5.642.572,30
Impuesto valor añadido 21 %	1.184.940,20
<b>TOTAL ADJUDICACIÓN</b>	<b>6.827.512,50</b>
Asciende el presente presupuesto a la expresada cantidad de: <b>SEIS MILLONES OCHOCIENTOS VEINTISIETE MIL QUINIENTOS DOCE Y CINCUENTA CENTIMOS</b>	

## 6. Diagrama

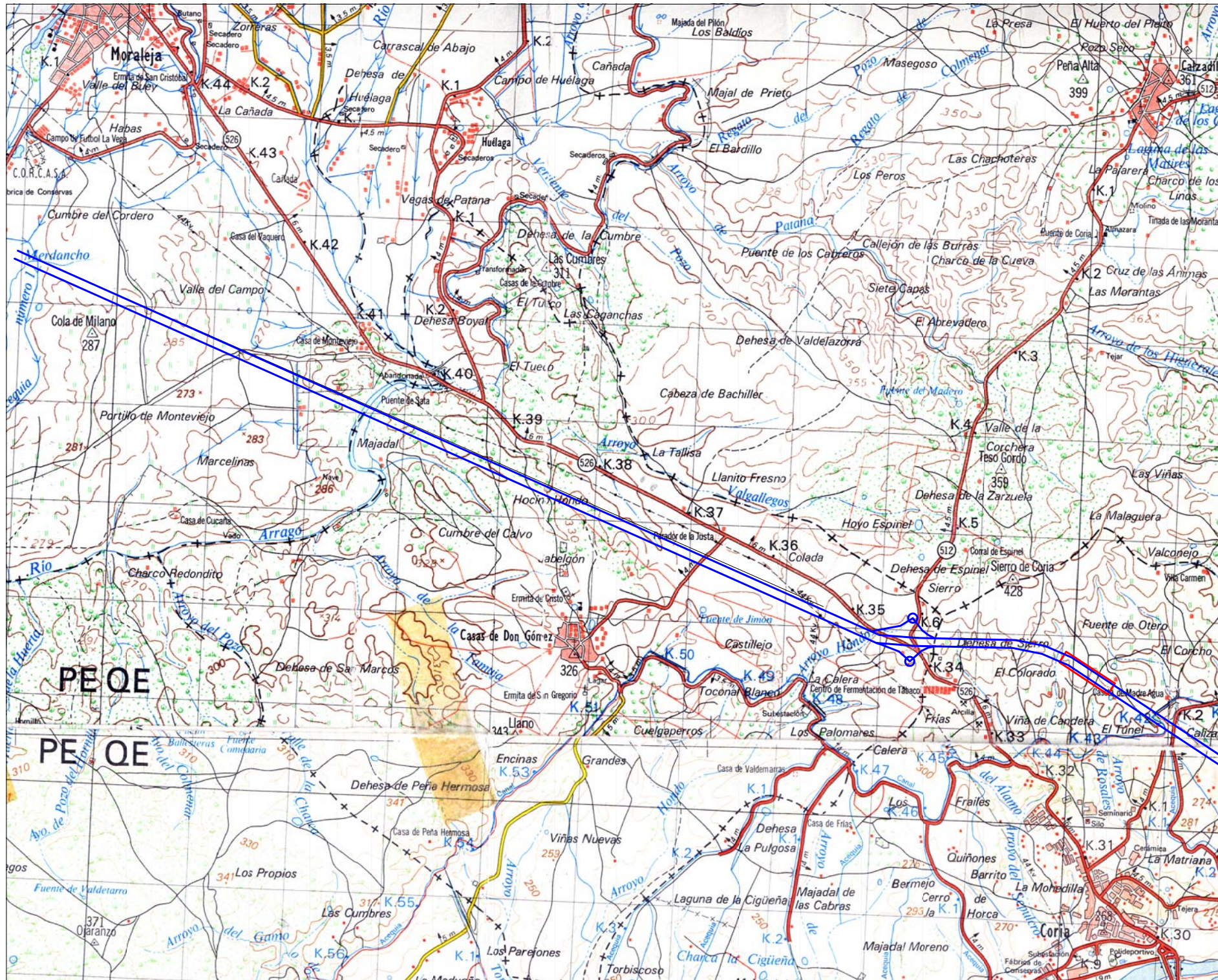
Nombre		Duración	Inicio	Terminado	Half 1, 2016												
					Half 2, 2015						Half 1, 2016						
					M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M
1	<b>Instalación Eléctrica Túnel Ex-A1</b>	<b>263 da...</b>	<b>27/04/15 8:00</b>	<b>27/04/16 17:00</b>													
2	Excavación Avanza	66 days	27/04/15 8:00	27/07/15 17:00													
3	Excavación Destroza	22 days	28/07/15 8:00	26/08/15 17:00													
4	<b>Drenes, Grava, Tubos Drenaje e Impermeabilización</b>	<b>10 days</b>	<b>27/08/15 8:00</b>	<b>9/09/15 17:00</b>													
5	Drenes	3 days	27/08/15 8:00	31/08/15 17:00													
6	Tubos Drenaje	2 days	1/09/15 8:00	2/09/15 17:00													
7	Grava	2 days	3/09/15 8:00	4/09/15 17:00													
8	Impermeabilización Suelo	3 days	5/09/15 8:00	9/09/15 17:00													
9	Hormigón Base (limpieza), Enganche Tubos	6 days	10/09/15 8:00	17/09/15 17:00													
10	<b>Colocación Tubos, Arquetas y Encofrados</b>	<b>20 days</b>	<b>18/09/15 8:00</b>	<b>15/10/15 17:00</b>													
11	Colocación Tubos y Bridado	6 days	18/09/15 8:00	25/09/15 17:00													
12	Arquetas	6 days	26/09/15 8:00	5/10/15 17:00													
13	Encofrados	8 days	6/10/15 8:00	15/10/15 17:00													
14	Hormigonar Túneles con Carro de Hormigón	10 days	16/10/15 8:00	29/10/15 17:00													
15	<b>Excavació Zanjas Exteriores</b>	<b>37 days</b>	<b>27/08/15 8:00</b>	<b>16/10/15 17:00</b>													
16	Apertura Zanjas	16 days	27/08/15 8:00	17/09/15 17:00													
17	Colocación Tubos y Bridas	6 days	18/09/15 8:00	25/09/15 17:00													
18	Arquetas	6 days	26/09/15 8:00	5/10/15 17:00													
19	Encofrados	8 days	7/10/15 8:00	16/10/15 17:00													
20	<b>CT, CS, CG y ST</b>	<b>45 days</b>	<b>18/09/15 8:00</b>	<b>19/11/15 17:00</b>													
21	Instalación de Tierras	2 days	18/09/15 8:00	21/09/15 17:00													
22	Preparación Terreno, nivelado	2 days	22/09/15 8:00	23/09/15 17:00													
23	Acopio Material	2 days	22/09/15 8:00	23/09/15 17:00													
24	Construcción CT, CS, CG y ST	42 days	23/09/15 8:00	19/11/15 17:00													
25	<b>Línea MT</b>	<b>12 days</b>	<b>20/11/15 9:00</b>	<b>8/12/15 9:00</b>													
26	Acopio Material	2 days	20/11/15 9:00	24/11/15 9:00													
27	Enganche Iberdrola con CS	4 days	21/11/15 9:00	26/11/15 17:00													
28	Líneas Subterráneas	7 days	27/11/15 9:00	8/12/15 9:00													
29	<b>Montaje CT, CS, CG</b>	<b>17 days</b>	<b>9/12/15 9:00</b>	<b>1/01/16 9:00</b>													
30	Acopio Material	3 days	9/12/15 9:00	14/12/15 9:00													
31	Montaje Transformador	1 day	15/12/15 9:00	16/12/15 9:00													
32	Montaje de Celdas	2 days	17/12/15 9:00	21/12/15 9:00													
33	Montaje Grupo	3 days	24/12/15 9:00	29/12/15 9:00													
34	Conexionado	2 days	30/12/15 9:00	1/01/16 9:00													



	Nombre		Duración	Inicio	Terminado	
35	<input type="checkbox"/> <b>Baja Tension</b>		<b>75 days</b>	<b>4/01/16 8:00</b>	<b>15/04/16 17:00</b>	
36	Acopio Material		3 days	4/01/16 8:00	6/01/16 17:00	
37	Montaje Bandejas, Luminarias, Cableado y señalización ca...		58 days	7/01/16 8:00	28/03/16 17:00	
38	<input type="checkbox"/> <b>Iluminación Exterior, Señalización Eléctrica Exterior...</b>		<b>20 days</b>	<b>7/01/16 8:00</b>	<b>3/02/16 17:00</b>	
39	Cableado y Tierras		6 days	7/01/16 8:00	14/01/16 17:00	
40	Báculos y luminarias exteriores		8 days	15/01/16 8:00	26/01/16 17:00	
41	Señalización Eléctrica Exterior (Semáforos, PMV, Etc)		6 days	27/01/16 8:00	3/02/16 17:00	
42	<input type="checkbox"/> <b>Instalación Megafonía, Sistema SOS, Detección de ...</b>		<b>38 days</b>	<b>4/02/16 8:00</b>	<b>28/03/16 17:00</b>	
43	Acopio Material		2 days	4/02/16 8:00	5/02/16 17:00	
44	Megafonía		16 days	6/02/16 8:00	29/02/16 17:00	
45	SOS		6 days	1/03/16 8:00	8/03/16 17:00	
46	Detección incendios (cable termico, detectores Termovel...		13 days	8/03/16 8:00	24/03/16 17:00	
47	Puertas Emergencias Tránsfer		2 days	25/03/16 8:00	28/03/16 17:00	
48	<input type="checkbox"/> <b>Montaje, Conexionado de Cuadros Eléctricos</b>		<b>7 days</b>	<b>29/03/16 8:00</b>	<b>6/04/16 17:00</b>	
49	Acopio Material		1 day	29/03/16 8:00	29/03/16 17:00	
50	Montaje y Conexionado		5 days	31/03/16 8:00	6/04/16 17:00	
51	<input type="checkbox"/> <b>Prevención Incendios</b>		<b>14 days</b>	<b>29/03/16 8:00</b>	<b>15/04/16 17:00</b>	
52	Acopio Material		2 days	29/03/16 8:00	30/03/16 17:00	
53	Instalación tuberías		6 days	1/04/16 8:00	8/04/16 17:00	
54	Instalación Bies, Hidrantes, etc		4 days	9/04/16 8:00	14/04/16 17:00	
55	Instalación Motores, válvulas, etc		2 days	14/04/16 8:00	15/04/16 17:00	
56	<input type="checkbox"/> <b>Señalización Vertical y Horizontal</b>		<b>3 days</b>	<b>18/04/16 8:00</b>	<b>20/04/16 17:00</b>	
57	Señalización Vertical		2 days	18/04/16 8:00	19/04/16 17:00	
58	Señalización Horizontal		1 day	20/04/16 8:00	20/04/16 17:00	
59	<input type="checkbox"/> <b>Montaje equipos Sala Técnica</b>		<b>2 days</b>	<b>21/04/16 8:00</b>	<b>22/04/16 17:00</b>	
60	Montaje Equipos y conexionado		1 day	21/04/16 8:00	21/04/16 17:00	
61	Pruebas		1 day	22/04/16 8:00	22/04/16 17:00	
62	<input type="checkbox"/> <b>Revisión instalaciones y prueba de todos los sistemas</b>		<b>3 days</b>	<b>22/04/16 8:00</b>	<b>26/04/16 17:00</b>	
63	Medicion Tierras		1 day	22/04/16 8:00	22/04/16 17:00	
64	MediciónAislamiento		1 day	23/04/16 8:00	25/04/16 17:00	
65	Pruebas Instalaciones		1 day	26/04/16 8:00	26/04/16 17:00	
66	Seguridad y Salud		263 days	27/04/15 8:00	27/04/16 17:00	
67	Control Materiales, Residuos Construcción y pruebas		263 days	27/04/15 8:00	27/04/16 17:00	
68	Entrega Obra		263 days	27/04/15 8:00	27/04/16 17:00	







PROYECTO DE:  
**INSTALACION ELECTRICA PARA TUNEL AUTOVIA EX-A1**  
 Trabajo fin de Carrera

EMPLAZAMIENTO  
 TERMINO MUNICIPAL DE  
**CORIA - CACERES**

PLANO DE:  
**SITUACION**

Firma:



ESCALA  
 1:50.000

FECHA  
 Marzo 2015

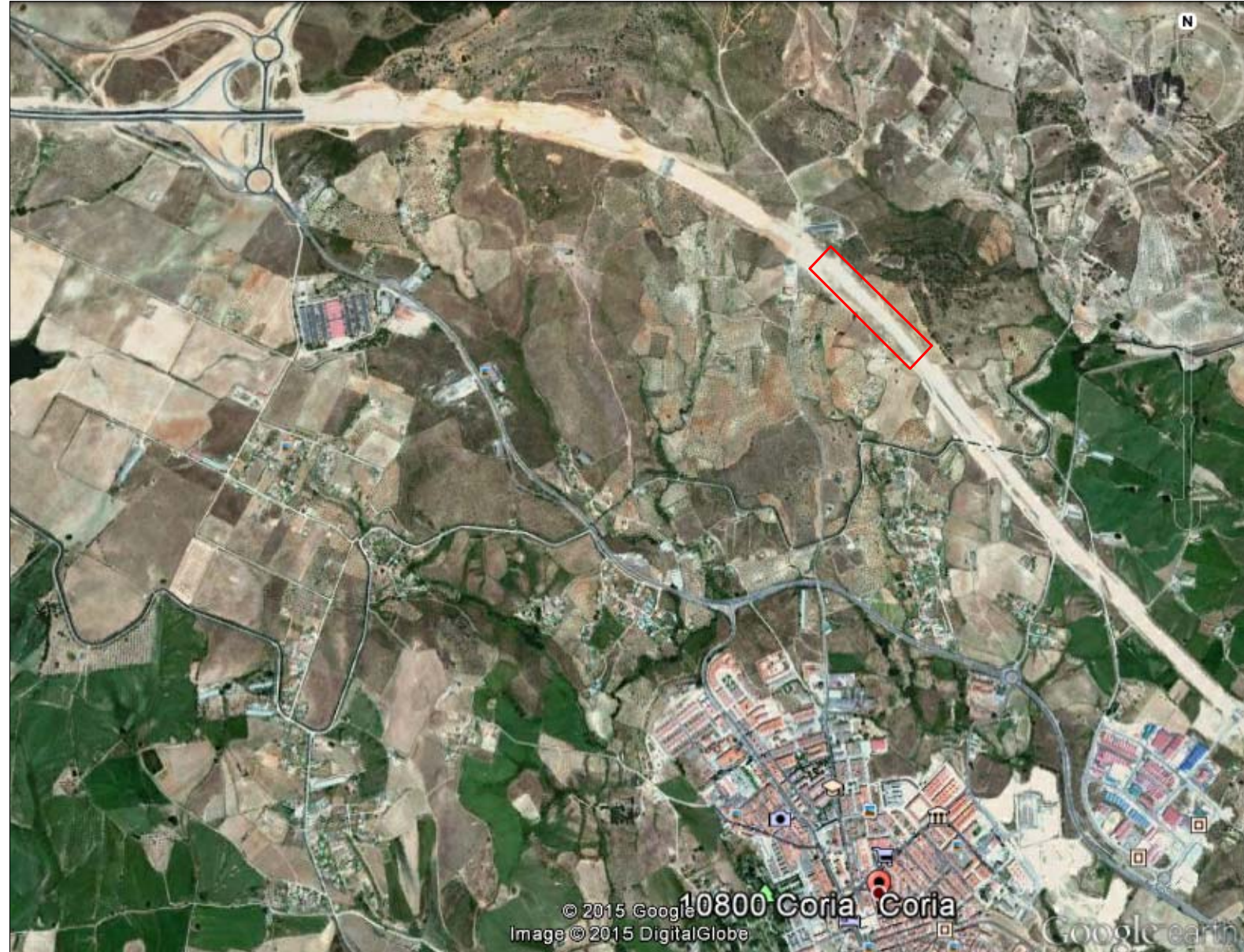
Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
 D. ROBERTO REDONDO MELCHOR

Peticionario:  
**ETSII DE BEJAR**  
 AREA INGENIERIA  
 ELECTRICA

PLANO nº  
**1**

Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS





PROYECTO DE:

INSTALACION ELECTRICA PARA TUNEL AUTOVIA EX-A1  
Trabajo fin de Carrera

EMPLAZAMIENTO

TERMINO MUNICIPAL DE  
CORIA - CACERES

PLANO DE:

EMPLAZAMIENTO

Firma:



ESCALA  
1:20.000

FECHA  
Marzo 2015

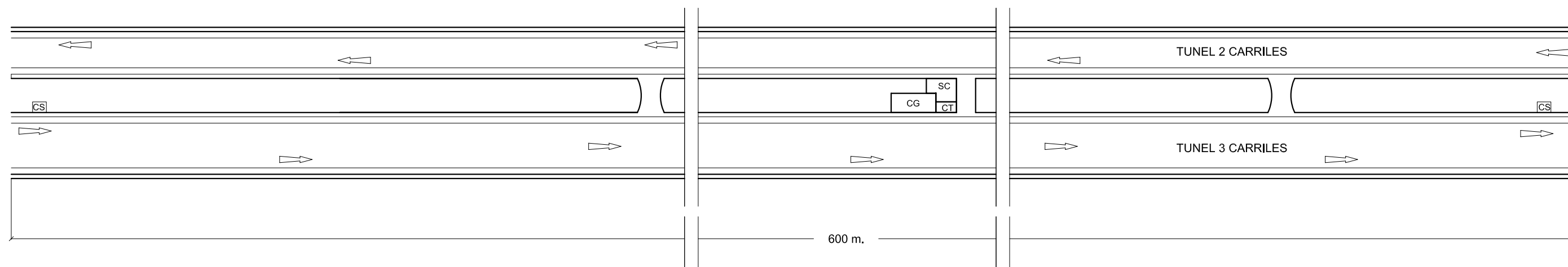
Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
D. ROBERTO REDONDO MELCHOR

Peticionario:  
ETSII DE BEJAR  
AREA INGENIERIA  
ELECTRICA

PLANO nº

2

Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS



CS	CENTRO SECCIONAMIENTO
CG	SALA GRUPO ELECTROGENO
CT	CENTRO TRANSFORMACIÓN
SC	SALA DE CONTROL

PROYECTO DE:  
**INSTALACION ELECTRICA PARA TUNEL AUTOVIA EX-A1**  
 Trabajo fin de Carrera

**EMPLAZAMIENTO**  
 TERMINO MUNICIPAL DE  
**CORIA - CACERES**

PLANO DE:  
**LOCALIZACIÓN CENTRO SECCIONAMIENTO  
 CENTRO TRANSFORMACIÓN  
 Y SALA DE CONTROL**

Firma:



**ESCALA**  
 -----

**FECHA**  
 Marzo 2015

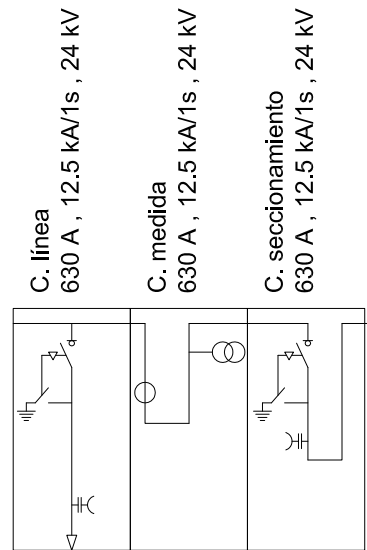
Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
 D. ROBERTO REDONDO MELCHOR

Peticionario:  
**ETSII DE BEJAR  
 AREA INGENIERIA  
 ELECTRICA**

**PLANO nº**  
**3**

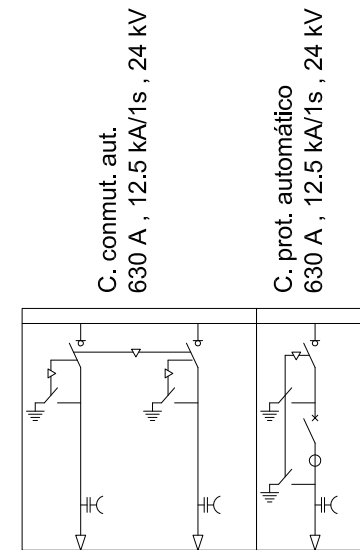
Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS

## CENTRO SECCIONAMIENTO



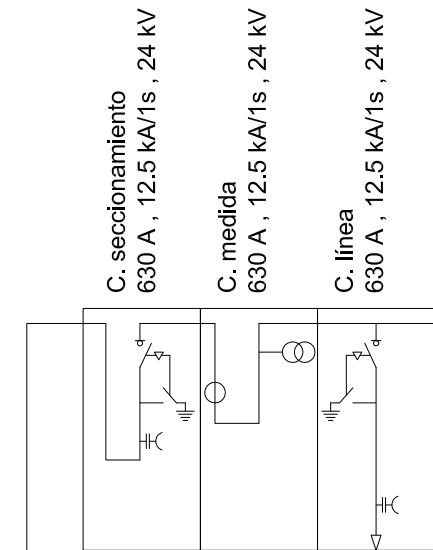
ENTRADA DE LINEA  
3(1x150) mm<sup>2</sup>

## CENTRO TRANSFORMACION



trafo 1 1000 kVA  
20000 / 400 V  
aisl. aceite

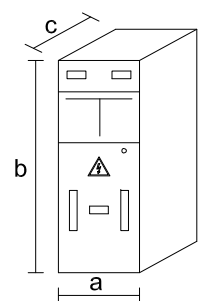
## CENTRO SECCIONAMIENTO



ENTRADA DE LINEA  
3(1x150) mm<sup>2</sup>

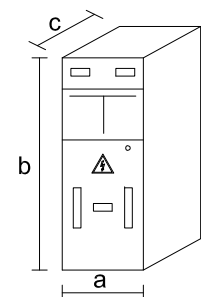
4(3x240)/2(240) mm<sup>2</sup> AI XLPE 0,6/1kV

B.T.



### DIMENSIONES CELDAS SECCIONAMIENTO

Tipo celda	a(m)	b(m)	c(m)
Línea	0.38	1.6	0.84
Medida	0.75	1.6	0.84
Seccionamiento	0.75	1.6	0.84



### DIMENSIONES CELDAS TRANSFORMACION

Tipo celda	a(m)	b(m)	c(m)
Conmut. aut.	0.75	1.6	0.84
Prot. automático	0.75	1.6	0.84

PROYECTO DE:

**INSTALACION ELECTRICA PARA TUNEL AUTOVIA EX-A1**  
Trabajo fin de Carrera

EMPLAZAMIENTO

TERMINO MUNICIPAL DE  
**CORIA - CACERES**

PLANO DE:

**ESQUEMA UNIFILAR DE MEDIA TENSION**

Firma:



ESCALA

FECHA

Marzo 2015

Tutores: **D. NORBERTO REDONDO MELCHOR**  
**D. ROBERTO REDONDO MELCHOR**

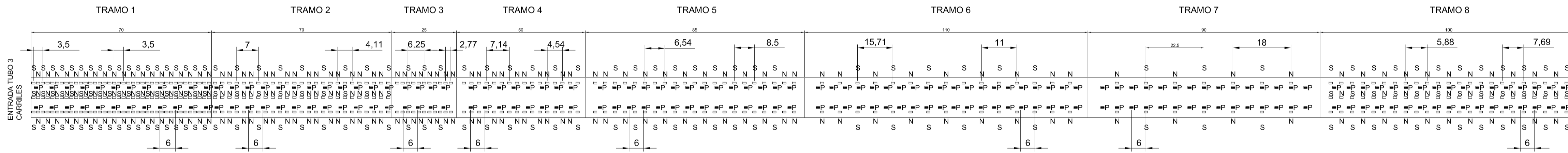
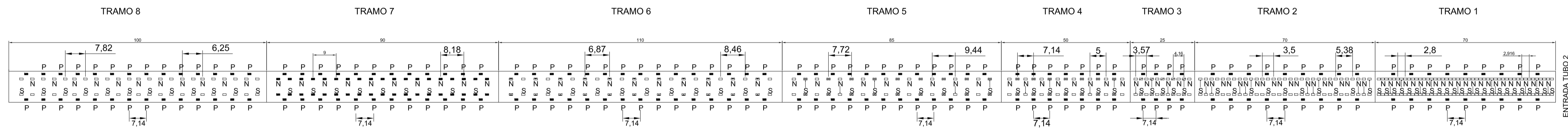
Peticionario:  
**ETSII DE BEJAR**  
**AREA INGENIERIA**  
**ELECTRICA**

PLANO nº


**8**

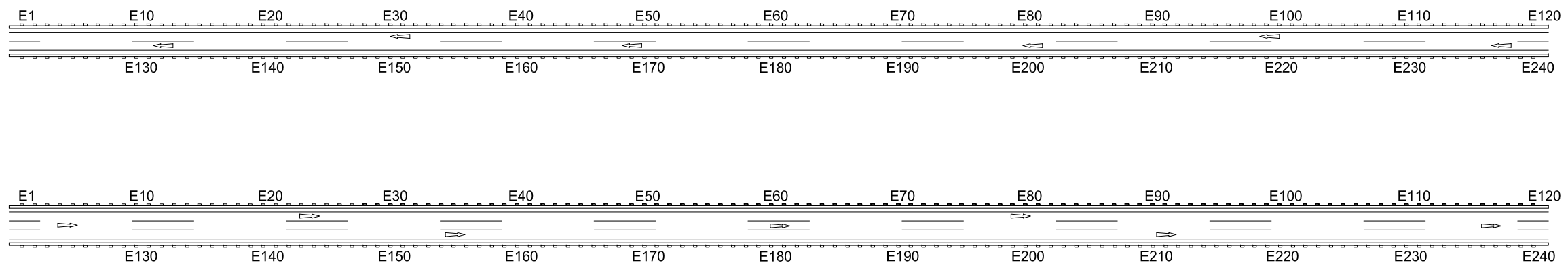
Alumno: **JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS**





- POTENCIA 268 W
- ▣ POTENCIA 212 W
- ▢ POTENCIA 179 W
- ▤ POTENCIA 129 W
- POTENCIA 98 W
- P ALUMBRADO PERMANENTE O NOCTURNO
- N ALUMBRADO DIAS NUBLADOS
- S ALUMBRADO DIAS SOLEADOS

<b>PROYECTO DE:</b> INSTALACION ELECTRICA PARA TUNEL AUTOVIA EX-A1 Trabajo fin de Carrera		<b>EMPLAZAMIENTO</b> TERMINO MUNICIPAL DE CORIA - CACERES	
<b>PLANO DE:</b> DISPOSICION LUMINARIAS LED		<b>Firma:</b> 	
<b>Tutores:</b> D. NORBERTO REDONDO MELCHOR D. ROBERTO REDONDO MELCHOR		<b>Peticionario:</b> ETSII DE BEJAR AREA INGENIERIA ELECTRICA	
<b>Alumno:</b> JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS		<b>ESCALA</b> ----- <b>FECHA</b> Marzo 2015 <b>PLANO nº</b> <span style="font-size: 2em; font-weight: bold;">15</span>	



EMERGENCIA

PROYECTO DE:  
**INSTALACION ELECTRICA PARA TUNEL AUTOVIA EX-A1**  
 Trabajo fin de Carrera

EMPLAZAMIENTO  
 TERMINO MUNICIPAL DE  
**CORIA - CACERES**

PLANO DE:  
**DISPOSICION LUMINARIAS EMERGENCIAS**

Firma:



ESCALA  
 1:2.000

FECHA  
 Marzo 2015

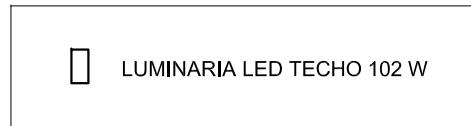
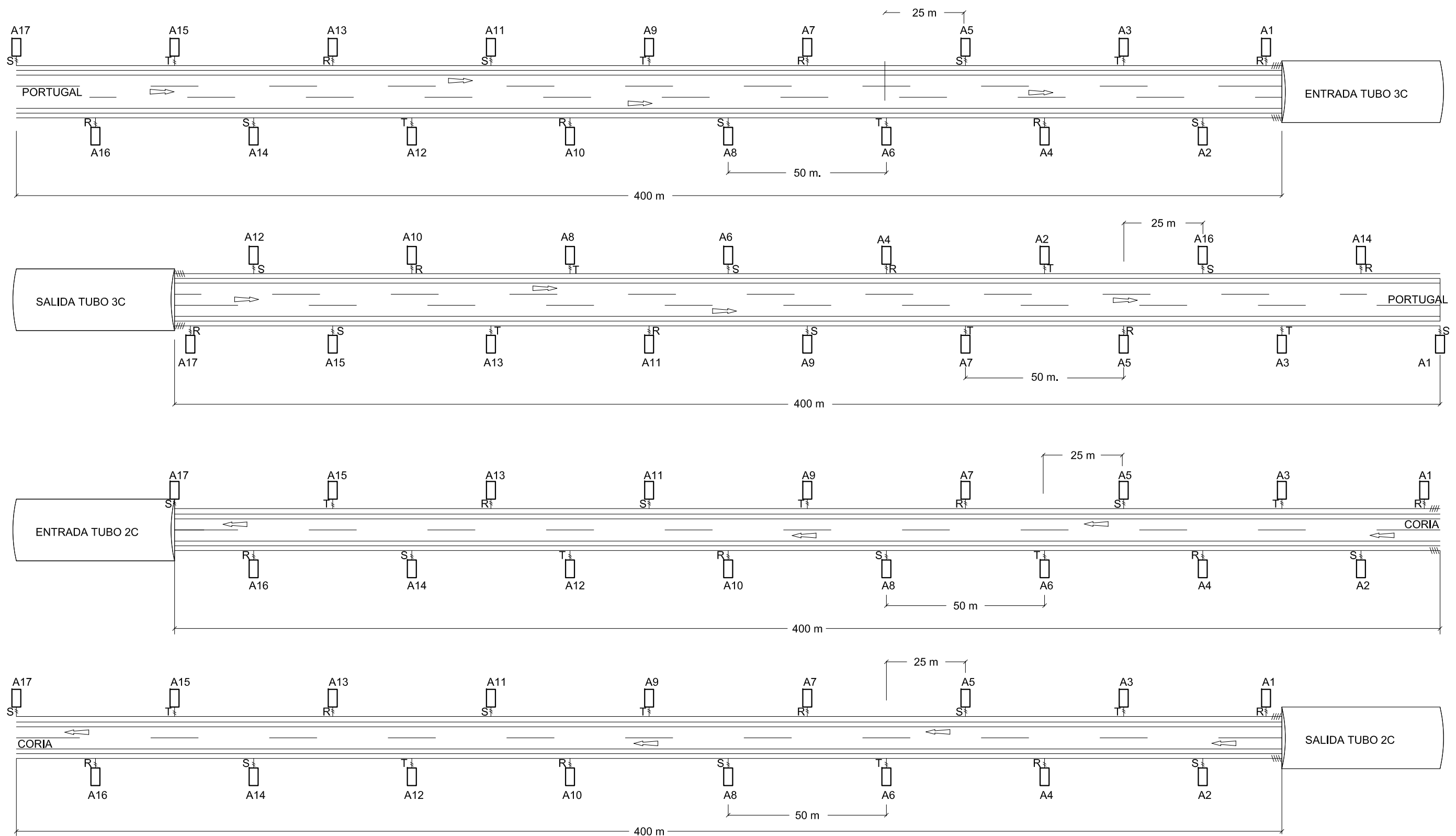
Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
 D. ROBERTO REDONDO MELCHOR

Peticionario:  
**ETSII DE BEJAR**  
 AREA INGENIERIA  
 ELECTRICA

PLANO nº  
**16**

Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS





PROYECTO DE:  
**INSTALACION ELECTRICA PARA TUNEL AUTOVIA EX-A1**  
 Trabajo fin de Carrera

EMPLAZAMIENTO  
 TERMINO MUNICIPAL DE  
**CORIA - CACERES**

PLANO DE:  
**DISPOSICION LUMINARIAS EXTERIORES**

Firma:



ESCALA  
 1:2.000

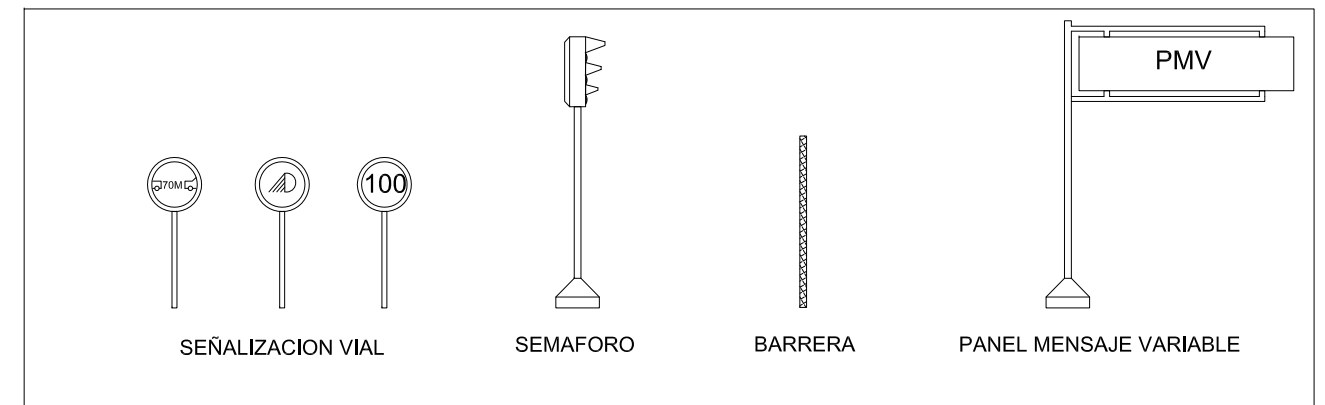
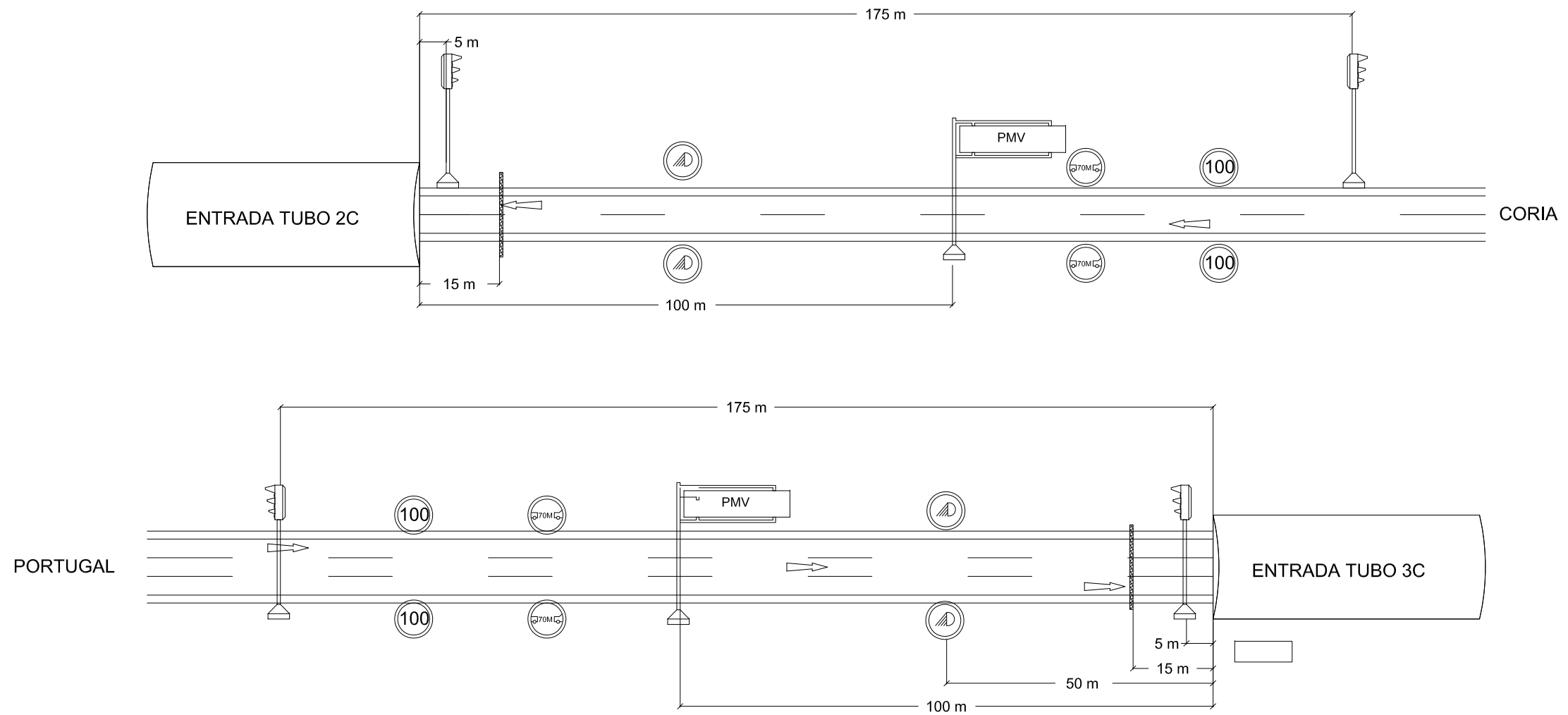
FECHA  
 Marzo 2015

Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
 D. ROBERTO REDONDO MELCHOR

Peticionario:  
**ETSII DE BEJAR**  
 AREA INGENIERIA  
 ELECTRICA

PLANO nº  
**17**

Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS



PROYECTO DE:  
**INSTALACION ELECTRICA PARA TUNEL AUTOVIA EX-A1**  
 Trabajo fin de Carrera

EMPLAZAMIENTO  
 TERMINO MUNICIPAL DE  
**CORIA - CACERES**

PLANO DE:  
**SEÑALIZACION ACCESOS TUNEL**

Firma:



ESCALA  
 -----

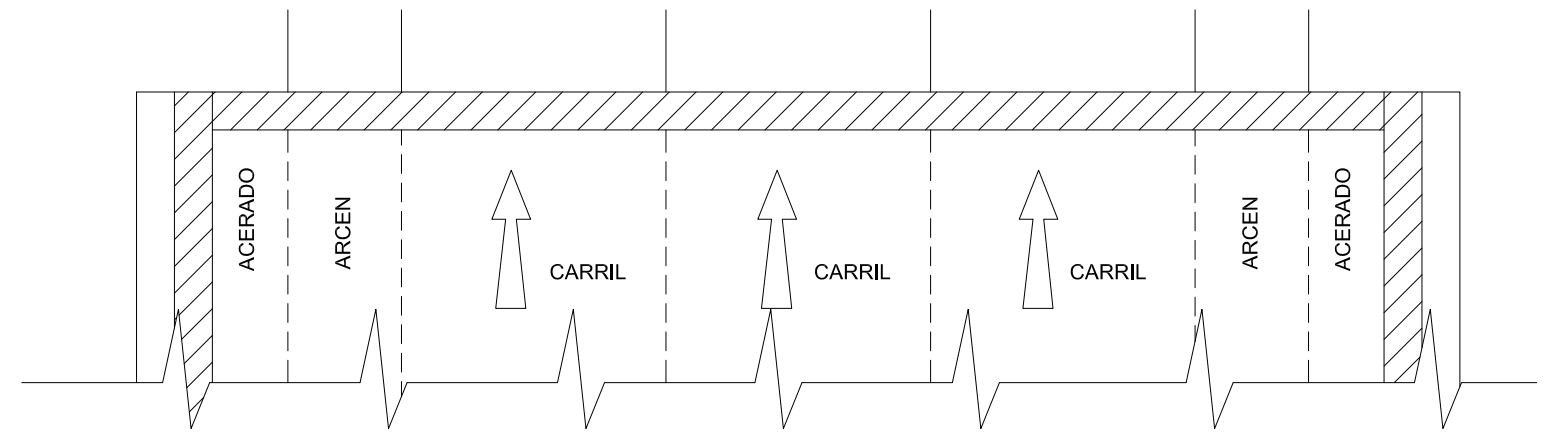
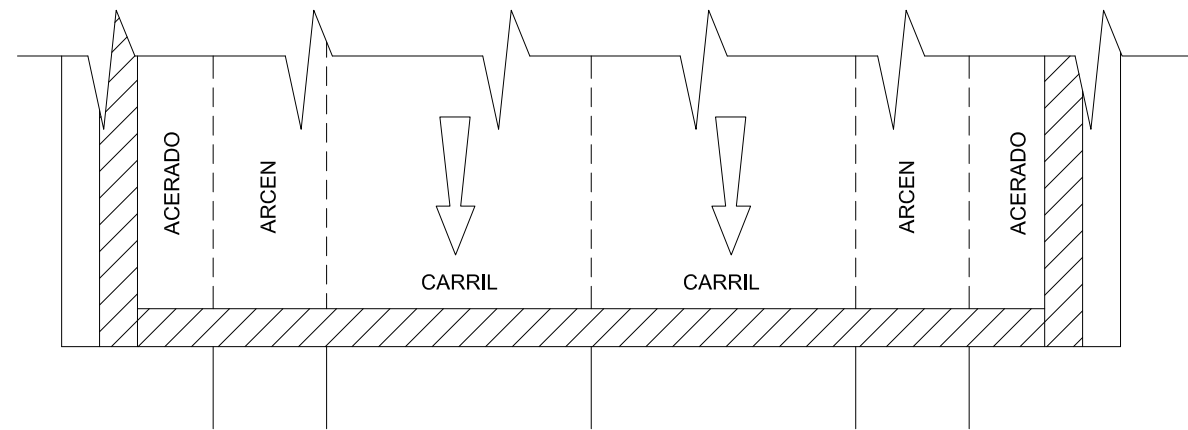
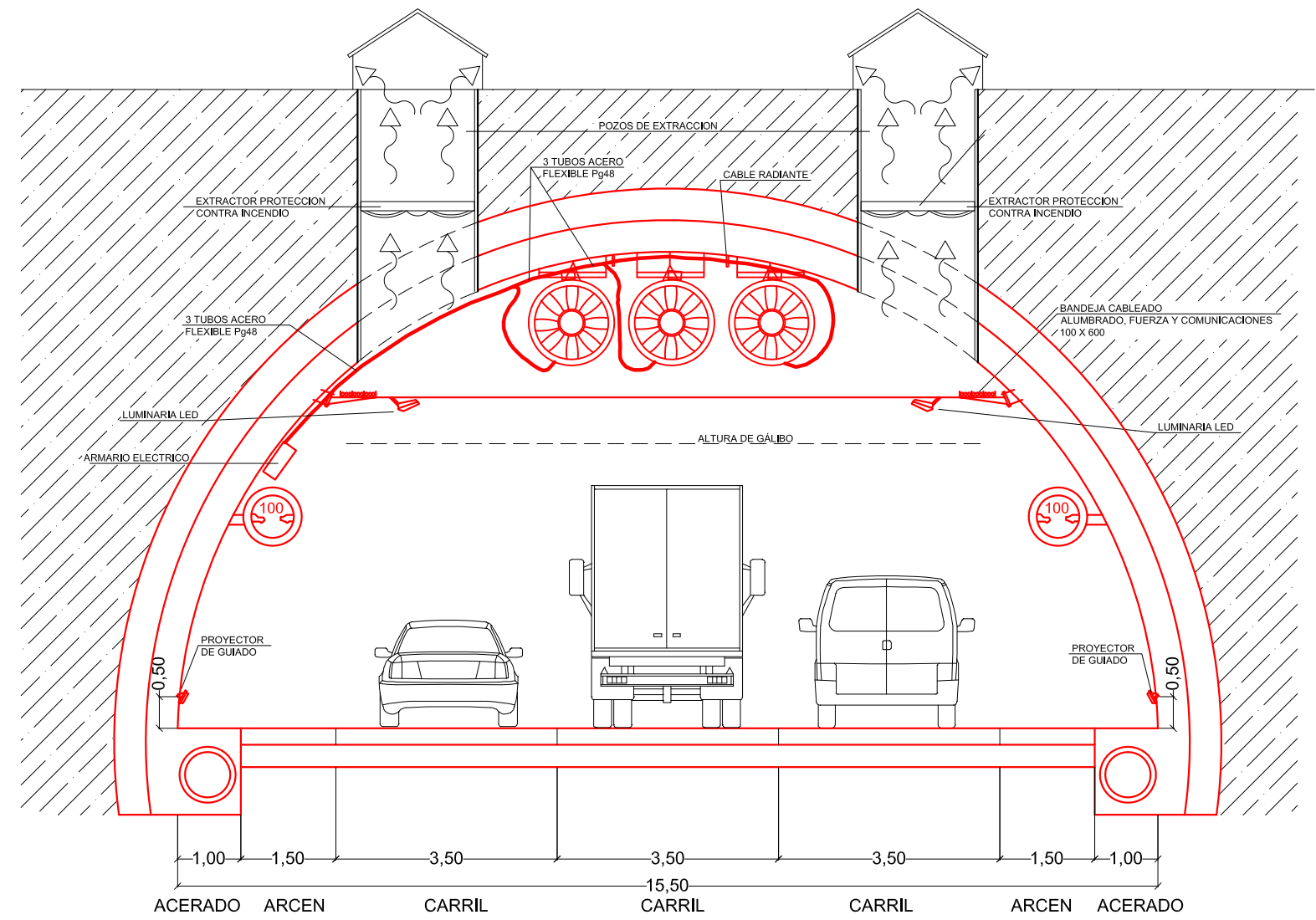
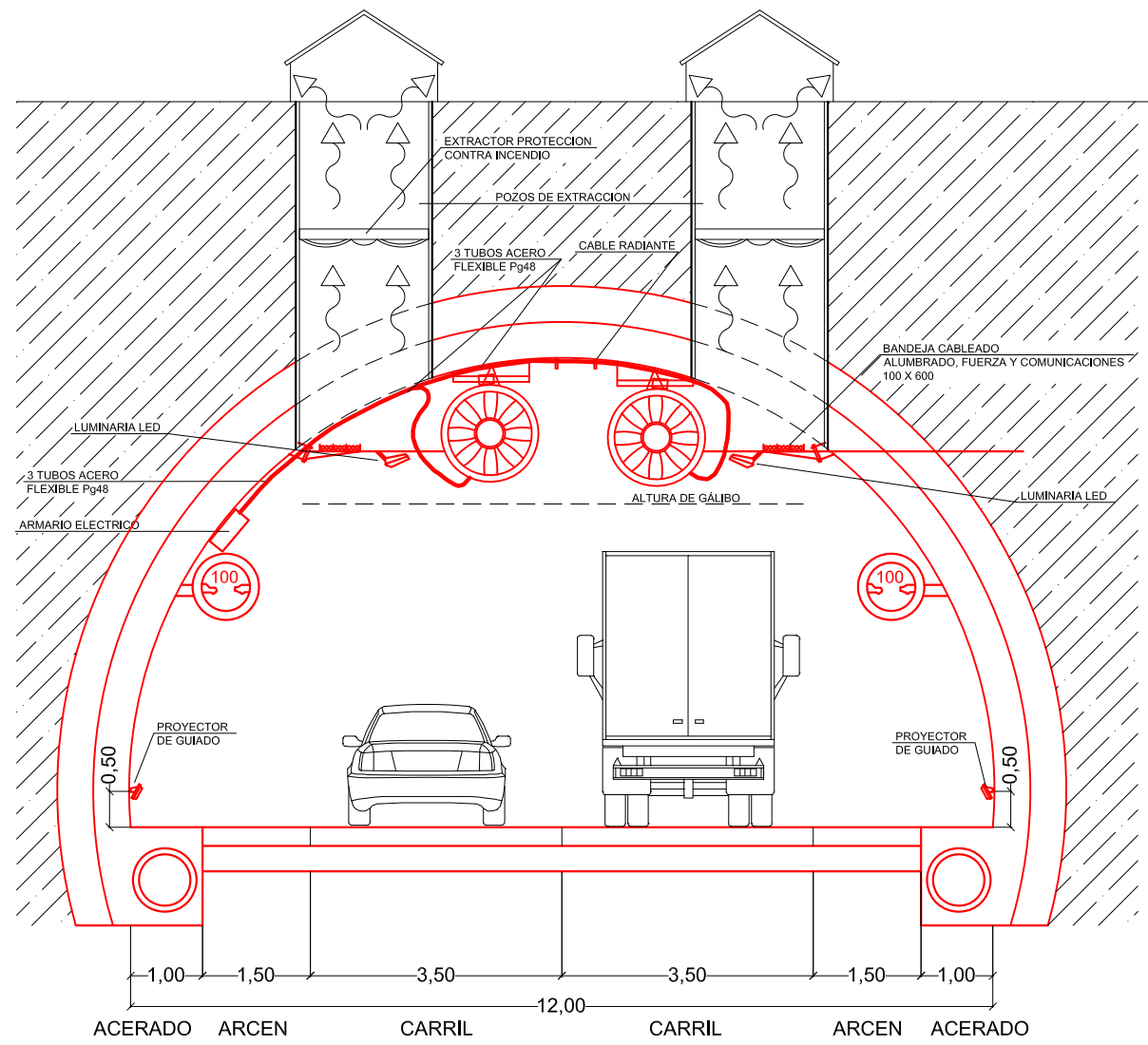
FECHA  
 Marzo 2015

Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
 D. ROBERTO REDONDO MELCHOR

Peticionario:  
**ETSII DE BEJAR**  
 AREA INGENIERIA  
 ELECTRICA

PLANO nº  
**18**

Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS



PROYECTO DE:  
**INSTALACION ELECTRICA PARA TUNEL AUTOVIA EX-A1**  
 Trabajo fin de Carrera

EMPLAZAMIENTO  
 TERMINO MUNICIPAL DE  
**CORIA - CACERES**

PLANO DE:  
**SECCION TUNELES  
 Y DETALLES**

Firma:



ESCALA  
 -----

FECHA  
 Marzo 2015

Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
 D. ROBERTO REDONDO MELCHOR

Peticionario:  
**ETSII DE BEJAR  
 AREA INGENIERIA  
 ELECTRICA**

PLANO nº  
**23**

Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS



**ESPECIALIDAD:  
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL  
EN ELÉCTRICIDAD.**

**DEPARTAMENTO:  
Física, Ingeniería  
y Radiología Médica  
(Área de Ingeniería Eléctrica)**

**TRABAJO FIN DE CARRERA DE:  
INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA  
TUNEL DE AUTOVÍA EX-A1**

**ALUMNO:  
José Ignacio Alcoba Iglesias**

**TUTORES:  
D. Norberto Redondo Melchor  
D. Roberto Redondo Melchor**

# **I.- MEMORIA DESCRIPTIVA**

**Titulo: INSTALACION ELECTRICA DE UN TUNEL DE AUTOPISTA**  
**Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR**  
**D. ROBERTO REDONDO MELCHOR**  
**Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS**

**Índice:**

I. Memoria Descriptiva ..... 2

    A. Introducción y objeto del proyecto ..... 2

        a. Objeto. .... 2

        b. Peticionario ..... 2

        c. Emplazamiento. .... 2

    B. Normativa aplicada ..... 2

    C. Necesidades y prestaciones de las instalaciones requeridas ..... 4

        a. Justificación de la potencia a instalar ..... 4

        b. Empresa suministradora. ....5

    D. Soluciones adoptadas ..... 5

        a. Descripción de las instalaciones. .... 5

        b. Características línea subterránea Media Tensión .... 7

        c. Características centros seccionamientos. ....8

        d. Características generales Centro de Transformación. .... 10

        e. Características red de Distribución en Baja Tensión. .... 11

        f. Características Principales de la Iluminación. .... 12

    E. Plazo y diagrama de ejecución .....14

    F. Resumen de presupuesto..... 16

    G. Conclusión a la Memoria y firma..... 17

## I.-Memoria Descriptiva.

### A.-Introducción y Objeto del Proyecto

#### a. Objeto.

El objeto del presente Proyecto titulado **“Instalación eléctrica de un túnel de autopista”**, es la construcción y puesta en funcionamiento de las instalaciones proyectadas. Con este Proyecto se pretende la simulación de un problema de la vida profesional, llevando a cabo el dimensionamiento y valoración adecuada las unas instalaciones eléctricas de distribución de la energía eléctrica en media y baja tensión de los suministros eléctricos a cada uno de los elementos destinados a la construcción de un túnel en una autopista que consta de dos tubos, uno para cada sentido de la circulación, así como, dotación de iluminación de las proximidades de acceso a los túneles mediante su pertinente alumbrado exterior.

#### b. Peticionario

El presente proyecto se redacta por encargo de la **“Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Béjar”**, con el objeto de servir desde el punto de vista académico, al alumno **José Ignacio Alcoba Iglesias**, para la obtención del título de **“Ingeniero Técnico Industrial en Electricidad”**, cumpliendo la normativa vigente y a petición del Área de Ingeniería Eléctrica. Siendo los tutores del presente documento los profesores Norberto Redondo Melchor y Roberto C. Redondo Melchor.

#### c. Emplazamiento

El túnel se encuentra en el **Paraje “EL SIERRO” en la autovía EX-A1, del termino Municipal de CORIA-CACERES**, según plano de situación adjunto.

### B. Normativa Aplicada.

Para la redacción de este proyecto se han tenido en cuenta los siguientes Reglamentos Oficiales:

\* Real Decreto 223/2.008, de 15 de febrero por el que se aprueban el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

\* Real Decreto 263/2.008, de 22 de febrero, por el que se establecen medidas de carácter técnico en líneas eléctricas de alta tensión, con objeto de proteger la avifauna.

\* Real Decreto 3275/1982 de 12 de Noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, así como las Órdenes de 6 de julio de 1984, de 18 de octubre de 1984 y de 27 de noviembre de 1987, por las que se aprueban y actualizan las Instrucciones Técnicas Complementarias sobre dicho reglamento. B.O.E. 1-12-82.

\* Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, MIE-RAT. Aprobadas por Orden del MINER el 6 de marzo de 1984, B.O.E. de 1-8-84 y 25-10-84.



\* Modificaciones a las Instrucciones Técnicas Complementarias MIE-RAT. (O.M. de 10 de Marzo de 2000) BOE-24-03-2000. Definición de Centro de Transformación Integrado (CTIN).

\*Ley de Carreteras de Extremadura.

\*Recomendaciones para la Iluminación de Carreteras y Túneles (Ministerio de Fomento 1999)

\*RD 1432/2008 de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.

\*Decreto 47/2004, de 20 de Abril por el que se dictan Normas de Carácter Técnico de adecuación de las líneas eléctricas para la protección del Medio Ambiente en Extremadura.

\*LEY 5/2010, de 23 de junio, de prevención y calidad ambiental de la Comunidad Autónoma de Extremadura.

\* Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas complementarias ITC-BT. Aprobado por Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002, BOE del 18 de septiembre de 2002.

\* Real Decreto 1955/2000, de 1 de Diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica (B.O.E. de 27 de Diciembre de 2000).

\* Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el suministro de energía de 12 de marzo de 1954. Publicado en el BOE 105 de 15 de Abril y modificaciones del R.D. 724/1979, de 2 de febrero de 1979, publicado el 7 de Abril de 1979. O.M. de 18 de septiembre de 1979, publicado el 27 de septiembre de 1979. R.D. 1725 de 18 de julio de 1984, publicado el 25 de septiembre de 1984.

\* Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.

\* Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

\* Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

\* Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

\* Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico (R.D. 614/2001 de 8 de junio de 2001, publicado en el BOE de 21 de junio de 2001).

\*Real Decreto 105/2008, de 1 de Febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

\*Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.

\* Guía de aplicación de pararrayos autoválvulas UNESA.

\* NTE-IEP. Norma tecnológica del 24-03-73, para Instalaciones Eléctricas de Puesta a Tierra.

\* Normas UNE y recomendaciones UNESA.

\* Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.

\* Ordenanzas municipales del ayuntamiento donde se ejecute la obra.

\* Condicionados que puedan ser emitidos por organismos afectados por las instalaciones.

\* Normas particulares de la compañía suministradora.

\* Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones

\*Centros de Transformación prefabricados.

\* Normas y recomendaciones de diseño de aparamenta eléctrica:

CEI 60694 UNE-EN 60694

\*Estipulaciones comunes para las normas de aparamenta de Alta Tensión.

CEI 61000-4-X UNE-EN 61000-4-X

\*Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida.

CEI 62271-200 UNE-EN 62271-200

\*Aparata bajo envolvente metálica para corriente alterna de tensiones asignadas superiores a 1kV e inferiores o iguales a 52kV.

CEI 60129 UNE-EN 60129

\*Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.

CEI 60265-1 UNE-EN 60265-1

\*Interruptores de Alta Tensión. Parte 1: Interruptores de Alta Tensión para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores a 52kV.

CEI 60420 UNE-EN 60420

\*Combinados interruptor - fusible de corriente alterna para Alta Tensión.

\* Normas y recomendaciones de diseño de transformadores:

CEI 60076-X UNE-EN 60076-X

\*Transformadores de potencia.

UNE 20101-X-X

\*Transformadores de potencia.

\* Normas y recomendaciones de diseño de transformadores (aceite):

RU 5201D

\*Transformadores trifásicos sumergidos en aceite para distribución en Baja Tensión.

UNE 21428-X-X

\*Transformadores trifásicos sumergidos en aceite para distribución en Baja Tensión de 50kVA A 2.500kVA, 50Hz, con tensión más elevada para el material de hasta 36kV- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias, de fecha 12 de noviembre de 1.982.

\*Recomendaciones internacionales: CEI 60298, 60129, 60265, 62271-1, 60694, 60420.

\* Normas españolas: UNE-EN 60298, 60129, 60265-1, 60694, 21081.

\*Además se aplicará el Proyecto Tipo UNESA de "Líneas subterráneas de Alta Tensión hasta 30 kV", las normas IBERDROLA que existan, y en su defecto las Recomendaciones UNESA, normas UNE, EN y documentos de Armonización HD. Se tendrán en cuenta las Ordenanzas Municipales y los condicionados impuestos por los Organismos públicos afectados.

\* Ordenación del Sistema Eléctrico Nacional y desarrollos posteriores.

Aprobado por Ley 40/1994, B.O.E. 31-12-94.

\* NTE-IEP. Norma tecnológica del 24-03-73, para Instalaciones Eléctricas de Puesta a Tierra.

\* Normas UNE y recomendaciones UNESA.

\* Condicionados que puedan ser emitidos por organismos afectados por las instalaciones.

\* DOE 236 de 9 de noviembre de 2014 "Instrucción 1/2014 de la Dirección General de Industria y Energía sobre protecciones contra sobretensiones".

## **C. Necesidades y prestaciones de las instalaciones requeridas.**

### **a. Justificación de la potencia a instalar.**

En los capítulos siguientes se exponen los criterios seguidos en cuanto a las previsiones de cargas y coeficientes de simultaneidad en las REDES de baja tensión (Túnel), en lo que se refiere a la CARGA DEL TRANSFORMADOR, de acuerdo con la Instrucción ITC-BT-10 del R.E. de B.T. y que se han calculado mediante la suma aritmética de todas las cargas debido al ciclo de funcionamiento, ya que por causas del programa de instalación del conjunto y de los diferentes alumbrados calculados es posible y probable el funcionamiento de todos los receptores simultáneamente. Debido a este fenómeno el coeficiente de simultaneidad aplicado en esta instalación es la unidad exceptuando en el sistema de ventilación.

<b>TÚNEL AUTOVIA EX-A1</b>	
Potencia Servicios Comunes	129,967 kW
Potencia Tubo de 3 Carriles	257,417 kW
Potencia Tubo de 2 Carriles	192,313 kW
<b>Potencia total túnel</b>	<b>579,697 kW</b>

En el Anejo de Baja Tensión se encuentran explicadas y detalladas cada una de las potencias y aparatos que dan una suma total de **579,697 kW**.

#### **b. Empresa suministradora.**

**IBERDROLA DISTRIBUCION ELECTRICA, S.A.U** dispone en las inmediaciones de dos Líneas Subterráneas de Media Tensión a **20 kV.**, obteniéndose a la salida del transformador una tensión de 400 V entre fases y 230 V. entre fase y neutro, que será como se realice la distribución en Baja Tensión, de la cual se saldrá.

La empresa suministradora Iberdrola proporciona dos puntos de enganche a la entrada y salida del túnel que en este caso no son objeto de estudio en este proyecto.

#### **D. Soluciones adoptadas**

Se describen a continuación los conceptos referentes a túneles que serán tratados a lo largo de este proyecto:

**Salidas de emergencia y vías de evacuación:** Las salidas de emergencia permitirán a los usuarios del túnel utilizarlas para abandonar el túnel sin sus vehículos y llegar a un lugar seguro en caso de accidente o incendio y también proporcionarán acceso a pie a los servicios de emergencia del túnel [RD 635/2006]. Dichas salidas podrán ser:

- Salidas directas del túnel al exterior.
- Conexiones transversales entre tubos del túnel.
- Salidas a galería de emergencia.

**Tránsfer o cruce de mediana:** Siempre que sea viable técnicamente se debe posibilitar el cruce de la mediana en la proximidad cada boca en el exterior de los túneles para facilitar el acceso de los servicios de emergencia.

**Cuartos de servicio:** Para que un túnel como el tratado en este proyecto disponga de completo servicio debe servirse de los siguientes cuartos:

- **Cuartos técnicos:** En ellos se encuentran los Centros Generales de Baja Tensión (CGBT) y algunos equipos de ayuda a la comunicación dentro del túnel.

- **Cuartos de grupo electrógeno:** En ellos se encuentra el grupo electrógeno, de apoyo al suministro eléctrico.

- **Centros de transformación:** Para transformar de Media Tensión (MT) a Baja Tensión (BT).

- **Central hídrica:** Para bombear el agua de la red de Bocas de Incendio Equipadas (BIEs) e hidrantes a usar en caso de incendio. Propiedad del ayuntamiento de Coria.

- **Centro de control:** En el cual se recoge la información relevante, y dispone de operarios.

**Ventilación:** La ventilación en túneles es muy importante debido a que un túnel es una zona relativamente cerrada en la cual el aire tiende a enrarecerse por la presencia de vehículos. De hecho, el código de circulación indica que dentro de un túnel los conductores deben apagar el motor si prevén que el vehículo permanecerá parado más de 2 minutos.

Además se cuenta con el riesgo de incendio, y las correspondientes emisiones de humos tóxicos.

**Alumbrado:** El alumbrado dentro de un túnel es especial, dado que no se limita a iluminar, sino que además tiene en cuenta que la vista del conductor debe adaptarse al contraste entre el exterior y el interior. Además, se tiene en cuenta que el sistema de alimentación del alumbrado puede fallar y se debe disponer de un alumbrado de seguridad.

**Red de postes SOS:** De igual modo que una autopista dispone de una red de puestos de SOS cada cierta distancia, el interior de un túnel dispone de una prolongación de dicha red.

**Detección de emisiones:** Para evitar el enrarecimiento del aire de forma eficiente se dispone de un sistema de detección de emisiones que debe coordinarse adecuadamente con el sistema de ventilación.

**Detección de incendios:** Para el sistema de ventilación, el incendio es la situación más crítica. El sistema de detección de incendios no se limita sólo al túnel, sino que también se detectan los posibles incendios en los cuartos de servicio.

**Extinción de incendios:** Los túneles disponen de elementos para la extinción activa de posibles incendios, como la red de agua para BIEs e hidrantes, extintores portátiles, y extinción automática por gas, así como sistemas de alarma.

**Red de comunicaciones:** En los túneles de características como las de este proyecto, se intenta conseguir el pleno conocimiento de los acontecimientos relativos a la seguridad en el interior, teniendo en cuenta que desde el exterior no se podría saber qué ocurre dentro. Para ello se establecen sistemas de recogida de datos que se comunican al centro de control, se recogen también los datos sobre emisiones, el flujo de vehículos entrantes y salientes, etc. Además, desde el centro de control se puede informar a los usuarios del túnel mediante el sistema de megafonía y mediante los paneles de mensaje variable.

#### a. Descripción de las instalaciones

##### Descripción del Túnel:

Para el suministro eléctrico del túnel se partirá desde los puntos de conexión dados por la compañía Distribuidora en la entrada y salida del túnel, de las Líneas subterráneas de M.T. CORIA QUE ALIMENTAN COMPLEJO INDUSTRIAL CETARSA Y UNA URBANIZACIÓN DE CHALETS PRÓXIMA, propiedad de IBERDROLA, S.A.U., con dos líneas subterráneas de Media Tensión hasta los centros de seccionamiento, en los cuales, se alimentará el centro de Transformación Prefabricado de 1000 kVAs y desde éste a todas las instalaciones necesarias del Túnel EX-A1.

Se trata de dos perforaciones con acabado en hormigón, delimitando un ancho de calzada de 10 metros con arcén incluido en ambos lados de 1,50 metros de ancho para el túnel de 2 carriles y 13,5 metros con arcén incluido en ambos lados de 1,50 metros de ancho para el túnel de 3 carriles. La longitud del túnel será de 600 metros para ambas perforaciones y también tendrá aceras de 1 metro de anchura a cada lado para la evacuación y circulación de las personas si fuera necesario.

El túnel se ilumina únicamente mediante luces de LED y fluorescencia para las emergencias, ya que presentan un buen rendimiento, facilitan la percepción de la señalización y tienen un índice de depreciación y mortalidad muy bajo. Sólo se utilizarán combinaciones de lámparas de 268, 212, 179, 129, 98 W respectivamente según las necesidades de iluminación y tramo.

Para la iluminación interior se consideran 8 tramos diferentes y tres niveles diferentes de intensidad luminosa que permitan al usuario una adaptación progresiva a las condiciones e iluminación interior.

El montaje de las luminarias se efectuará a una altura de 6 metros mientras que los equipos de emergencia se montarán a 50 cm por encima del nivel de la calzada. También en el interior del túnel se ha considerado un alumbrado de emergencia constituido por equipos autónomos, que en caso de un fallo general se mantendrá encendido, éste alumbrado consta del alumbrado permanente y el alumbrado de emergencia.

### **Descripción de las instalaciones:**

A la entrada y salida del túnel de 3 carriles se instalarán 2 centros de seccionamiento que reciben las líneas subterráneas de media tensión de 20 KV por cada lado propiedad de la compañía Iberdrola. En cada Centro de Seccionamiento habrá una celda de línea, otra de medida y otra de seccionamiento. De cada uno de los centros de seccionamiento se saldrá con su correspondiente línea subterránea al único centro de transformación situado aproximadamente en el centro del túnel.

El subsistema de las instalaciones que permitirá la alimentación y distribución de la energía del alumbrado, estará compuesto por los cuadros eléctricos de distribución en baja tensión con sus componentes, protecciones y automatismos; por la red de cables de alimentación de la línea de media tensión y todos los elementos necesarios para la distribución de la energía como el centro de transformación.

También formarán parte del subsistema los equipos de continuidad.

Las líneas partirán desde los cuadros generales situados en el edificio de baja tensión, ubicado en el centro del túnel. Los cables irán enterrados bajo tubo desde los centros de seccionamiento hasta el centro de transformación y a donde se estime necesario para su óptimo funcionamiento y pasarán, o bien por las canalizaciones, o bien por el interior de canaletas metálicas (bandeja ranurada) sujetas a las paredes de la estructura hasta llegar al nivel de las bandejas.

Las líneas de distribución del alumbrado y fuerza, discurrirán por bandejas metálicas, con una tensión de aislamiento en toda la instalación de 1 kV.

Todas las líneas estarán protegidas contra posibles cortocircuitos y corrientes de defecto por lo que con objeto de cumplir lo prescrito en la ITC-BT-17, se emplearán interruptores magnetotérmicos de limitación de las corrientes de cortocircuito y una protección diferencial general, o varias protecciones diferenciales con objeto de separar los eventuales defectos que puedan aparecer. También se instalarán las pertinentes protecciones de sobretensión que son de obligado cumplimiento en la comunidad de Extremadura (DOE 20 de noviembre de 2014) para proteger cualquier aparato o máquina sensible a posibles sobretensiones.

La sensibilidad de los relés será la descrita posteriormente en cada uno de los circuitos y reflejada en el esquema unifilar, contemplándose en él, los calibres de los aparatos seleccionados de acuerdo con los criterios anteriormente expuestos y respetando el concepto de selectividad diferencial.

En todas las derivaciones y a través de cajas de derivación se emplean dispositivos de conexión a tornillo o sistemas equivalentes.

Para el cálculo de las secciones de los conductores a utilizar en estas líneas se ha de tener en cuenta las caídas de tensión reglamentarias del 4,5 % para la iluminación y de 6,5 % para los demás casos ya que el C.T. es propiedad del abonado. Estas caídas permitidas se contabilizan desde el origen de la instalación (C.T.) hasta cualquier punto de utilización, de acuerdo con las intensidades máximas admisibles según la ITC-BT-19.

La derivación de la línea principal hacia cada luminaria interior del túnel se efectuará mediante cajas de derivación de doble aislamiento con múltiples salidas.

Dichas cajas deberán disponer de una etiqueta con código especificado en el plano y se situará en la placa de baquelita del conjunto. Así como todas las líneas estarán marcadas mediante etiquetas resistentes a la intemperie cada 20 m con el código de circuito o bien con el código de luminaria según proceda, dicha identificación deberá existir también al inicio y fin de cada manguera y en las arquetas.

### **Trazado**

Las Líneas tendrán su trazado por el interior del túnel de la Autovía EX-A1 porque las líneas propiedad de Iberdrola ya existen y no son objeto de este proyecto. Conocemos las características de ellas para dar suministro al Túnel que nos proporciona Iberdrola en este caso y su tensión nominal es de 20 kV.

### b. Características línea subterránea Media Tensión.

Las líneas subterráneas de MT previstas se iniciarán desde los centros de seccionamiento, hasta el Centro de Transformación proyectado, el cual, se instalará un edificio prefabricado, homologado por la compañía, todo ello según planos adjuntos.

Existirán otros dos tramos de líneas subterráneas de Media Tensión que son en las que se realizan las conexiones de las dos líneas subterráneas de Iberdrola con las líneas subterráneas que alimentan a ambos Centros de Seccionamiento.

#### Conductor.

El conductor a emplear en el tendido de la línea según NI-56.43.01 presentará las siguientes características:

Denominación UNE.....	RHZ1 12/20 H16
Naturaleza.....	Aluminio
Tensión Nominal.....	12/20 kV
Diámetro exterior.....	35,3 mm
Peso.....	1.275 kg/km
Aislante.....	Polietileno reticulado (XLPE)
Pantalla.....	Hilo de cobre
Sección Empleada.....	150 mm <sup>2</sup>
Tensión de ensayo a 50 Hz.....	30 kV
Tensión cresta prueba impulso...	125 kV
Resistencia eléctrica 50 Hz.....	0,233 Ω/km
Reactancia eléctrica 50 Hz.....	335 A
Carga Máxima enterrado a 1 m..	0,112 Ω/km
Temperatura trabajo conductor:	
En servicio.....	90° C
Durante sobrecarga.....	130° C
En cortocircuito.....	250° C

El conductor cumple las normas:

UNE-HD 620-10E - Norma constructiva y de ensayos, IEC 60502-2 - Norma constructiva y de ensayos, UNE-EN 60754 - Libre de halógenos. Baja acidez y corrosividad de los gases y IEC 60754 - Libre de halógenos. Baja acidez y corrosividad de los gases.

### Empalmes y Conexiones

Los criterios seguidos en cuanto a empalmes y derivaciones.

En las líneas subterráneas de M.T. no se admiten empalmes de conductores, debido a que son simples acometidas desde el punto de enganche a los C.S., con pequeñas longitudes (inferiores a 20 m).

En las líneas subterráneas de M.T., se realizarán con terminales unipolares apropiadas para el conductor de **12/20 k.v. y 3x(1 x 150)** mm<sup>2</sup> de sección en Al, recomendadas por el fabricante del conductor y Normas NIDSA.

### c. Centros de Seccionamiento

Los centros de seccionamiento objeto del presente proyecto será de tipo interior, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envoltente metálica según norma UNE-EN 60298.

Las acometidas a los mismos serán subterráneas, alimentando a los centros mediante dos redes de Media Tensión (una por cada lado del túnel), y el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 20 kV y una frecuencia de 50 Hz.

Los edificios de los centros de seccionamiento que se han adoptado son prefabricados, por estimar que son los que mejor se adaptan al tipo de distribución proyectada y al lugar de la instalación.

De entre los diferentes tipos que se fabrican hemos elegido los **SCHNEIDER**, por tenerlos normalizados Iberdrola, S.A.U., siendo, además, los que más utiliza en su zona de distribución, no obstante, puede utilizarse cualquiera otra con características técnicas similares, que estén homologados por la compañía eléctrica, ya que la instalación es del abonado.

Para **UN transformador de 1000KVA**, el modelo elegido es **ECS 24 kV o similar**.

En su interior habrá 3 celdas:

- Una de línea
- Otra de medida
- Otra de seccionamiento.

La descripción, esquema unifilar y características se reflejarán en planos adjuntos.

### **Protecciones**

En la Celda de Protección del C.T. se instalarán los fusibles de la intensidad a calcular de **24 KV**, de aislamiento.

### **Trazado.**

Las líneas subterráneas que unirán las dos líneas de Iberdrola con la instalación del abonado tendrán una longitud máxima de 20 m y enlazarán los dos centros de seccionamiento con las dos líneas de suministro eléctrico propiedad de Iberdrola de 20 kV.

Las líneas subterráneas proyectadas tendrán una longitud en planta de 300 m desde cada centro de seccionamiento hasta la entrada al Centro de transformación y discurrirán por el interior del túnel del tubo de 3 carriles.

El tendido de la línea subterránea de media tensión se realizará de forma que no se curve el cable excesivamente, y caso de realizarse el tendido con esfuerzo de tracción este se aplicará sobre el conductor no sobre el aislamiento, de forma que la tracción no supere los 5 Kg/mm<sup>2</sup> de la sección del conductor, todo ellos según normas de la compañía.

Para la conexión del conductor a la celda de entrada se colocarán terminales unipolares para cable seco de interior respectivamente. Las pantallas de los cables se conectarán a la toma de tierra de protección del C.T, descritos en apartado correspondiente.

### **Canalizaciones Entubadas**

En todo su trazado, los conductores irán entubados a una profundidad mínima de 1,00 m., desde la rasante del terreno a la parte superior del conductor o canalización en su caso y 60 cm. de anchura. Siempre que sea posible el cruce se hará perpendicular al eje del vial e irán enterrados con tubos de PVC de 160 mm de diámetro. Estas deberán quedar debidamente selladas por sus extremos, a la entrada de la arqueta y una guía metida por cada tubo Además se instalará un multitubo, designado como MTT 4x40, según NI 52.95.20, que se utilizará cuando sea necesario, como conducto para cables de control, red multimedia, etc. A este tubo se le dará continuidad en todo su recorrido, al objeto de facilitar el tendido de los cables de control y red multimedia incluido en las arquetas y calas de tiro si las hubiera.

En cada uno de los tubos se instalará un solo circuito. Se evitará en lo posible los cambios de dirección de los tubulares. En los puntos donde estos se produzcan, se dispondrán preferentemente de calas de tiro y excepcionalmente arquetas ciegas, para facilitar la manipulación.

En los tramos en que se discurra por la calzada, la apertura de la zanja, se realizará previo "corte" del material que configura el acabado del pavimento, mediante maquina cortadora de juntas provista de disco de diamante. La disposición de materiales en la zanja será la siguiente: En el fondo de la zanja y en toda su extensión se colocará una solera de limpieza de 5 cm. de



espesor de hormigón H 175, sobre la que se depositarán los tubos o conductores dispuestos por planos. A continuación se colocará otra capa de hormigón de H 175 hasta el nivel del pavimento. Se repondrá el pavimento con el mismo material que existía con anterioridad a la apertura de la zanja con un espesor mínimo de 5 cm. El radio de curvatura después de colocado el cable será como mínimo de 15 veces el diámetro.

En los tramos en que se discurra por acerado, la disposición de materiales en la zanja será la siguiente: en el fondo de la zanja y en toda su extensión se colocará una solera de limpieza de 5 cm. de espesor de arena lavada, sobre la que se depositarán los conductores o tubos dispuestos por planos. A continuación se colocará otra capa de arena hasta que cubra las canalizaciones dejando una distancia de 50 cm. hasta el nivel de acabado de la zanja. A continuación se colocará otra capa de Tierra, arena, todo-uno y zahorra compactada hasta el nivel del acerado si no hay tránsito de vehículos y de hormigón H 175 si es acerado con tránsito de vehículos. Se repondrá el acerado con baldosas iguales o con la mayor similitud a las que existían con anterioridad a la apertura de la zanja. El radio de curvatura después de colocado el cable será como mínimo de 15 veces el diámetro.

En todo el trazado, a una distancia mínima del suelo de 10 cm. y 30 cm. de la parte superior del cable, se colocará una cinta de señalización como advertencia de la presencia de cables eléctricos, las características, color, etc, de esta cinta serán las establecidas en la NI 29.00.01, todo ello según planos adjuntos.

LA ZANJA DE M.T y B.T., discurrirá por el lugar indicado en los planos siempre habrá que dejar un tubo de reserva previsto. De acuerdo con Normas NIDSA y planos adjuntos.

#### **Arquetas**

En la cabecera de las arquetas se colocarán los marcos y tapas indicadas en planos, debidamente enrasadas con el pavimento y enlucidas por dentro. Los marcos se recibirán con mortero M250.

En la boca de los tubos termoplásticos sin ocupación de cables se colocarán los tapones correspondientes, debidamente presionados. En los que contengan cables se taponarán sus bocas con espuma de poliuretano u otro procedimiento autorizado por la Distribuidora. Se seguirá, en cualquier caso, las instrucciones dadas por el fabricante.

Se seguirán las instrucciones indicadas en el Proyecto tipo MT 2.31.01. (04-03) de Iberdrola, en el que las arquetas tendrán que dejar una altura libre de 70 cm. para las líneas de baja tensión y deberán ir ciegas para las canalizaciones de Media Tensión cuando se produzcan cambios de dirección. En el caso de que no se produzca cambio de dirección, no se registrará en la arqueta la canalización de Media Tensión.

#### **d. Características generales Centro de Transformación.**

El Centro de Transformación que se ha adoptado, corresponde al tipo de prefabricado, de acuerdo con la normativa de Iberdrola S.A.U. en la zona de distribución y este corresponden con los denominados Schneider o similar, de superficie concreto.

Se instalará un C.T, con **UN transformador de 1000KVA**, del tipo Homologado por Iberdrola y de acuerdo con Cálculos y Planos adjuntos.

#### **Características principales**

Los edificios de los centros de transformación que se han adoptado son prefabricados, por estimar que son los que mejor se adaptan al tipo de distribución proyectada y al lugar de la instalación.

De entre los diferentes tipos que se fabrican hemos elegido los **Schneider**, por tenerlos normalizados Iberdrola, S.A.U., siendo, además, los que más utiliza en su zona de distribución, no obstante, puede utilizarse cualquier otro con características técnicas similares, que estén homologados por la compañía eléctrica, ya que la instalación es del abonado y deben cumplir la

peculiaridad de tener una celda de conmutación y no todos los modelos de centros de transformación prefabricados la admiten.

Para **UN transformador de 1000KVA**, el modelo elegido es **Schneider Concerto**

La envolvente (base, paredes y techos) de hormigón armado se fabrica de tal manera que se carga sobre un camión como un solo bloque en la fábrica.

Las celdas que se van a colocar serán:

- 1 Celda de conmutación automática.
- 1 Celda de protección.

### Edificio prefabricado de hormigón

Las dimensiones exteriores, del local en planta baja para alojar el C.T., serán las siguientes:

Altura Total	<b>2,75</b> m.
Longitud Total	<b>4,83</b> m.
Anchura total	<b>2,50</b> m.

### Celdas SM6 Tipo SF6

Esta es una celda compacta de reducidas dimensiones con 1, 3 o 4 funciones integradas en una única envolvente metálica rellena de gas SF6.

Este conjunto monobloque con aislamiento integral constituye el componente MT de un CT MT/BT

Esta reagrupa en una única envolvente metálica todas las funciones de MT que permiten la maniobra de la red; así como la conexión, la alimentación y la protección de los transformadores:

**FUNCION LINEA**, con interruptor seccionador **400 A., 16 KA/1s y 24 KV.**, para maniobrar la entrada o de salida de cables del C.T. (se instalarán 2)

**FUNCION PROTECCION DEL TRANSFORMADOR**, con interruptor/fusibles (P y Q) de **400 A., 16 KA/1s y 24 KV.** y Fusible de **63 A. (D)**

### Cuadro de B.T. del C.T. (ecolan)

CBT0 ECOLAN 1500A - (a petición de la compañía para futuras ampliaciones en la zona)

Compuesto de un seccionador vertical de 3P+N 1.000 A. de accionamiento en vacío, con acometida superior y acometida auxiliar o socorro. Bases portafusibles(TRIVER)

Características Técnicas:

Tensión nominal: 440 V.

Intensidad nominal: 1000 A .

Intensidad nominal por salida: Bases TRIVER 160-400

Nº de salidas: **3+3** ó 4+4.

Tensión a Frecuencia Industrial: Fase-masa 10 kV

Fase-masa 2,5 kV.

Resistencia a cortocircuitos: 15 KV.1 sg. Para modelo 1000 A.

Grado de Protección: IP 2X e IK 08.

### e. Características red de Distribución en Baja Tensión.

Según el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002).el local en proyecto y la ITC-BT-04.- 3.1.- **Grupo j.- Se trata de una RED PUBLICA Y PRIVADA, INDIVIDUALES AEREAS O SUBTERRÁNEAS**

Desde los cuadros de baja tensión del C.T. proyectado partirán varias líneas de distribución previstas para alimentar a los diferentes suministros. Se realizarán en montaje subterráneo, bajo tubo, bajo tubo empotrado y en bandeja metálica perforada. La tensión nominal de los conductores será de 0,6/1 Kv., siendo el 0,6 la tensión nominal entre cada de los conductores y tierra y 1 Kv. la tensión entre conductores

La mayor parte de las líneas serán de cuatro conductores, tres fases y neutro, exceptuando las líneas que alimenten a componentes trifásicos como el sistema de ventilación.

El trazado de la red se adecua a la ubicación del centro de transformación y al trazado de la red de alta tensión que discurre en montaje subterráneo. La red discurre por los ACERADOS coincidiendo a veces con la red de alta tensión.

### **Conductores**

La alimentación a los receptores que serán necesarios para el correcto funcionamiento del túnel se realizará en baja tensión, 230/400 V.

Todos los circuitos partirán desde el local de distribución construido en la mitad de los túneles.

La distribución interior se efectuará por bandejas metálicas mientras que la distribución exterior se realizará subterránea.

La distribución exterior se realizará por red subterránea. Las características de la zanja, tal y como se verá más adelante, dependerán de si se ubican en calzada o en acera.

Toda la instalación eléctrica de baja tensión estará compuesta por elementos de cero halógenos, baja emisión de humos, no propagadores de llama y no propagadores de incendio. El cable con el que se efectuará la instalación posee las siguientes características:

- Designación: RZ1-K (AS)
- Norma constructiva UNE 21123-4
- Tensión de aislamiento 0,6/1 kV
- Ensayo de tensión en c.a. durante 5 minutos: 3500 V
- Temperatura de servicio (instalación fija): -40°C,+90°C. Cable termoestable
- No propagación de la llama
- No propagación del incendio
- Libre de halógenos
- Reducida emisión de gases tóxicos
- Baja emisión de humos opacos
- Muy baja emisión de gases corrosivos

### **F.- Iluminación.**

Basándose en los diferentes tipos de insolación previstos en esta zona, se pueden adoptar diferentes regímenes de encendido de la instalación de alumbrado, de modo que se acomoden a días soleados, días nublados y noche o permanente.

En nuestro caso hemos realizado 3 tipos de iluminación diferentes:

- Alumbrado nocturno o permanente.
- Alumbrado para días nublados.
- Alumbrado para días soleados.

Toda la iluminación de ambos tubos está realizada con luminarias tipo de LED marca Schreder o similar con diferentes potencias de instalación dependiendo de la necesidad de iluminación y acordes con el alumbrado en el que estén instaladas. Las características de las luminarias LED se describen a continuación y tienen un detalle más amplio en los planos adjuntos:

- Máximos ahorros energéticos
- Motor fotométrico LensoFlex2® que ofrece un alto rendimiento fotométrico, confort y seguridad.

Solución flexible: perfil de aluminio extruido para ajustar el número de LEDs a los requerimientos del túnel

- ThermiX®: mantiene las altas prestaciones a lo largo del tiempo
- Varias inclinaciones posibles ajustables in-situ para ofrecer la fotometría óptima
- FutureProof: fácil reposición in situ del driver o del motor fotométrico
- Sistema de control pudiéndose adaptar a las necesidades del cliente.
- Hermeticidad bloque óptico: IP 66
- Resistencia a los impactos (vidrio): IK 08
- Tensión nominal: 230 V - 50 Hz
- Clase eléctrica: US 1 y UE I

Los cálculos de iluminación han sido confeccionados mediante el programa de DIALux. En la colección de cálculos de iluminación se adjuntan las tablas con los resultados de cada uno de los tubos y cada tramo.

### **E. Plazo y diagrama de ejecución**

Nombre		Duración	Inicio	Terminado	Half 1, 2016												
					Half 2, 2015												
					M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M
1	<b>Instalación Eléctrica Túnel Ex-A1</b>	<b>263 da...</b>	<b>27/04/15 8:00</b>	<b>27/04/16 17:00</b>													
2	Excavación Avanza	66 days	27/04/15 8:00	27/07/15 17:00													
3	Excavación Destroza	22 days	28/07/15 8:00	26/08/15 17:00													
4	<b>Drenes, Grava, Tubos Drenaje e Impermeabilización</b>	<b>10 days</b>	<b>27/08/15 8:00</b>	<b>9/09/15 17:00</b>													
5	Drenes	3 days	27/08/15 8:00	31/08/15 17:00													
6	Tubos Drenaje	2 days	1/09/15 8:00	2/09/15 17:00													
7	Grava	2 days	3/09/15 8:00	4/09/15 17:00													
8	Impermeabilización Suelo	3 days	5/09/15 8:00	9/09/15 17:00													
9	Hormigón Base (limpieza), Enganche Tubos	6 days	10/09/15 8:00	17/09/15 17:00													
10	<b>Colocación Tubos, Arquetas y Encofrados</b>	<b>20 days</b>	<b>18/09/15 8:00</b>	<b>15/10/15 17:00</b>													
11	Colocación Tubos y Bridado	6 days	18/09/15 8:00	25/09/15 17:00													
12	Arquetas	6 days	26/09/15 8:00	5/10/15 17:00													
13	Encofrados	8 days	6/10/15 8:00	15/10/15 17:00													
14	Hormigonar Túneles con Carro de Hormigón	10 days	16/10/15 8:00	29/10/15 17:00													
15	<b>Excavació Zanjas Exteriores</b>	<b>37 days</b>	<b>27/08/15 8:00</b>	<b>16/10/15 17:00</b>													
16	Apertura Zanjas	16 days	27/08/15 8:00	17/09/15 17:00													
17	Colocación Tubos y Bridas	6 days	18/09/15 8:00	25/09/15 17:00													
18	Arquetas	6 days	26/09/15 8:00	5/10/15 17:00													
19	Encofrados	8 days	7/10/15 8:00	16/10/15 17:00													
20	<b>CT, CS, CG y ST</b>	<b>45 days</b>	<b>18/09/15 8:00</b>	<b>19/11/15 17:00</b>													
21	Instalación de Tierras	2 days	18/09/15 8:00	21/09/15 17:00													
22	Preparación Terreno, nivelado	2 days	22/09/15 8:00	23/09/15 17:00													
23	Acopio Material	2 days	22/09/15 8:00	23/09/15 17:00													
24	Construcción CT, CS, CG y ST	42 days	23/09/15 8:00	19/11/15 17:00													
25	<b>Línea MT</b>	<b>12 days</b>	<b>20/11/15 9:00</b>	<b>8/12/15 9:00</b>													
26	Acopio Material	2 days	20/11/15 9:00	24/11/15 9:00													
27	Enganche Iberdrola con CS	4 days	21/11/15 9:00	26/11/15 17:00													
28	Líneas Subterráneas	7 days	27/11/15 9:00	8/12/15 9:00													
29	<b>Montaje CT, CS, CG</b>	<b>17 days</b>	<b>9/12/15 9:00</b>	<b>1/01/16 9:00</b>													
30	Acopio Material	3 days	9/12/15 9:00	14/12/15 9:00													
31	Montaje Transformador	1 day	15/12/15 9:00	16/12/15 9:00													
32	Montaje de Celdas	2 days	17/12/15 9:00	21/12/15 9:00													
33	Montaje Grupo	3 days	24/12/15 9:00	29/12/15 9:00													
34	Conexionado	2 days	30/12/15 9:00	1/01/16 9:00													

	Nombre		Duración	Inicio	Terminado	
35	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Baja Tension</b>		<b>75 days</b>	<b>4/01/16 8:00</b>	<b>15/04/16 17:00</b>	
36	Acopio Material		3 days	4/01/16 8:00	6/01/16 17:00	
37	Montaje Bandejas, Luminarias, Cableado y señalización ca...		58 days	7/01/16 8:00	28/03/16 17:00	
38	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Iluminación Exterior, Señalización Eléctrica Exterior...</b>		<b>20 days</b>	<b>7/01/16 8:00</b>	<b>3/02/16 17:00</b>	
39	Cableado y Tierras		6 days	7/01/16 8:00	14/01/16 17:00	
40	Báculos y luminarias exteriores		8 days	15/01/16 8:00	26/01/16 17:00	
41	Señalización Eléctrica Exterior (Semáforos, PMV, Etc)		6 days	27/01/16 8:00	3/02/16 17:00	
42	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Instalación Megafonía, Sistema SOS, Detección de ...</b>		<b>38 days</b>	<b>4/02/16 8:00</b>	<b>28/03/16 17:00</b>	
43	Acopio Material		2 days	4/02/16 8:00	5/02/16 17:00	
44	Megafonía		16 days	6/02/16 8:00	29/02/16 17:00	
45	SOS		6 days	1/03/16 8:00	8/03/16 17:00	
46	Detección incendios (cable termico, detectores Termovel...		13 days	8/03/16 8:00	24/03/16 17:00	
47	Puertas Emergencias Tránsfer		2 days	25/03/16 8:00	28/03/16 17:00	
48	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Montaje, Conexionado de Cuadros Eléctricos</b>		<b>7 days</b>	<b>29/03/16 8:00</b>	<b>6/04/16 17:00</b>	
49	Acopio Material		1 day	29/03/16 8:00	29/03/16 17:00	
50	Montaje y Conexionado		5 days	31/03/16 8:00	6/04/16 17:00	
51	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Prevención Incendios</b>		<b>14 days</b>	<b>29/03/16 8:00</b>	<b>15/04/16 17:00</b>	
52	Acopio Material		2 days	29/03/16 8:00	30/03/16 17:00	
53	Instalación tuberías		6 days	1/04/16 8:00	8/04/16 17:00	
54	Instalación Bies, Hidrantes, etc		4 days	9/04/16 8:00	14/04/16 17:00	
55	Instalación Motores, válvulas, etc		2 days	14/04/16 8:00	15/04/16 17:00	
56	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Señalización Vertical y Horizontal</b>		<b>3 days</b>	<b>18/04/16 8:00</b>	<b>20/04/16 17:00</b>	
57	Señalización Vertical		2 days	18/04/16 8:00	19/04/16 17:00	
58	Señalización Horizontal		1 day	20/04/16 8:00	20/04/16 17:00	
59	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Montaje equipos Sala Técnica</b>		<b>2 days</b>	<b>21/04/16 8:00</b>	<b>22/04/16 17:00</b>	
60	Montaje Equipos y conexionado		1 day	21/04/16 8:00	21/04/16 17:00	
61	Pruebas		1 day	22/04/16 8:00	22/04/16 17:00	
62	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Revisión instalaciones y prueba de todos los sistemas</b>		<b>3 days</b>	<b>22/04/16 8:00</b>	<b>26/04/16 17:00</b>	
63	Medicion Tierras		1 day	22/04/16 8:00	22/04/16 17:00	
64	MediciónAislamiento		1 day	23/04/16 8:00	25/04/16 17:00	
65	Pruebas Instalaciones		1 day	26/04/16 8:00	26/04/16 17:00	
66	Seguridad y Salud		263 days	27/04/15 8:00	27/04/16 17:00	
67	Control Materiales, Residuos Construcción y pruebas		263 days	27/04/15 8:00	27/04/16 17:00	
68	Entrega Obra		263 days	27/04/15 8:00	27/04/16 17:00	



### F. Resumen de presupuesto

Descripción	Importe Euros
1 ALTA TENSIÓN	128.985,72
...1.1 ... LINEA DE MEDIA TENSIÓN	39.820,00...
...1.2 ...CENTRO DE SECCIONAMIENTO	42.103,96...
...1.3 ...CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	47.061,76...
2 REDES DE DISTRIBUCIÓN Y CABLEADO	532.479,57
3 BAJA TENSIÓN	711.705,57
4 ALUMBRADO DEL TÚNEL	1.565.686,30
...4.1 ALUMBRADO INTERIOR	1.365.213,70..
...4.2 ...ALUMBRADO EXTERIOR	125.494,84...
...4.3 ...ALUMBRADO EMERGENCIA	74.977,80...
5 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	431.458,34
...5.1 ...EXTINCIÓN DE INCENDIOS	370.395,41...
...5.2 ...DETECCIÓN DE INCENDIOS	61.062,93...
6 VENTILACIÓN	527.142,34
7 MEGAFONÍA	14.776,92
8 GUIADO DEL TRÁFICO	378.399,04
...8.1 ...SEÑALIZACIÓN ELÉCTRICA	354.902,78...
...8.2 ... SEÑALIZACIÓN VIAL	6.321,56...
...8.3 ...SEÑALIZACIÓN EVACUACIÓN DE EMERGENCIAS	17.264,70...
9 PUERTAS DE EMERGENCIAS	50.322,00
10 SALA DE CONTROL	267.161,23
11 GESTIÓN RESIDUOS	21.280,34
12 SEGURIDAD Y SALUD	116.820,00
13 PLAN DE CONTROL	55.154,50
<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>4.801.371,90</b>
Gastos generales 13%	624.178,35
Beneficio industrial 6 %	217.022,01
Parcial	5.642.572,30
Impuesto valor añadido 21 %	1.184.940,20
<b>TOTAL ADJUDICACIÓN</b>	<b>6.827.512,50</b>
Asciende el presente presupuesto a la expresada cantidad de:	
<b>SEIS MILLONES OCHOCIENTOS VEINTISIETE MIL QUINIENTOS DOCE Y CINCUENTA CENTIMOS</b>	

**G. Conclusión a la Memoria y firma**

Considerando que con lo anteriormente expuesto, y junto con el resto de documentos que lo componen se habrá justificado suficientemente el Proyecto, lo damos por concluido, esperando sea aprobado por los Organismos competentes.

**Coria, Marzo de 2015**

**El alumno.**

**Fdo: José Ignacio Alcoba Iglesias**



# **II.- ANEJO DE MEDIA TENSIÓN**

**Título: INSTALACION ELECTRICA DE UN TUNEL DE AUTOPISTA**

**Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR**

**D. ROBERTO REDONDO MELCHOR**

**Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS**

**Índice:**

II. Anejo de media tensión	
A. Introducción y objeto.....	2
B. Características generales de la instalación.....	2
C. Centros de seccionamiento.....	11
a. Emplazamiento.....	11
b. Características principales del CS tipo.....	12
c. Edificio prefabricado del CS tipo.....	13
d. Celdas de alta tensión.....	13
1. De línea.....	16
2. De medida.....	16
3. De seccionamiento.....	17
e. Instalaciones de puesta a tierra (PaT).....	17
1. Resistividad media del terreno.....	18
2. Cálculo de la resistencia del sistema de protección (masas).....	19
3. Cálculo de la intensidad y la tensión de defecto a tierra.....	19
4. Cálculo de las tensiones de paso y contacto.....	21
5. Diseño del electrodo y la verificación de resultados.....	23
6. Materiales a utilizar.....	24
f. Contabilización de consumos. Tipo y ubicación de contadores.....	25
D. Centro de transformación.....	26
a. Emplazamiento y características del recinto.....	26
b. Celdas de alta tensión.....	28
1. De conmutación automática.....	28
2. De protección de transformador.....	29
c. Transformador.....	30
d. Interconexión celda – transformador.....	30
e. Fusibles limitadores de M.T.....	30
f. Interconexión transformador – cuadro salidas BT.....	31
g. Instalaciones de Puesta a Tierra (PaT).....	31
1. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra de protección (masas).....	31
2. Cálculo de la intensidad y la tensión de defecto a tierra.....	32
3. Cálculo de las tensiones de paso y contacto.....	35
4. Diseño del electrodo y verificación de resultados.....	35
5. Puesta a tierra del neutro del transformador.....	37
6. Separación entre puestas a tierra.....	38
7. Materiales a utilizar.....	38
h. Materiales de seguridad y de primeros auxilios.....	40
E. Conclusión y firma.....	41

## **A. Introducción y objeto**

Como parte integrante del proyecto en el que se encuentra incluido el presente anejo, es el objeto del mismo el dimensionar y valorar adecuadamente las instalaciones eléctricas de distribución de la energía eléctrica en Media Tensión, necesaria para el transporte de la energía eléctrica al Centro de Transformación punto desde el que se procede a la distribución en Baja Tensión para la alimentación del Túnel EX-A1.

Valorando además las infraestructuras necesarias para la correcta ejecución de las mismas y haciendo velar en todo momento por la seguridad de las personas.

El citado anejo ha sido redactado con la ayuda de programas informáticos de cálculo y diseño de redes de Media Tensión y Centros de Transformación, como son Dmelect.Peticionario

Se realiza como trabajo fin de carrera documento "**Instalación Eléctrica de un Túnel de Autopista**", dotado de Línea Subterránea de Media Tensión, Centros de Seccionamiento, C.T de 1000 kVAs y Redes de Distribución de Baja Tensión para suministro a Túneles y alumbrado exterior, sito en autovía EX-A1 a su paso por Coria-Cáceres, a petición de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial-Área de Ingeniería Eléctrica. Siendo los tutores del presente documento los profesores Norberto Redondo Melchor y Roberto C. Redondo Melchor.

## **B. Características generales de la instalación**

Las líneas subterráneas de Media Tensión partirán desde las derivaciones efectuadas por la compañía **IBERDROLA**, de las Líneas Subterráneas de M.T. CORIA QUE ALIMENTAN EL COMPLEJO INDUSTRIAL CETARSA Y UNA URBANIZACIÓN DE CHALETS PRÓXIMA, propiedad de IBERDROLA, S.A. Dichos puntos de conexión se sitúan a la entrada y salida del túnel conectando con los Centros de Seccionamiento, desde lo cuales, se alimentará el Centro de Transformación Prefabricado de 1000 kVAs y desde éste a todas las instalaciones necesarias del Túnel EX-A1.

### **Cia Suministradora y Tensión de Servicio**

La energía eléctrica será suministrada por IBERDROLA DISTRIBUCIÓN ELECTRICA, S.A.U, a la tensión 20 KV.

### **Línea Subterránea:**

La línea subterránea proyectada tendrá una longitud en planta de 638 m desde los enganches a las líneas de Iberdrola hasta la entrada al Centro de transformación y discurrirá por el interior del túnel.

El tendido de la línea subterránea de media tensión se realizará de forma que no se curve el cable excesivamente, y caso de realizarse el tendido con esfuerzo de tracción este se aplicará sobre el conductor no sobre el aislamiento, de forma que la tracción no supere los 5 Kg/mm<sup>2</sup> de la sección del conductor, todo ellos según normas de la compañía.

Para la conexión del conductor a la celda de entrada se colocarán terminales unipolares para cable seco de interior respectivamente. Las pantallas de los cables se conectarán a la toma de tierra de protección del C.T, descritos en apartado correspondiente.

**Conductor adaptado.**

El conductor a emplear en el tendido de la línea según NI-56.43.01 presentará las siguientes características:

Denominación UNE.....	RHZ1 12/20 H16
Naturaleza.....	Aluminio
Tensión Nominal.....	12/20 kV
Diámetro exterior.....	35,3 mm
Peso.....	1.275 kg/km
Aislante.....	Polietileno reticulado (XLPE)
Pantalla.....	Hilo de cobre
Sección Empleada.....	150 mm <sup>2</sup>
Tensión de ensayo a 50 Hz.....	30 kV
Tensión cresta prueba impulso...	125 kV
Resistencia eléctrica 50 Hz.....	0,233 Ω/km
Reactancia eléctrica 50 Hz.....	335 A
Carga Máxima enterrado a 1 m..	0,112 Ω/km
Temperatura trabajo conductor:	
En servicio.....	90° C
Durante sobrecarga.....	130° C
En cortocircuito.....	250° C

El conductor cumple las normas:

UNE-HD 620-10E - Norma constructiva y de ensayos, IEC 60502-2 - Norma constructiva y de ensayos, UNE-EN 60754 - Libre de halógenos. Baja acidez y corrosividad de los gases y IEC 60754 - Libre de halógenos. Baja acidez y corrosividad de los gases.

**Empalmes y Conexiones**

Los criterios seguidos en cuanto a empalmes y derivaciones.

En las líneas subterráneas de M.T., se realizarán con terminales unipolares apropiadas para el conductor de 12/20 k.V. y 3x(1 x 150) mm<sup>2</sup> de sección en Al, recomendadas por el fabricante del conductor y Normas NIDSA.

El cable subterráneo en la subida a la red aérea si la hubiera irá protegido con herrajes galvanizados, formado por dos perfiles en U, soldados o con tubo de acero galvanizado de sección suficiente y en ambos casos de una longitud de 2,50 metros libres, que se empotrará en el hormigón de la cimentación del apoyo.

**Canalizaciones Entubadas**

En todo su trazado, los conductores irán entubados a una profundidad mínima de 1,00 m., desde la rasante del terreno a la parte superior del conductor o canalización en su caso y 60 cm. de anchura. Siempre que sea posible el cruce se hará perpendicular al eje del vial e irán enterrados con tubos de PVC de 160 mm. de diámetro. Estas deberán quedar debidamente selladas por sus extremos, a la entrada de la arqueta y una guía metida por cada tubo Además se instalará un multitubo, designado como MTT 4x40, según NI 52.95.20, que se utilizará cuando sea necesario, como conducto para cables de control, red multimedia, etc. A este tubo se le dará continuidad en todo su recorrido, al objeto de facilitar el tendido de los cables de control y red multimedia incluido en las arquetas y calas de tiro si las hubiera.

En cada uno de los tubos se instalará un solo circuito. Se evitará en lo posible los cambios de dirección de los tubulares. En los puntos donde estos se produzcan, se dispondrán preferentemente de calas de tiro y excepcionalmente arquetas ciegas, para facilitar la manipulación.

En los tramos en que se discurra por la calzada, la apertura de la zanja, se realizará previo "corte" del material que configura el acabado del pavimento, mediante maquina cortadora de juntas provista de disco de diamante. La disposición de materiales en la zanja será la siguiente:

En el fondo de la zanja y en toda su extensión se colocará una solera de limpieza de 5 cm. de espesor de hormigón H 175, sobre la que se depositarán los tubos o conductores dispuestos por planos. A continuación se colocará otra capa de hormigón de H 175 hasta el nivel del pavimento. Se repondrá el pavimento con el mismo material que existía con anterioridad a la apertura de la zanja con un espesor mínimo de 5 cm. El radio de curvatura después de colocado el cable será como mínimo de 15 veces el diámetro.

En los tramos en que se discurra por acerado, la disposición de materiales en la zanja será la siguiente:

En el fondo de la zanja y en toda su extensión se colocará una solera de limpieza de 5 cm. de espesor de arena lavada, sobre la que se depositarán los conductores o tubos dispuestos por planos. A continuación se colocará otra capa de arena hasta que cubra las canalizaciones dejando una distancia de 50 cm. hasta el nivel de acabado de la zanja. A continuación se colocará otra capa de Tierra, arena, todo-uno y zahorra compactada hasta el nivel del acerado si no hay transito de vehículos y de hormigón H 175 si es acerado con transito de vehículos. Se repondrá el acerado con baldosas iguales o con la mayor similitud a las que existían con anterioridad a la apertura de la zanja. El radio de curvatura después de colocado el cable será como mínimo de 15 veces el diámetro.

En todo el trazado, a una distancia mínima del suelo de 10 cm. y 30 cm. de la parte superior del cable, se colocará una cinta de señalización como advertencia de la presencia de cables eléctricos, las características, color, etc, de esta cinta serán las establecidas en la NI 29.00.01, todo ello según planos adjuntos.

LA ZANJA DE M.T y B.T., discurrirá por el lugar indicado en los planos siempre habrá que dejar un tubo de reserva previsto y multitubo. De acuerdo con Normas NIDSA y planos adjuntos.

### **Arquetas**

En la cabecera de las arquetas se colocarán los marcos y tapas indicadas en planos, debidamente enrasadas con el pavimento y enlucidas por dentro. Los marcos se recibirán con mortero M250.

En la boca de los tubos termoplásticos sin ocupación de cables se colocarán los taponeros correspondientes, debidamente presionados. En los que contengan cables se taponarán sus bocas con espuma de poliuretano u otro procedimiento autorizado por la Distribuidora. Se seguirá, en cualquier caso, las instrucciones dadas por el fabricante.

Se seguirán las instrucciones indicadas en el Proyecto tipo MT 2.31.01. (04-03) de Iberdrola, en el que las arquetas tendrán que dejar una altura libre de 70 cm. para las líneas de baja tensión y deberán ir ciegas para las canalizaciones de Media Tensión cuando se produzcan cambios de dirección. En el caso de que no se produzca cambio de dirección, no se registrará en la arqueta la canalización de Media Tensión.

## **Cruzamientos, paralelismos y casos especiales**

### **Condiciones generales**

Los cables subterráneos enterrados directamente en el terreno deberán cumplir los requisitos señalados en el presente apartado y las condiciones que pudieran imponer otros órganos competentes de la Administración, como consecuencia de disposiciones legales, cuando sus instalaciones fueran afectadas por tendidos de cables subterráneos de A.T.

Conforme a lo establecido en el artículo 162 del RD 1955/2000, de 1 de diciembre, para las líneas subterráneas se prohíbe la plantación de árboles y construcción de edificios e instalaciones industriales en la franja definida por la zanja donde van alojados los conductores, incrementada a cada lado en una distancia mínima de seguridad igual a la mitad de la anchura de la canalización.

Estos requisitos no serán de aplicación a cables dispuestos en galerías.

En dichos casos, la disposición de los cables se hará a criterio de la empresa que los explote; sin embargo, para establecer las intensidades admisibles en dichos cables, deberán aplicarse, cuando corresponda, los factores de corrección definidos en el capítulo 6 de la presente instrucción.

Para cruzar zonas en las que no sea posible o suponga graves inconvenientes y dificultades la apertura de zanjas (cruces de ferrocarriles, carreteras con gran densidad de circulación, etc.), pueden utilizarse máquinas perforadoras "topo" de tipo impacto, hincadora de tuberías o taladradora de barrena.

En estos casos se prescindirá del diseño de zanja prescrito anteriormente puesto que se utiliza el proceso de perforación que se considere más adecuado.

La adopción de este sistema precisa, para la ubicación de la maquinaria, zonas amplias despejadas a ambos lados del obstáculo a atravesar.

### **Cruzamientos**

A continuación se fijan, para cada uno de los casos indicados, las condiciones a que deben responder los cruzamientos de cables subterráneos de A.T.

#### **Calles y carreteras**

Los cables se colocarán en canalizaciones entubadas hormigonadas en toda su longitud. La profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie no será inferior a 0,6 metros. Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

#### **Ferrocarriles**

Los cables se colocarán en canalizaciones entubadas hormigonadas, perpendiculares a la vía siempre que sea posible y no haya problemas.

La parte superior del tubo más próximo a la superficie quedará a una profundidad mínima de 1,1 metros respecto de la cara inferior de la traviesa.

Dichas canalizaciones entubadas rebasarán las vías férreas en 1,5 metros por cada extremo.

#### **Otros cables de energía eléctrica**

Siempre que sea posible, se procurará que los cables de alta tensión discurren por debajo de los de baja tensión por razones de seguridad.

La distancia mínima entre un cable de energía eléctrica de A.T y otros cables de energía eléctrica será de 0,25 metros.

La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 metro.

Cuando no puedan respetarse estas distancias, el cable instalado más recientemente se dispondrá separado mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

### **Cables de telecomunicación**

La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 metros.

La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será superior a 1 metro. Cuando no puedan respetarse estas distancias, el cable instalado más recientemente se dispondrá separado mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

### **Canalizaciones de agua**

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua será de 0,2 metros o mayor siempre que sea posible. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua, o de los empalmes de la canalización eléctrica, situando unas y otros a una distancia superior a 1 metro del cruce.

Cuando no puedan mantenerse estas distancias, la canalización más reciente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

### **Canalizaciones de gas**

En los cruces de líneas subterráneas de A.T. con canalizaciones de gas deberán mantenerse las distancias mínimas que se establecen en la tabla 3. Cuando por causas justificadas no puedan mantenerse estas distancias, podrá reducirse mediante colocación de una protección suplementaria, hasta los mínimos establecidos en dicha tabla 3.

Esta protección suplementaria, a colocar entre servicios, estará constituida por materiales preferentemente cerámicos (baldosas, rasillas, ladrillos, etc.).

En los casos en que no se pueda cumplir con la distancia mínima establecida con protección suplementaria y se considerase necesario reducir esta distancia, se pondrá en conocimiento de la empresa propietaria de la conducción de gas, para que indique las medidas a aplicar en cada caso.

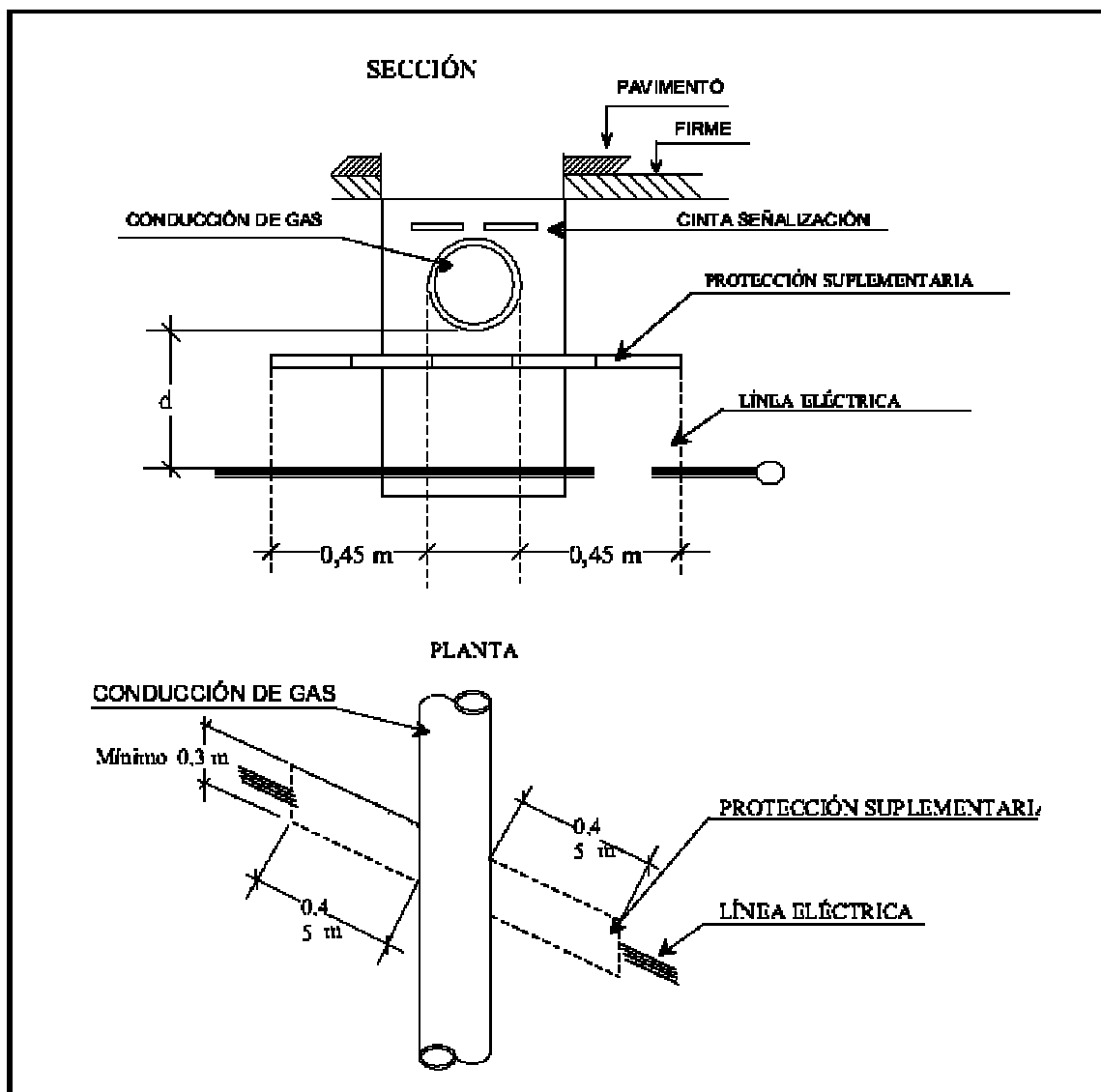
**Tabla 3. Distancias en cruzamientos con canalizaciones de gas**

	Presión de instalación de gas	Distancia mínima (d) sin protección suplementaria	Distancia mínima (d) con protección suplementaria
<b>Canalizaciones y acometidas</b>	En alta presión >4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión <4 bar	0,40 m	0,25 m
<b>Acometida interior*</b>	En alta presión >4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión <4 bar	0,20 m	0,10 m

\* Acometida interior: Es el conjunto de conducciones y accesorios comprendidos entre la llave general de acometida de la compañía suministradora (sin incluir ésta) y la válvula de seccionamiento existente en la estación de regulación y medida. Es la parte de acometida propiedad del cliente.

La protección suplementaria garantizará una mínima cobertura longitudinal de 0,45 metros a ambos lados del cruce y 0,30 metros de anchura centrada con la instalación que se pretende proteger, de acuerdo con la figura adjunta.





En el caso de línea subterránea de alta tensión con canalización entubada, se considerará como protección suplementaria el propio tubo, no siendo de aplicación las coberturas mínimas indicadas anteriormente.

Los tubos estarán constituidos por materiales con adecuada resistencia mecánica, una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

#### Conducciones de alcantarillado.

Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado. No se admitirá incidir en su interior. Se admitirá incidir en su pared (por ejemplo, instalando tubos), siempre que se asegure que ésta no ha quedado debilitada. Si no es posible, se pasará por debajo, y los cables se dispondrán separados mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

**Depósitos de carburante.**

Los cables se dispondrán separados mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm. Los tubos distarán, como mínimo, 1,20 metros del depósito. Los extremos de los tubos rebasarán al depósito, como mínimo, 2 metros por cada extremo.

**Proximidades y paralelismos**

Los cables subterráneos de A.T. deberán cumplir las condiciones y distancias de proximidad que se indican a continuación, procurando evitar que queden en el mismo plano vertical que las demás conducciones.

**Otros cables de energía eléctrica**

Los cables de alta tensión podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia mínima de 0,25 metros.

Cuando no pueda respetarse esta distancia la conducción más reciente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

En el caso que un mismo propietario canalice a la vez varios cables de A.T. del mismo nivel de tensiones, podrá instalarlos a menor distancia, pero los mantendrá separados entre sí con cualquiera de las protecciones citadas anteriormente.

**Cables de telecomunicación**

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 metros. Cuando no pueda mantenerse esta distancia, la canalización más reciente instalada se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

**Canalizaciones de agua**

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de agua será de 0,20 metros. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de agua será de 1 metro.

Cuando no puedan mantenerse estas distancias, la canalización más reciente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 metros en proyección horizontal y, también, que la canalización de agua quede por debajo del nivel del cable eléctrico. Por otro lado, las arterias importantes de agua se dispondrán alejadas de

forma que se aseguren distancias superiores a 1 metro respecto a los cables eléctricos de alta tensión.

**Canalizaciones de gas**

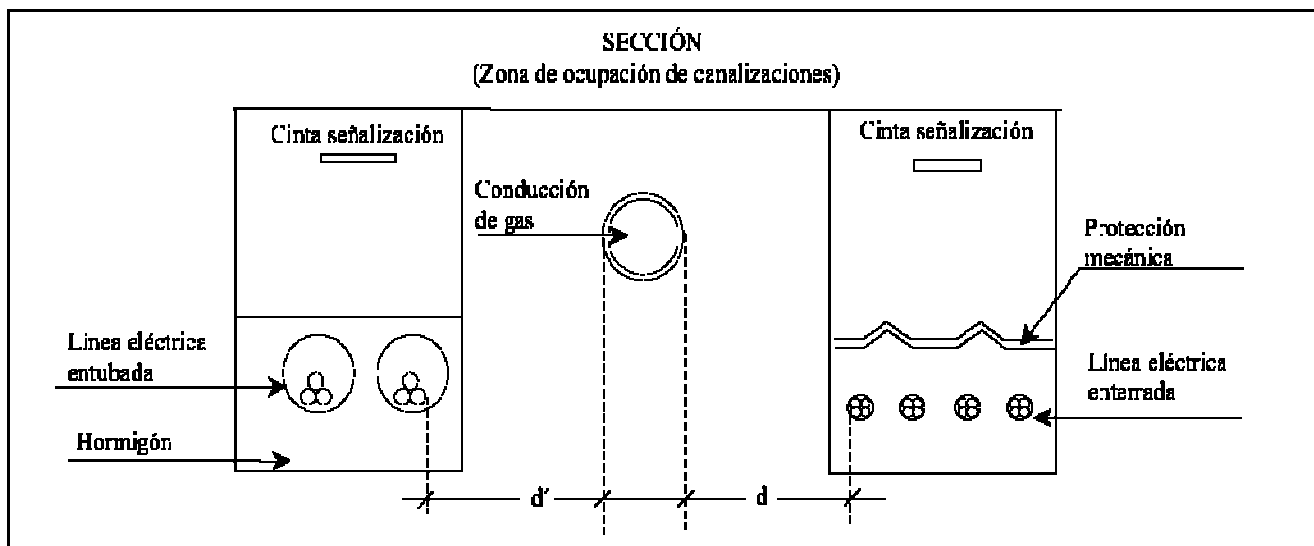
En los paralelismos de líneas subterráneas de A.T. con canalizaciones de gas deberán mantenerse las distancias mínimas que se establecen en la tabla 4. Cuando por causas justificadas no puedan mantenerse estas distancias, podrán reducirse mediante la colocación de una protección suplementaria hasta las distancias mínimas establecidas en dicha tabla 4.

Esta protección suplementaria a colocar entre servicios estará constituida por materiales preferentemente cerámicos (baldosas, rasillas, ladrillo, etc.) o por tubos de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

**Tabla 4. Distancias en paralelismos con canalizaciones de gas**

	Presión de la instalación de gas	Distancia mínima (d) sin protección suplementaria	Distancia mínima (d) con protección suplementaria
<b>Canalizaciones acometidas</b>	En alta presión >4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión <4 bar	0,25 m	0,15 m
<b>Acometida interior*</b>	En alta presión >4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión <4 bar	0,20 m	0,10 m

\* Acometida interior: Es el conjunto de conducciones y accesorios comprendidos entre la llave general de acometida de la compañía suministradora (sin incluir ésta), y la válvula de seccionamiento existente en la estación de regulación y medida. Es la parte de acometida propiedad del cliente.



La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de gas será de 1 metro.

#### **Acometidas (conexiones de servicio)**

En el caso de que alguno de los dos servicios que se cruzan o discurren paralelos sea una acometida o conexión de servicio a un edificio, deberá mantenerse entre ambos una distancia mínima de 0,30 metros.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, la conducción más reciente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

La entrada de las acometidas o conexiones de servicio a los edificios, tanto cables de B.T. como de A.T. en el caso de acometidas eléctricas, deberá taponarse hasta conseguir su estanqueidad.

#### **Características generales Centros de Seccionamiento.**

Los centros de seccionamiento serán los dos iguales y quedarán instalados en el principio y final del túnel de 3 carriles teniendo acceso por éste.

Se colorarán en su interior una celda de línea, una celda de medida para los contadores y otra celda de seccionamiento para posibles trabajos de mantenimiento o averías.

#### **Características generales Centro de Transformación.**

El Centro de Transformación que se ha adoptado, corresponden al tipo de prefabricado, de acuerdo con la normativa de Iberdrola S.A.U. en la zona de distribución y este corresponden con los denominados Schneider o similares, de superficie (concerto).

Se instalará un C.T., con **1 transformador de 1000KVA** del tipo Homologado por Iberdrola y de acuerdo con Cálculos y Planos adjuntos, y teniendo en cuenta que el suministro de energía se efectuará a una tensión de 20 kV y una Frecuencia de 50 Hz, el transformador se instalará según la descripción de las características del trafo.

### **C. Centros de seccionamiento**

#### **a. Emplazamiento**

Los centros de seccionamiento serán los dos iguales y quedarán instalados en el principio y final del tubo de 3 carriles teniendo acceso por éste.

El detalle de la situación exacta de los centros de seccionamiento viene reflejado en el plano correspondiente.

Se colorarán en su interior una celda de línea, una celda de medida para los contadores y otra celda de seccionamiento para posibles trabajos de mantenimiento o averías.

### **b. Características principales del CS tipo**

El centro de seccionamiento es una instalación eléctrica compuesta principalmente por una serie de celdas y aparataje eléctrica de protección y corte. Su función es la de unir la Red eléctrica de compañía, con la instalación particular a la que está dando servicio. Su objetivo es dotar a la instalación de una protección capaz de separarla de la red en caso de incidencia.

El centro de seccionamiento objeto del presente proyecto será de tipo interior, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envolvente metálica según norma UNE-EN 60298.

Las acometidas a los mismos serán subterráneas, alimentando a los centros mediante dos redes de Media Tensión (una por cada lado del túnel), y el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 20 kV y una frecuencia de 50 Hz.

Los edificios de los centros de seccionamiento que se han adoptado son prefabricados, por estimar que son los que mejor se adaptan al tipo de distribución proyectada y al lugar de la instalación.

De entre los diferentes tipos que se fabrican hemos elegido los **SCHNEIDER**, por tenerlos normalizados Iberdrola, S.A.U., siendo, además, los que más utiliza en su zona de distribución, no obstante, puede utilizarse cualquiera otra con características técnicas similares, que estén homologados por la compañía eléctrica, ya que la instalación es del abonado

Para **UN transformador de 1000KVA**, el modelo elegido es **ECS 24 KV o similar**.

La envolvente (base, paredes y techos) de hormigón armado se fabrica de tal manera que se carga sobre un camión como un solo bloque en la fábrica.

Los suelos están constituidos por elementos planos prefabricados de hormigón armado apoyados en un extremo, sobre la pared frontal, y en el otro extremo, sobre unos soportes metálicos en forma de U que constituyen los huecos que permiten la conexión de cables en las celdas. Los huecos que no quedan cubiertos por las celdas o cuadros eléctricos pueden taparse con unas placas prefabricadas para tal efecto.

En la parte central se disponen unas placas de peso reducido, que permiten el acceso de personas a la parte inferior del prefabricado, a fin de facilitar las operaciones de los cables en las celdas y cuadros.

Las rejillas de ventilación de los edificios prefabricados, están fabricadas de chapa de acero galvanizado sobre la que se aplica una película de pintura epoxy poliéster. El grado de protección para el que han sido diseñadas las rejillas es IP-339. Estas rejillas irán dispuestas sobre las paredes de manera que la circulación del aire, provocada por tiro natural, ventile eficazmente la sala de seccionamiento e irán provistas de una tela metálica mosquitera.

Las puertas de acceso están constituidas en chapa de acero galvanizado recubierta con pintura epoxy poliéster. Esta doble protección, galvanizado más pintura, las hace muy resistentes a la corrosión causadas por los agentes atmosféricos.

Estas están abisagradas para que se puedan abatir 180º hacia el exterior; pudiendo mantenerlas en la posición de 90º con un retenedor metálico.

Para la instalación de los prefabricados de hormigón se requiere haber realizado previamente una excavación en el terreno de las dimensiones que se adjuntan, en el fondo de la cual se debe disponer un lecho de arena lavada y nivelada de 150 mm. de espesor.

El montaje del prefabricado se realiza en fábrica. En este caso se deberá prever el fácil acceso de un camión de 31 Tm de carga.

### c. Edificio prefabricado del CS tipo

Las dimensiones exteriores, del local en planta baja para alojar el C.T., serán las siguientes:

Altura Total	<b>2,75</b> m.
Superficie	<b>8,05</b> m <sup>2</sup> .

Las dimensiones para la excavación para el centro de seccionamiento del tipo Schneider o similar son:

Longitud Total	<b>3,30</b> m.
Anchura total	<b>4,02</b> m.
Profundidad	<b>0.65</b> m.

Las dimensiones exteriores, del local en planta baja para alojar el C.T., serán las siguientes:

Altura Total	<b>2,75</b> m.
Longitud Total	<b>3,22</b> m.
Anchura total	<b>2,50</b> m.

### d. Celdas de alta tensión

A continuación se hace una breve descripción de las características generales de las celdas que se van a instalar en el interior del Centro de Seccionamiento, descrito anteriormente.

Las celdas a emplear serán de la serie SM6 de Merlin Gerin o similar, celdas modulares de aislamiento en aire equipadas de aparellaje fijo que utiliza el hexafluoruro de azufre (**SF6**) como elemento de corte y extinción de arco.

La gama SM6 responde, en su concepción y fabricación, a la definición de aparamenta bajo envolvente metálica compartimentada, de acuerdo con la norma UNE-EN 60298.

Este tipo celdas con aislamiento de gas SF6 presentan en una de sus paredes exteriores la placa más débil que el resto de la envolvente, de tal manera que en caso de producirse un arco eléctrico en el interior, ésta se rompe por la sobrepresión producida en el gas. Es importante tener en cuenta que la placa de rotura está situada en un lugar adecuado para que los gases no incidan en las personas en caso de rotura.

El arco eléctrico es una reacción que se produce por un defecto de aislamiento, por una falsa maniobra o por una circunstancia de servicio excepcional. En este tipo de celdas con gas SF6 la posibilidad de que se produzcan es muy reducida.

Lo que produce el arco eléctrico es una serie de defectos debido a altas temperaturas que provocan el calentamiento y oxidación de los contactos, apareciendo una gran resistencia, provocando una fuerte caída de tensión y una pérdida de

potencia importante. Al mismo tiempo pueden aparecer falsos contactos y cortocircuitos al deteriorarse las partes aislantes y conductoras.

Por otro lado, su aislamiento integral en SF6 las permite resistir en perfecto estado la polución e incluso la eventual inundación del Centro de Transformación/Seccionamiento donde están ubicadas, lo que reduce la necesidad de mantenimiento, reduciendo los costes derivados de los mismos para la propiedad.

Las cabinas con aislamiento en SF6 presentan unas dimensiones más reducidas que las de aislamiento de aire, una ventaja importante a la hora de determinar el espacio de ubicación. Este se consigue gracias a que la rigidez dieléctrica de este gas con respecto al aire es mayor, permitiendo reducir la distancia entre las partes en tensión dentro de la cabina. Por otra parte, son especialmente adecuadas para situaciones de atmósferas contaminadas, corrosivas o salinas, ya que sus partes principales están en contacto con un gas dieléctrico y no con dichas atmósferas.

Las celdas SM6 permiten realizar la parte de MT de los centros de transformación MT/BT, de distribución pública y privada hasta 24 kV, así como de los centros de seccionamiento, como en este caso.

Además de sus características técnicas, SM6 aporta una respuesta a las exigencias en materia de seguridad de las personas, facilidad de instalación y explotación.

Las celdas SM6 están concebidas para instalaciones de interior (IP2XC según norma CEI 529), beneficiándose de unas dimensiones reducidas:

- Anchuras de 375 a 750 mm.
- Altura de 1600 mm.
- Profundidad a cota cero de 840mm.

Lo que permite su ubicación en un local de dimensiones reducidas o en el interior de un edificio prefabricado de hormigón.

Responderán en su concepción y fabricación a la definición de aparamenta bajo envolvente metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE-EN 60298.

Los compartimentos diferenciados serán los siguientes:

- a) Compartimento de aparellaje.
- b) Compartimento del juego de barras.
- c) Compartimento de conexión de cables.
- d) Compartimento de mando.
- e) Compartimento de control.

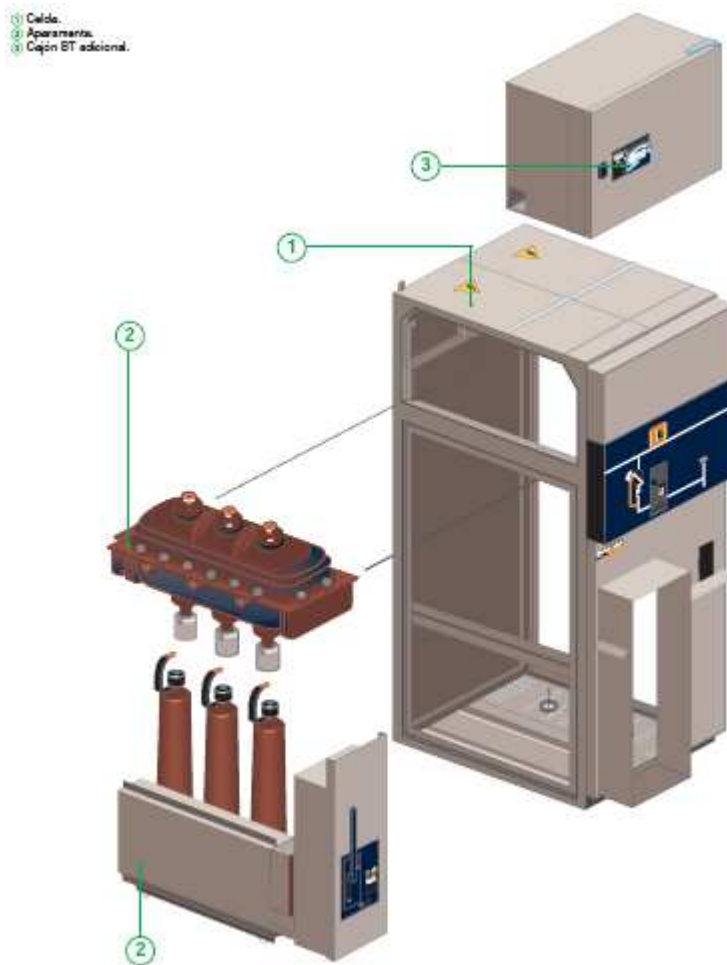


Figura 1. Celda SM6

#### CARACTERÍSTICAS GENERALES CELDAS SM6

- Tensión asignada: 24 kV.
- Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra:  
A frecuencia industrial (50 Hz), 1 minuto: 50 kV ef.  
A impulso tipo rayo: 125 kV cresta.
- Intensidad asignada en funciones de línea: 400 A.
- Intensidad asignada en interrup. automat. 400 A.
- Intensidad asignada en ruptofusibles. 200 A.
- Intensidad nominal admisible durante un segundo: 16 kA ef.
- Valor de cresta de la intensidad nominal admisible: 40 kA cresta, es decir, 2.5 veces la intensidad nominal admisible de corta duración.
- Grado de protección de la envolvente: IP307 según UNE 20324-94.
- Puesta a tierra.

El conductor de puesta a tierra estará dispuesto a todo lo largo de las celdas según UNE-EN 60298, y estará dimensionado para soportar la intensidad admisible de corta duración.

- Embarrado.

El embarrado estará sobredimensionado para soportar sin deformaciones permanentes los esfuerzos dinámicos que en un cortocircuito se puedan presentar y que se detallan en el apartado de cálculos.



### **Seguridad en celdas SM6**

Estas celdas estarán preparadas para una conexión de cable seco monofásico de sección máxima de 240 mm<sup>2</sup>.

Las celdas tipo SM6 dispondrán de una serie de enclavamientos funcionales que responden a los definidos por la Norma UNE-EN 60298, y que serán los siguientes:

- Sólo será posible cerrar el interruptor con el seccionador de tierra abierto y con el panel de acceso cerrado.
- El cierre del seccionador de puesta a tierra sólo será posible con el interruptor abierto.
- La apertura del panel de acceso al compartimento de cables sólo será posible con el seccionador de puesta a tierra cerrado.
- Con el panel delantero retirado, será posible abrir el seccionador de puesta a tierra para realizar el ensayo de cables, pero no será posible cerrar el interruptor.

Además de los enclavamientos funcionales ya definidos, algunas de las distintas funciones se enclavarán entre ellas mediante cerraduras.

### **1. De línea**

Esta celda está dotada de un interruptor seccionador en atmósfera de SF<sub>6</sub>. La maniobra es local mediante palanca y siempre en vacío o en carga.

Es un componente fundamental en los anillos de compañía para realizar la entrada/salida de energía en centros de transformación.

El embarrado y las conexiones son al aire; no así el seccionador de puesta a tierra que puede llegar a cerrar corrientes de cortocircuito. La maniobra posee ayuda mediante muelle de cierre/apertura rápida. Enclavamientos de seguridad.

La Celda de línea es por donde entran los conductores de acometida eléctrica de compañía, alimentando, en este caso, al Centro de Seccionamiento directamente.

Celda Merlin Gerin o similar de interruptor-seccionador gama SM6, modelo IM, de dimensiones: 375 mm de anchura, 940 mm de profundidad, 1.600 mm de altura, y conteniendo:

- Juego de barras tripolar de 400 A.
- Interruptor-seccionador de corte en SF<sub>6</sub> de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.
- Seccionador de puesta a tierra en SF<sub>6</sub>.
- Indicadores de presencia de tensión.
- Mando CI2 manual.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Bornes para conexión de cable.

Estas celdas estarán preparadas para una conexión de cable seco monofásico de sección máxima de 240 mm<sup>2</sup>.

### **2. De medida**

Esta celda esta dotada de los transformadores de tensión e intensidad para realizar las mediciones de consumo a tensiones de 400 V.

Es un componente fundamental para la compañía.

El embarrado y las conexiones son al aire o bien por cables.

Celda Merlin Gerin o similar de medida de tensión e intensidad con entrada inferior y salida superior laterales por barras gama SM6, modelo GBCA, de dimensiones: 750 mm de anchura, 1.038 mm de profundidad, 1.600 mm de altura, y conteniendo:

- Juegos de barras tripolar de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.
- Entrada lateral inferior izquierda y salida lateral superior derecha.

- 3 Transformadores de intensidad doble devanado de relación X/5 en función de la potencia a proteger y aislamiento 24 kV.
- 3 Transformadores de tensión unipolares doble devanado, de relación X/5 y aislamiento 24 kV.

La medida de energía se realizará mediante un cuadro de contadores conectado al secundario de los transformadores de intensidad y de tensión de la celda de medida.

El cuadro de contadores estará formado por un armario de doble aislamiento de HIMEL modelo PLA-753/AT-ID o similar de dimensiones 750 mm de alto x 500 mm de ancho y 320 mm de fondo, equipado de los siguientes elementos:

- Contador electrónico de energía eléctrica clase 1 con medida:
  - Activa: monodireccional.
  - Reactiva: dos cuadrantes.
- Registrador local de medidas con capacidad de lectura directa de la memoria del contado. Registro de curvas de carga horaria y cuarto horaria.
- Regleta de comprobación homologada.
- Elementos de conexión.
- Equipos de protección necesarios.

### 3. De seccionamiento

Esta celda está dotada de un seccionador en atmósfera de SF6. La maniobra es local mediante palanca y siempre en vacío.

Es un componente fundamental en las configuraciones de abonado para realizar el correcto seccionamiento y aislamiento de la red.

El embarrado y las conexiones son al aire. La maniobra es totalmente manual sin ayuda de muelle de cierre/apertura rápida.

Celda Merlin Gerin o similar de interruptor-seccionador gama SM6, modelo IM, de dimensiones: 375 mm. de anchura, 940 mm de profundidad, 1.600 mm de altura, y conteniendo:

- Juego de barras tripolar de 400 A.
- Interruptor-seccionador de corte en SF6 de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.
- Seccionador de puesta a tierra en SF6.
- Indicadores de presencia de tensión.
- Mando CI2 manual.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Bornes para conexión de cable.

#### e. Instalaciones de puesta a tierra (PaT)

El objetivo de las instalaciones de puesta a tierra es limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas (tensión de contacto), entre distintos lugares del suelo en las inmediaciones de la puesta a tierra (tensión de paso), asegurar la actuación de las protecciones (resistencia de la puesta a tierra) y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en el material utilizado.

Tensión de paso. Es la diferencia de potencial entre dos puntos de la superficie del terreno, separados por una distancia de un paso, que se asimila a un metro.

La tensión de paso aplicada es la tensión de paso directamente aplicada entre los pies de un hombre, teniendo en cuenta todas las resistencias que intervienen en el circuito y estimándose la del cuerpo humano en 1000 ohmios.

Tensión de contacto. Es la diferencia potencial entre una estructura metálica puesta a tierra y un punto de la superficie del terreno a una distancia igual a la distancia horizontal máxima que se puede alcanzar, es decir, aproximadamente un metro.

La tensión de contacto aplicada es la tensión de contacto directamente aplicada entre dos puntos del cuerpo humano, considerando todas las resistencias que intervienen en el circuito y estimándose la del cuerpo humano en 1.000 ohmios.

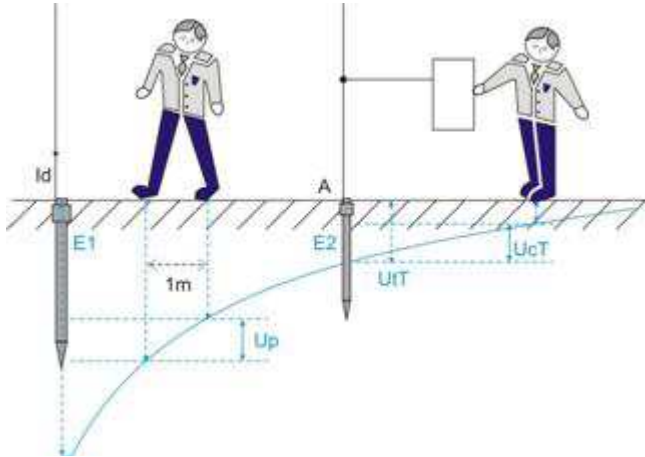


Figura 3. Tensión de paso y de contacto

La puesta a tierra es una unión metálica directa, entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo, o grupo de electrodos, enterrados en el suelo, con objeto de conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no existan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de falta.

#### Tierra exterior.

Se conectarán a tierra los elementos metálicos de la instalación que no estén en tensión normalmente, pero que puedan estarlo a causa de averías o circunstancias externas, es decir, las envolventes de las celdas de Media Tensión, envolventes de los cuadros de Baja Tensión, armadura del centro prefabricado, etc.

Por el contrario, no se conectarán a esta tierra las rejillas de ventilación y puertas metálicas del centro por las que se pueda acceder desde el exterior.

Las celdas dispondrán de una pletina de tierra que las interconectará, constituyendo el colector de tierras de protección.

#### Tierra interior.

La tierra interior del centro de seccionamiento tendrá la misión de poner en continuidad eléctrica todos los elementos que deban estar conectados a la tierra exterior.

La tierra interior se realizará con cable de 50 mm<sup>2</sup> de cobre desnudo formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP54.

### 1. Resistividad media del terreno

El Reglamento de Alta Tensión indica que para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen

visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, constituido por tierra Arenosa, pizarrosa, se determina la resistividad media en  $50 \Omega \cdot m$ .

## 2. Cálculo de la resistencia del sistema de protección (masas)

Para los cálculos a realizar se emplearán los procedimientos del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA.

### TIERRA DE PROTECCIÓN.

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero pueden estarlo por defectos de aislamiento, averías o causas fortuitas, tales como chasis y bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

### TIERRA DE SERVICIO.

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador y la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Para la puesta a tierra de servicio se utilizarán picas en hilera de diámetro 14 mm. y longitud 2 m., unidas mediante conductor desnudo de Cu de  $50 \text{ mm}^2$  de sección. El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a  $37 \Omega$ .

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo se realizará con cable de Cu de  $50 \text{ mm}^2$ , aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

## 3. Cálculo de la intensidad y la tensión de defecto a tierra

Para el cálculo de la intensidad primaria de cortocircuito se tendrá en cuenta una potencia de cortocircuito de 350 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Cía suministradora.

### Cálculo de corrientes de cortocircuito.

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las siguientes expresiones:

- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de Alta Tensión:

$$I_{ccp} = S_{cc} / (1,732 \cdot U_p); \quad \text{siendo:}$$

$S_{cc}$  = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.

$U_p$  = Tensión compuesta primaria en kV.

$I_{ccp}$  = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

- Intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de Baja Tensión (despreciando la impedancia de la red de Alta Tensión):

$$I_{ccs} = (100 \cdot S) / (1,732 \cdot U_{cc} (\%) \cdot U_s); \quad \text{siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.  
 U<sub>cc</sub> (%) = Tensión de cortocircuito en % del transformador.  
 U<sub>s</sub> = Tensión compuesta en carga en el secundario en V.  
 I<sub>ccs</sub> = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

### Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

S <sub>cc</sub> (MVA)	U <sub>p</sub> (kV)	I <sub>ccp</sub> (kA)
350	20	10.1

### Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Al tratarse de centros de seccionamiento no existe un lado de baja tensión.

### DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.

Las características del embarrado son:  
 Intensidad asignada: 400 A.  
 Límite térmico, 1 s: 12.5 kA eficaces.  
 Límite electrodinámico: 31.25 kA cresta.

Por lo tanto dicho embarrado debe soportar la intensidad nominal sin superar la temperatura de régimen permanente (comprobación por densidad de corriente), así como los esfuerzos electrodinámicos y térmicos que se produzcan durante un cortocircuito.

### Comprobación por densidad de corriente.

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor que constituye el embarrado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin sobrepasar la densidad de corriente máxima en régimen permanente. Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por SchneSF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza lo indicado para la intensidad asignada de 630 A.

### Comprobación por sollicitación electrodinámica.

La resistencia mecánica de los conductores deberá verificar, en caso de cortocircuito que:

$$\sigma_{\text{máx}} \geq (I_{\text{ccp}}^2 \cdot L^2) / (60 \cdot d \cdot W), \text{ siendo:}$$

$\sigma_{\text{máx}}$  = Valor de la carga de rotura de tracción del material de los conductores.  
 Para cobre semiduro 2800 Kg / cm<sup>2</sup>.

I<sub>ccp</sub> = Intensidad permanente de cortocircuito trifásico, en kA.

L = Separación longitudinal entre apoyos, en cm.

d = Separación entre fases, en cm.

W = Módulo resistente de los conductores, en cm<sup>3</sup>.

Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por SchneSF6 conforme a la normativa vigente se garantiza el cumplimiento de la expresión anterior.

### **Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.**

La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina:

$$I_{th} = \alpha \cdot S \cdot \sqrt{(\Delta T / t)}, \text{ siendo:}$$

$I_{th}$  = Intensidad eficaz, en A.

$\alpha = 13$  para el Cu.

$S$  = Sección del embarrado, en  $\text{mm}^2$ .

$\Delta T$  = Elevación o incremento máximo de temperatura,  $150^\circ\text{C}$  para Cu.

$t$  = Tiempo de duración del cortocircuito, en s.

Puesto que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por SchneSF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza que:

$$I_{th} \geq 12.5 \text{ kA durante } 1 \text{ s.}$$

### **SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.**

Los transformadores están protegidos tanto en AT como en BT. En Alta tensión la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, y en baja tensión la protección se incorpora en los cuadros de BT.

#### **4. Cálculo de las tensiones de paso y contacto**

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas. Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según la expresión:

$$U'_p = K_p \cdot \rho \cdot I_d = 0.0211 \cdot 50 \cdot 300 = 316.5 \text{ V.}$$

#### **Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.**

En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro.

Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo.

Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, esté sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

Asimismo la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior.

$$U_p(\text{acc}) = K_c \cdot \rho \cdot I_d = 0.042 \cdot 50 \cdot 300 = 630 \text{ V.}$$

### **Cálculo de las tensiones aplicadas.**

Para la obtención de los valores máximos admisibles de la tensión de paso exterior y en el acceso, se utilizan las siguientes expresiones:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H) / 1000) \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)].$$

$$t = t' + t'' \text{ s.}$$

Siendo:

$U_p$  = Tensión de paso admisible en el exterior, en voltios.

$U_p(\text{acc})$  = Tensión en el acceso admisible, en voltios.

$U_{ca}$  = Tensión de contacto aplicada admisible según ITC-RAT 13 (Tabla 1), en voltios.

$R_{ac}$  = Resistencias adicionales, como calzado, aislamiento de la torre, etc, en  $\Omega$ .

$C_s$  = Coeficiente reductor de la resistencia superficial del suelo.

$h_s$  = Espesor de la capa superficial del terreno, en m.

$\rho$  = Resistividad natural del terreno, en  $\Omega\text{m}$ .

$\rho_s$  = Resistividad superficial del suelo, en  $\Omega\text{m}$ .

$\rho_H$  = Resistividad del hormigón, 3000  $\Omega\text{m}$ .

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

$t'$  = Tiempo de desconexión inicial, en segundos.

$t''$  = Tiempo de la segunda desconexión, en segundos.

Según el punto 8.2. el tiempo de duración de la falta es:

$$t' = 0.7 \text{ s.}$$

$$t = t' = 0.7 \text{ s.}$$

Sustituyendo valores:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 6 \cdot 50 \cdot 1) / 1000) = 8755.6 \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 3 \cdot 50 \cdot 1 + 3 \cdot 3000) / 1000) = 23375.8 \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 50 / 50) / (2 \cdot 0 + 0,106)] = 1$$

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tensión de paso en el exterior y de paso en el acceso.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Tensión de paso en el exterior	$U'p = 316.5 \text{ V.}$	$\leq$	$Up = 8755.6 \text{ V.}$
Tensión de paso en el acceso	$U'p (\text{acc}) = 630 \text{ V.}$	$\leq$	$Up (\text{acc}) = 23375.8 \text{ V.}$

Tensión e intensidad de defecto.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Aumento del potencial de tierra	$U_E = 1380 \text{ V.}$	$\leq$	$U_{bt} = 10000 \text{ V.}$
Intensidad de defecto	$I_d = 300 \text{ A.}$	$>$	

**5. Diseño del electrodo y la verificación de resultados**

Las características de la red de alimentación son:

- Tensión de servicio,  $U = 20000 \text{ V.}$
- Puesta a tierra del neutro:
  - Desconocida.
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión,  $U_{bt} = 10000 \text{ V.}$
- Características del terreno:
  - $\rho$  terreno ( $\Omega\text{m}$ ): 50.
  - $\rho_H$  hormigón ( $\Omega\text{m}$ ): 3000.

**TIERRA DE PROTECCIÓN.**

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas ( $R_t$ ), la intensidad y tensión de defecto ( $I_d$ ,  $U_E$ ), se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra,  $R_t$ :

$$R_t = K_r \cdot \rho (\Omega)$$

- Intensidad de defecto,  $I_d$ :

$$I_d = I_{d\text{máx}} (\text{A})$$

- Aumento del potencial de tierra,  $U_E$ :

$$U_E = R_t \cdot I_d (\text{V})$$

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 40-25/5/82.
- Geometría: Anillo.
- Dimensiones (m): 4x2.5.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.



- Número de picas: 8.
- Longitud de las picas (m): 2.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia,  $K_r (\Omega/\Omega\text{xm}) = 0.092$ .
- De la tensión de paso,  $K_p (V/((\Omega\text{xm})A)) = 0.0211$ .
- De la tensión de contacto exterior,  $K_c (V/((\Omega\text{xm})A)) = 0.042$ .

Sustituyendo valores en las expresiones anteriores, se tiene:

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0.092 \cdot 50 = 4.6 \Omega.$$

$$I_d = I_{d\text{máx}} = 300 \text{ A.}$$

$$U_E = R_t \cdot I_d = 4.6 \cdot 300 = 1380 \text{ V.}$$

#### TIERRA DE SERVICIO.

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 5/32.
- Geometría: Picas en hilera.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 3.
- Longitud de las picas (m): 2.
- Separación entre picas (m): 3.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia,  $K_r (\Omega/\Omega\text{xm}) = 0.135$ .

Sustituyendo valores:

$$R_{t\text{NEUTRO}} = K_r \cdot \rho = 0.135 \cdot 50 = 6.75 \Omega.$$

### **6. Materiales a utilizar** **- Alumbrado**

En el interior del centro de seccionamiento se instalará un mínimo de dos puntos de luz, capaces de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo. El nivel medio será como mínimo 150 lux.

Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de tal forma que se mantenga la máxima uniformidad posible en la iluminación. Además, se deberá poder efectuar la sustitución de lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

El interruptor se situará al lado de la puerta de entrada, de forma que su accionamiento no represente peligro por su proximidad a la alta tensión.

Se dispondrá también un punto de luz de emergencia de carácter autónomo que se señalará los accesos al centro de transformación, siendo los materiales utilizados los siguientes: 2 Ud.- conjunto aplique de luz, 1 Ud.- conjuntos interruptor de luz., 7,5 ml.-

cable de neopreno de 2 x 2,5.,8 Ud.- tacos de plástico número 8.,5 ml.- tubo negro reforzado pg. 16.,3 Ud.- grapas de sujeción tubo.,1 Ud.- caja de derivación

### **- Protección contra incendios**

Si va a existir personal itinerante de mantenimiento por parte de la compañía suministradora, no se exige que en el Centro de Transformación haya un extintor. En caso contrario, se incluirá un extintor de eficacia 89B.

La resistencia ante el fuego de los elementos delimitadores y estructurales será RF-180 y la clase de materiales de suelos, paredes y techos M0 según Norma UNE 23727.

### **- Ventilación.**

Para la evacuación del calor generado en el interior del CT, deberá posibilitarse una circulación de aire.

Cuando se prevean transmisiones de calor en ambos sentidos de las paredes y/o techos que puedan perjudicar a los locales colindantes o al propio CT, deberá aislarse térmicamente estos cerramientos.

Las rejillas de ventilación deberá situarse en fachada, vía pública o patios interiores de manzana. Se construirán de modo que impidan el paso de pequeños animales, la entrada de agua de lluvia y contactos accidentales con partes en tensión si se introdujeran elementos metálicos por las mismas.

La ventilación podrá ser natural o, bajo convenio, forzada:

- Ventilación natural: Para la renovación del aire en el interior del CT, se establecerán huecos de ventilación que permitan la admisión de aire frío del exterior, situándose éstos en la parte inferior próxima a transformadores. La evacuación del aire caliente (en virtud de su menor densidad) se efectuará mediante salidas situadas en la parte superior de los CT.

- Ventilación forzada: Se adoptará cuando, por características de ubicación del CT, sea imposible la ventilación natural. Los conductos de ventilación forzada deberán ser totalmente independientes de otros conductos de ventilación del edificio. Las rejillas de admisión y expulsión de aire se instalarán de forma que un normal funcionamiento de la ventilación no pueda producir molestias a vecinos o viandantes, cumpliendo lo que al respecto fijen las Ordenanzas Municipales. Se respetarán las condiciones acústicas impuestas.

### **f. Contabilización de consumos. Tipo y ubicación de contadores**

El equipo de medida estará compuesto de los transformadores de medida ubicados en la celda de medida de A.T. y el equipo de contadores de energía activa y reactiva ubicado en el armario de contadores, así como de sus correspondientes elementos de conexión, instalación y precintado.

Los transformadores de medida deberán tener las dimensiones adecuadas de forma que se puedan instalar en la celda de A.T. guardando las distancias correspondientes a su aislamiento. Por ello será preferible que sean suministrados por el propio fabricante de las celdas, ya instalados en la celda. En el caso de que los transformadores no sean suministrados por el fabricante de celdas se le deberá hacer la consulta sobre el modelo exacto de transformadores que se van a instalar a fin de

tener la garantía de que las distancias de aislamiento, pletinas de interconexión, etc. serán las correctas.

#### CONTADORES.

La medida de energía se realizará mediante un cuadro de contadores conectado al secundario de los transformadores de intensidad y de tensión de la celda de medida.

El cuadro de contadores estará formado por un armario de doble aislamiento de HIMEL modelo PLA-753/AT-ID de dimensiones 750 mm de alto x 500 mm de ancho y

320 mm de fondo, equipado de los siguientes elementos:

- Contador electrónico de energía eléctrica clase 1 con medida:
- Activa: monodireccional.
- Reactiva: dos cuadrantes.
- Registrador local de medidas con capacidad de lectura directa de la memoria del contado. Registro de curvas de carga horaria y cuartohoraria.
- Regleta de comprobación homologada.
- Elementos de conexión.
- Equipos de protección necesarios.

La interconexión entre los secundarios de los transformadores de medida y el equipo o módulo de contadores se realizará con cables de cobre de tipo termoplástico (tipo EVV-0.6/1kV) sin solución de continuidad entre los transformadores y bloques de pruebas.

El bloque de pruebas a instalar en los equipos de medida de 3 hilos será de 7 polos, 4 polos para el circuito de intensidades y 3 polos para el circuito de tensión, mientras que en el equipo de medida de 4 hilos se instalará un bloque de pruebas de 6 polos para el circuito de intensidades y otro bloque de pruebas de 4 polos para el de tensiones, según norma de la compañía NI 76.84.01.

Para cada transformador se instalará un cable bipolar que para los circuitos de tensión tendrá una sección mínima de 6 mm<sup>2</sup>, y 6 mm<sup>2</sup> para los circuitos de intensidad.

La instalación se realizará bajo un tubo flexo con envolvente metálica.

En general, para todo lo referente al montaje del equipo de medida, precintabilidad, grado de protección, etc. se tendrá en cuenta lo indicado a tal efecto en la normativa de la Compañía Suministradora IBERDROLA.

## D. Centro de transformación

### a. Emplazamiento y características del recinto

#### Emplazamiento.

El Centro de Transformación que se ha adoptado, corresponden al tipo de prefabricado, de acuerdo con la normativa de Iberdrola S.A.U. en la zona de distribución y este corresponden con los denominados Schneider o similar, de superficie concierto.

Se instalará un C.T, con **UN transformador de 1000KVA**, del tipo Homologado por Iberdrola y de acuerdo con Cálculos y Planos adjuntos.

Exactamente quedará ubicado en el centro del túnel entre las dos perforaciones para salir con la alimentación indistintamente hacia cualquiera de las bocas. El lugar exacto está definido en plano adjunto.

#### Características principales

Los edificios de los centros de transformación que se han adoptado son prefabricados, por estimar que son los que mejor se adaptan al tipo de distribución proyectada y al lugar de la instalación.

De entre los diferentes tipos que se fabrican hemos elegido los **Schneider**, por tenerlos normalizados Iberdrola, S.A.U., siendo, además, los que más utiliza en su

zona de distribución, no obstante, puede utilizarse cualquier otro con características técnicas similares, que estén homologados por la compañía eléctrica, ya que la instalación es del abonado y deben cumplir la peculiaridad de tener una celda de conmutación y no todos los modelos de centros de transformación prefabricados la admiten.

Para **UN transformador de 1000KVA**, el modelo elegido es **Schneider Concerto**

La envolvente (base, paredes y techos) de hormigón armado se fabrica de tal manera que se carga sobre un camión como un solo bloque en la fábrica.

Los suelos están constituidos por elementos planos prefabricados de hormigón armado apoyados en un extremo, sobre la pared frontal, y en el otro extremo, sobre unos soportes metálicos en forma de U que constituyen los huecos que permiten la conexión de cables en las celdas. Los huecos que no quedan cubiertos por las celdas o cuadros eléctricos pueden taparse con unas placas prefabricadas para tal efecto.

En la parte central se disponen unas placas de peso reducido, que permiten el acceso de personas a la parte inferior del prefabricado, a fin de facilitar las operaciones de los cables en las celdas, cuadros y transformadores.

La cuba de recogida de aceite se integra en el propio diseño del edificio prefabricado. Con una capacidad de 760 litros, esta diseñada para recoger en su interior el aceite del transformador sin que este se derrame por la base.

Sobre la cuba se dispone una bandeja cortafuegos de acero galvanizado perforada y cubierta por grava.

Las rejillas de ventilación de los edificios prefabricados, están fabricadas de chapa de acero galvanizado sobre la que se aplica una película de pintura epoxy poliéster. El grado de protección para el que han sido diseñadas las rejillas es IP-339. Estas rejillas irán dispuestas sobre las paredes de manera que la circulación del aire, provocada por tiro natural, ventile eficazmente la sala de transformadores e irán provistas de una tela metálica mosquitera.

Las puertas de acceso están constituidas en chapa de acero galvanizado recubierta con pintura epoxy poliéster. Esta doble protección, galvanizado más pintura, las hace muy resistentes a la corrosión causadas por los agentes atmosféricos.

Estas están abisagradas para que se puedan abatir 180° hacia el exterior; pudiendo mantenerlas en la posición de 90° con un retenedor metálico.

Las puertas frontales de peatón de la sala de celdas permiten una luz de acceso de 900 mm x 2100 mm (anchura x altura)

Las puertas de acceso al transformador sólo se pueden abrir desde el interior mediante un dispositivo mecánico, existiendo, en opción, la posibilidad de colocar una cerradura para abrir desde el exterior. Las luces de acceso a la sala de transformadores son 1200 mm x 2100 mm (anchura x altura)

Las mallas de protección de transformador, unas rejillas metálicas impiden el acceso directo a la zona del transformador desde el interior del prefabricado. Dichas mallas admiten la posibilidad de ser enclavadas mediante cerradura con el seccionador de puesta a tierra de la celda de protección correspondiente.

Las mallas de separación interior, cuando haya áreas del centro de transformación con acceso restringido se puede instalar una malla de separación metálica con puerta y cierre por llave.

Para la instalación de los prefabricados de hormigón se requiere haber realizado previamente una excavación en el terreno de las dimensiones que se adjuntan, en el

fondo de la cual se debe disponer un lecho de arena lavada y nivelada de 150 mm. de espesor.

El montaje del prefabricado se realiza en fábrica. En este caso se deberá prever el fácil acceso de un camión de 31 Tm de carga.

En aquellos casos en los que no haya un fácil acceso, se ruega consultar al fabricante.

Las celdas que se van a colocar serán:

- 1 Celda de conmutación automática.
- 1 Celda de protección.

### **Edificio prefabricado de hormigón**

Las dimensiones exteriores, del local en planta baja para alojar el C.T., serán las siguientes:

Altura Total	<b>3.30</b> m.
Superficie	<b>12,07</b> m <sup>2</sup> .

Las dimensiones para la excavación para el C.T prefabricado del tipo Schneider son:

Longitud Total	<b>5,63</b> m.
Anchura total	<b>3,30</b> m.
Profundidad	<b>0.65</b> m.

Las dimensiones exteriores, del local en planta baja para alojar el C.T., serán las siguientes:

Altura Total	<b>2,75</b> m.
Longitud Total	<b>4,83</b> m.
Anchura total	<b>2,50</b> m.

### **b. Celdas de alta tensión**

La descripción de las celdas SM6 ha sido expuesta en el apartado de Centro de Seccionamiento.

#### **1. De conmutación automática**

La función principal de esta celda es detectar la ausencia de tensión y en ese caso conmutar a la otra línea de alimentación para que no falte el suministro eléctrico al túnel.

Una de las redes de las líneas de alimentación que vienen de los centros de seccionamiento se considera prioritaria (N) y la otra es de reserva. En condiciones normales de funcionamiento siempre está conectada a la red prioritaria, pero en caso de fallo de suministro eléctrico en la celda se detecta y conmuta automáticamente hacia la otra línea de alimentación para que el suministro eléctrico sea continuo.

**Celda de Transferencia Automática de Red prioritaria (N) y reserva de una red Pública(S) con seccionador de operación bajo carga (Detección de ausencia de tensión)**

**Equipo Base (NSM-1):**

- Dos (2) Seccionadores de Operación Bajo carga 630 Amp (SF6) de tres posiciones (Conectado-Desconectado-Tierra)
  - Enclavamiento mecánico y eléctrico.
  - Bornes para conexión inferior de cable seco unipolar
  - Compartimiento de control
- Dos (2) Juegos de Barras tripolar para conexión superior 630 Amp
- Dos (2) Mandos motorizados CI2
- Dos (2) dispositivos de bloque con 3 lámparas de presencia de tensión
- Equipo de Automatismo.
- Bobinas de apertura y cierre a tensión.
- Bloque autónomo para la alimentación de las bobinas y motorizaciones
- Bornes para conexión inferior de cable seco unipolar
- Dos (2) Resistencias de calefacción
- Pilotos de señalización
- Accesorios en Opción (NSM-1):**
  - Cuatro (4) Contactos auxiliares
  - Enclavamiento por cerradura
  - Dos (2) Zócalos de Elevación (350 o 500mm)
  - Planos Personalizados
  - Celda de remonte de cables GAM-0

## 2. De protección de transformador

### Celdas SM6 Tipo SF6

Esta es una celda compacta de reducidas dimensiones con 1, 3 o 4 funciones integradas en una única envolvente metálica rellena de gas SF6.

Este conjunto monobloque con aislamiento integral constituye el componente MT de un CT MT/BT

Esta reagrupa en una única envolvente metálica todas las funciones de MT que permiten la maniobra de la red; así como la conexión, la alimentación y la protección de los transformadores:

**FUNCION LINEA (Conmutación automática)**, con interruptor seccionador **400 A.(petición compañía), 16 KA/1s y 24 KV.**, para maniobrar la entrada o de salida de cables del C.T.

**FUNCION PROTECCION DEL TRANSFORMADOR**, con interruptor/fusibles (P y Q) de **400 A.(petición compañía), 16 KA/1s y 24 KV.** y Fusible de **63 A. (D)**

El conjunto de la Aparamenta y el juego de barras están encerrados en una CUBA ENVOLVENTE ESTANCA RELLENA DE SF6 Y SELLADA DE POR VIDA

La seguridad de la explotación se obtiene gracias a los enclavamientos, que no permiten las falsas maniobras ni el acceso directo a los elementos en tensión.

Estos enclavamientos son de varios tipos:

ENCLAVAMIENTO INTRINSECO, de construcción para evitar las falsas maniobras durante la explotación de la celda (prohibición de extracción en carga)

ENCLAVAMIENTOS FUNCIONALES, para prohibir el acceso directo a los elementos bajo tensión.

ENCLAVAMIENTO DE EXPLOTACION, que el usuario especifica para asegurar la explotación de la red, prevista para incorporar cerraduras de seguridad necesarias para cubrir todas las combinaciones que permiten resolver todos los casos de enclavamiento habituales.

Estará formada por celdas prefabricadas, homogéneas y compatibles y dispondrán de un INTERRUPTOR AUTOMATICO Fluarc extraíble

### c. Transformador

1 Ud.- transformador III, instalación interior, refrigeración en baño de aceite, equipado con conmutador de tensión para maniobrar en vacío, desecador y termómetro, de las siguientes características:

- \* Potencia nominal **1000 KVA**.
- \* Tensión primaria nominal **20 KV**.
- \* Tensión secundaria nominal **420 /230** voltios
- \* Conmutador en vacío +- 2,5% +- 5%
- \* Régimen Continuo

\* Conexión DY-11 EI normalizado es  $\Delta Yn11$  o sea, primario MT en triángulo y secundario BT en estrella, con borne de neutro accesible a fin de poder alimentar los diferentes receptores o a tensión compuesta de 400 V o a tensión simple de 230 V; y también para poder conectar a tierra el punto neutro del secundario.

Desfasaje entre tensiones primaria y secundaria de 330 grados.

- \* Frecuencia 50 Hz.
- \* Cumplirá Normas NIDSA 5201 C.

### d. Interconexión celda – transformador

La interconexión entre celda de A.T. y transformador totalizará el siguiente material:

- 12 ml.- de cable de aluminio de aislamiento seco de 1 x 150 mm<sup>2</sup>. 12/20 KV.
- 6 Ud.- juego de dos conos difusores instalados en los extremos del cable anterior.
- 2 Ud.- perfiles anclaje de A.T.
- 4 Ud.- porta cables de A.T.
- 6 Ud.- pletinas borna de A.T. transformador.
- 6 Ud.- terminales de comprensión para cable de 50 mm<sup>2</sup> de sección de Al.

### Enlaces con la Red de M.T.

Las acometidas de media tensión a los centros de seccionamiento se realizará con cable subterráneo del tipo RHZ1 12/20 H16 de 12/20 KV y 3 x (1 x 150) mm<sup>2</sup>., de sección en Al., instalando conductores de entrada que enlazan con la celda de conmutación automática.

### e. Fusibles limitadores de M.T.

Los transformadores están protegidos tanto en AT como en BT. En Alta tensión la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, y en baja tensión la protección se incorpora en los cuadros de BT.

### Protección trafo.

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:



Potencia (kVA)	In fusibles (A)
1000	63

Para la protección contra sobrecargas se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

#### **Protección en Baja Tensión.**

En el circuito de baja tensión de cada transformador según RU6302 se instalará un Cuadro de Distribución de 4 salidas con posibilidad de extensionamiento. Se instalarán fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad exigida a esa salida, y un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión.

La descarga del trafo al cuadro de Baja Tensión se realizará con conductores XLPE 0,6/1kV 240 mm<sup>2</sup> Al unipolares instalados al aire cuya intensidad admisible a 40°C de temperatura ambiente es de 390 A.

Para el trafo 1, cuya potencia es de 1000 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión es 1443.42 A, se emplearán 4 conductores por fase y 2 para el neutro.

#### **f. Interconexión transformador - cuadro salidas B.T.**

- 4 Ud.- conjuntos tornillo conexionado B.T.
- 12 ml.- de cable neobutyl Al. 240 mm<sup>2</sup>.
- 18 Ud.- terminales bimetálicos para 240 mm<sup>2</sup>.
- 38 Ud.- grapas de sujeción cable número dos.
- 16 Ud.- topes de sujeción grapa número dos.
- 10 ml.- cinta perforada negra de 10 mm<sup>2</sup>.
- 20 Ud.- pivotes plástico negro.

#### **g. Instalaciones de Puesta a Tierra (PaT)**

##### **Resistividad media del terreno**

El Reglamento de Alta Tensión indica que para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, constituido por tierra Arenosa, pizarrosa, se determina la resistividad media en 50 Ω·m.

##### **1. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra de protección (masas)**

Para los cálculos a realizar se emplearán los procedimientos del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA.

##### **TIERRA DE PROTECCIÓN.**

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero pueden estarlo por defectos de aislamiento, averías o

causas fortuitas, tales como chasis y bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores  
Las características de la red de alimentación son:

- Tensión de servicio,  $U = 20000 \text{ V}$ .
- Puesta a tierra del neutro:
  - Desconocida.
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión,  $U_{bt} = 10000 \text{ V}$ .
- Características del terreno:
  - $\rho$  terreno ( $\Omega \cdot \text{m}$ ): 50.
  - $\rho_H$  hormigón ( $\Omega \cdot \text{m}$ ): 3000.

#### TIERRA DE PROTECCIÓN.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas ( $R_t$ ), la intensidad y tensión de defecto ( $I_d$ ,  $U_E$ ), se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra,  $R_t$ :  
 $R_t = K_r \cdot \rho \ (\Omega)$
- Intensidad de defecto,  $I_d$ :  
 $I_d = I_{d\text{máx}} \ (A)$
- Aumento del potencial de tierra,  $U_E$ :  
 $U_E = R_t \cdot I_d \ (V)$

### 2. Cálculo de la intensidad y la tensión de defecto a tierra INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito primario  $I_p$  viene dada por la expresión:

$$I_p = S / (1,732 \cdot U_p) \ ; \ \text{siendo:}$$

- $S$  = Potencia del transformador en kVA.
- $U_p$  = Tensión compuesta primaria en kV.
- $I_p$  = Intensidad primaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	$U_p$ (kV)	$I_p$ (A)
trafo 1	1000	20	28.87

### INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito secundario  $I_s$  viene dada por la expresión:

$$I_s = (S \cdot 1000) / (1,732 \cdot U_s) \ ; \ \text{siendo:}$$

- $S$  = Potencia del transformador en kVA.
- $U_s$  = Tensión compuesta secundaria en V.
- $I_s$  = Intensidad secundaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	Us (V)	Is (A)
trafo 1	1000	400	1443.4 2

## CORTOCIRCUITOS.

Para el cálculo de la intensidad primaria de cortocircuito se tendrá en cuenta una potencia de cortocircuito de 350 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Cía suministradora.

### Cálculo de corrientes de cortocircuito.

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las siguientes expresiones:

- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de Alta Tensión:

$$I_{ccp} = S_{cc} / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

$S_{cc}$  = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.

$U_p$  = Tensión compuesta primaria en kV.

$I_{ccp}$  = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

- Intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de Baja Tensión (despreciando la impedancia de la red de Alta Tensión):

$$I_{ccs} = (100 \cdot S) / (1,732 \cdot U_{cc} (\%) \cdot U_s); \text{ siendo:}$$

$S$  = Potencia del transformador en kVA.

$U_{cc} (\%)$  = Tensión de cortocircuito en % del transformador.

$U_s$  = Tensión compuesta en carga en el secundario en V.

$I_{ccs}$  = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

### Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

$S_{cc}$ (MVA)	$U_p$ (kV)	$I_{ccp}$ (kA)
350	20	10.1

### Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Transformador	Potencia (kVA)	Us (V)	Ucc (%)	Iccs (kA)
trafo 1	1000	400	5	28.87

### Además el dimensionado del embarrado es:

Las características del embarrado son:

Intensidad asignada : 400 A.

Límite térmico, 1 s. : 12.5 kA eficaces.  
Límite electrodinámico : 31.25 kA cresta.

Por lo tanto dicho embarrado debe soportar la intensidad nominal sin superar la temperatura de régimen permanente (comprobación por densidad de corriente), así como los esfuerzos electrodinámicos y térmicos que se produzcan durante un cortocircuito.

#### **Comprobación por densidad de corriente.**

La resistencia mecánica de los conductores deberá verificar, en caso de cortocircuito que:

$$\sigma_{\text{máx}} \geq (I_{\text{ccp}}^2 \cdot L^2) / (60 \cdot d \cdot W), \text{ siendo:}$$

$\sigma_{\text{máx}}$  = Valor de la carga de rotura de tracción del material de los conductores.  
Para cobre semiduro 2800 Kg / cm<sup>2</sup>.

$I_{\text{ccp}}$  = Intensidad permanente de cortocircuito trifásico, en kA.

$L$  = Separación longitudinal entre apoyos, en cm.

$d$  = Separación entre fases, en cm.

$W$  = Módulo resistente de los conductores, en cm<sup>3</sup>.

Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por SchneSF6 conforme a la normativa vigente se garantiza el cumplimiento de la expresión anterior.

#### **Comprobación por sollicitación electrodinámica.**

La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina:

$$I_{\text{th}} = \alpha \cdot S \cdot \sqrt{(\Delta T / t)}, \text{ siendo:}$$

$I_{\text{th}}$  = Intensidad eficaz, en A.

$\alpha$  = 13 para el Cu.

$S$  = Sección del embarrado, en mm<sup>2</sup>.

$\Delta T$  = Elevación o incremento máximo de temperatura, 150°C para Cu.

$t$  = Tiempo de duración del cortocircuito, en s.

Puesto que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por SchneSF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza que:

$$I_{\text{th}} \geq 12.5 \text{ kA durante 1 s.}$$

#### **Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.**

La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina:

$$I_{\text{th}} = \alpha \cdot S \cdot \sqrt{(\Delta T / t)}, \text{ siendo:}$$

$I_{\text{th}}$  = Intensidad eficaz, en A.

$\alpha$  = 13 para el Cu.

$S$  = Sección del embarrado, en mm<sup>2</sup>.

$\Delta T$  = Elevación o incremento máximo de temperatura, 150°C para Cu.

$t$  = Tiempo de duración del cortocircuito, en s.

Puesto que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por SchneSF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza que:

$$I_{th} \geq 12.5 \text{ kA durante } 1 \text{ s.}$$

### **Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.**

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas. Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según la expresión:

$$U'p = Kp \cdot \rho \cdot Id = 0.0191 \cdot 50 \cdot 300 = 286.5 \text{ V.}$$

### **Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.**

En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro.

Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo.

Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, estará sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

Asimismo la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior.

$$U'p (\text{acc}) = Kc \cdot \rho \cdot Id = 0.0386 \cdot 50 \cdot 300 = 579 \text{ V.}$$

### **3. Cálculo de las tensiones de paso y contacto**

Para la obtención de los valores máximos admisibles de la tensión de paso exterior y en el acceso, se utilizan las siguientes expresiones:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) \text{ V.}$$

$$U_p (\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H) / 1000) \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)].$$

$$t = t' + t'' \text{ s.}$$

Siendo:

$U_p$  = Tensión de paso admisible en el exterior, en voltios.

$U_p$  (acc) = Tensión en el acceso admisible, en voltios.

$U_{ca}$  = Tensión de contacto aplicada admisible según ITC-RAT 13 (Tabla 1), en voltios.

$R_{ac}$  = Resistencias adicionales, como calzado, aislamiento de la torre, etc, en  $\Omega$ .

$C_s$  = Coeficiente reductor de la resistencia superficial del suelo.

$h_s$  = Espesor de la capa superficial del terreno, en m.

$\rho$  = Resistividad natural del terreno, en  $\Omega\text{m}$ .

$\rho_s$  = Resistividad superficial del suelo, en  $\Omega\text{m}$ .

$\rho_H$  = Resistividad del hormigón, 3000  $\Omega\text{m}$ .

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

$t'$  = Tiempo de desconexión inicial, en segundos.

$t''$  = Tiempo de la segunda desconexión, en segundos.

El tiempo de duración de la falta es:

$$t' = 0.7 \text{ s.}$$

$$t = t' = 0.7 \text{ s.}$$

Sustituyendo valores:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 6 \cdot 50 \cdot 1) / 1000) = 8755.6 \text{ V.}$$

$$U_p \text{ (acc)} = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 3 \cdot 50 \cdot 1 + 3 \cdot 3000) / 1000) = 23375.8 \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 50 / 50) / (2 \cdot 0 + 0,106)] = 1$$

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tensión de paso en el exterior y de paso en el acceso.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Tensión de paso en el exterior	$U'_p = 286.5 \text{ V.}$	$\leq$	$U_p = 8755.6 \text{ V.}$
Tensión de paso en el acceso	$U'_p \text{ (acc)} = 579 \text{ V.}$	$\leq$	$U_p \text{ (acc)} = 23375.8 \text{ V.}$

Tensión e intensidad de defecto.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Aumento del potencial de tierra	$U_E = 1275 \text{ V.}$	$\leq$	$U_{bt} = 10000 \text{ V.}$
Intensidad de defecto	$I_d = 300 \text{ A.}$	$>$	

#### 4. Diseño del electrodo y verificación de resultados

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 50-25/5/82.
- Geometría: Anillo.
- Dimensiones (m): 5x2.5.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 8.
- Longitud de las picas (m): 2.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia,  $K_r (\Omega/\Omega\text{m}) = 0.085$ .
- De la tensión de paso,  $K_p (V/((\Omega\text{m})A)) = 0.0191$ .
- De la tensión de contacto exterior,  $K_c (V/((\Omega\text{m})A)) = 0.0386$ .

Sustituyendo valores en las expresiones anteriores, se tiene:

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0.085 \cdot 50 = 4.25 \Omega.$$

$$I_d = I_{d\text{máx}} = 300 \text{ A.}$$

$$U_E = R_t \cdot I_d = 4.25 \cdot 300 = 1275 \text{ V.}$$

#### 5. Puesta a tierra del neutro del transformador

Para los cálculos a realizar se emplearán los procedimientos del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA.

##### TIERRA DE SERVICIO.

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador y la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Para la puesta a tierra de servicio se utilizarán picas en hilera de diámetro 14 mm. y longitud 2 m., unidas mediante conductor desnudo de Cu de  $50 \text{ mm}^2$  de sección. El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a  $37 \Omega$ .

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo se realizará con cable de Cu de  $50 \text{ mm}^2$ , aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

Las características de la red de alimentación son:

- Tensión de servicio,  $U = 20000 \text{ V}$ .
- Puesta a tierra del neutro:
  - Desconocida.
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión,  $U_{bt} = 10000 \text{ V}$ .
- Características del terreno:
  - $\rho$  terreno ( $\Omega\text{m}$ ): 50.
  - $\rho_H$  hormigón ( $\Omega\text{m}$ ): 3000.

## TIERRA DE SERVICIO.

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 5/32.
- Geometría: Picas en hilera.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 3.
- Longitud de las picas (m): 2.
- Separación entre picas (m): 3.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia,  $K_r (\Omega/\Omega\text{xm}) = 0.135$ .

Sustituyendo valores:

$$R_{t\text{NEUTRO}} = K_r \cdot \rho = 0.135 \cdot 50 = 6.75 \Omega.$$

### 6. Separación entre puestas a tierra.

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio para su reducción o eliminación.

No obstante, para garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima ( $D_{n-p}$ ), entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio.

$$D_{n-p} \geq (\rho \cdot I_d) / (2000 \cdot \pi) = (50 \cdot 300) / (2000 \cdot \pi) = 2.39 \text{ m.}$$

Siendo:

$\rho$  = Resistividad del terreno en  $\Omega\text{xm}$ .

$I_d$  = Intensidad de defecto en A.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo de servicio se realizará con cable de Cu de  $50 \text{ mm}^2$ , aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

### 7. Materiales a utilizar

#### - Alumbrado

En el interior del centro de transformación se instalará un mínimo de dos puntos de luz, capaces de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo. El nivel medio de iluminación será como mínimo 150 lux.

Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de tal forma que se mantenga la máxima uniformidad posible en la iluminación. Además, se deberá poder efectuar la sustitución de lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

El interruptor se situará al lado de la puerta de entrada, de forma que su accionamiento no represente peligro por su proximidad a la alta tensión.



Se dispondrá también un punto de luz de emergencia de carácter autónomo que se señalará los accesos al centro de transformación, siendo los materiales utilizados los siguientes: 2 Ud.- conjunto aplique de luz, 1 Ud.- conjuntos interruptor de luz., 7,5 ml.- cable de neopreno de 2 x 2,5., 8 Ud.- tacos de plástico número 8., 5 ml.- tubo negro reforzado pg. 16. 3 Ud.- grapas de sujeción tubo., 1 Ud.- caja de derivación

#### **- Protección contra incendio.**

Si va a existir personal itinerante de mantenimiento por parte de la compañía suministradora, no se exige que en el Centro de Transformación haya un extintor. En caso contrario, se incluirá un extintor de eficacia 89B.

La resistencia ante el fuego de los elementos delimitadores y estructurales será RF-180 y la clase de materiales de suelos, paredes y techos M0 según Norma UNE 23727.

Se dispondrá un cortafuegos en el foso de recogida de aceite, constituidos por un cerco o marco metálico que sujeta un enrejado que garantice la contención de los guijarros que hacen la función de cortafuegos en caso de derrame de aceite del transformador. Este sistema irá apoyado sobre saliente constituidos por perfiles metálicos anclados en la bancada, bajo el transformador.

#### **- Ventilación.**

Para la evacuación del calor generado en el interior del CT, deberá posibilitarse una circulación de aire.

Cuando se prevean transmisiones de calor en ambos sentidos de las paredes y/o techos que puedan perjudicar a los locales colindantes o al propio CT, deberá aislarse térmicamente estos cerramientos.

Las rejillas de ventilación deberá situarse en fachada, vía pública o patios interiores de manzana. Se construirán de modo que impidan el paso de pequeños animales, la entrada de agua de lluvia y contactos accidentales con partes en tensión si se introdujeran elementos metálicos por las mismas.

La ventilación podrá ser natural o, bajo convenio, forzada:

- Ventilación natural: Para la renovación del aire en el interior del CT, se establecerán huecos de ventilación que permitan la admisión de aire frío del exterior, situándose éstos en la parte inferior próxima a transformadores. La evacuación del aire caliente (en virtud de su menor densidad) se efectuará mediante salidas situadas en la parte superior de los CT.

- Ventilación forzada: Se adoptará cuando, por características de ubicación del CT, sea imposible la ventilación natural. Los conductos de ventilación forzada deberán ser totalmente independientes de otros conductos de ventilación del edificio. Las rejillas de admisión y expulsión de aire se instalarán de forma que un normal funcionamiento de la ventilación no pueda producir molestias a vecinos o viandantes, cumpliendo lo que al respecto fijan las Ordenanzas Municipales. Se respetarán las condiciones acústicas impuestas.

#### **Dimensionado de la Ventilación del Centro de Transformación.**

Para el cálculo de la superficie mínima de las rejillas de entrada de aire en el edificio del centro de transformación, se utiliza la siguiente expresión:

$$S_r = (W_{cu} + W_{fe}) / (0,24 \cdot k \cdot \sqrt{(h \cdot \Delta T^3)}), \text{ siendo:}$$

$W_{cu}$  = Pérdidas en el cobre del transformador, en kW.  
 $W_{fe}$  = Pérdidas en el hierro del transformador, en kW.  
 $k$  = Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada de aire, 0,5.  
 $h$  = Distancia vertical entre centros de las rejillas de entrada y salida, en m.  
 $\Delta T$  = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, 15°C.  
 $S_r$  = Superficie mínima de la rejilla de entrada de ventilación del transformador, en m<sup>2</sup>.

No obstante, puesto que se utilizan edificios prefabricados de Orma-mn éstos han sufrido ensayos de homologación en cuanto al dimensionado de la ventilación del centro de transformación.

### **Dimensionado del pozo apagafuegos.**

El pozo de recogida de aceite será capaz de alojar la totalidad del volumen que contiene el transformador, y así es dimensionado por el fabricante al tratarse de un edificio prefabricado.

## **h. Materiales de seguridad y de primeros auxilios**

Para la protección del personal y equipos, se debe garantizar que:

1- No ser posible acceder a las zonas normalmente en tensión, si estas no han sido puestas a tierra. Por ello, el sistema de enclavamientos interno de las celdas debe interesar al mando del aparato principal, del Seccionador de puesta a tierra y a las tapas de acceso a los cables.

2- Las celdas de entrada y salida serán con aislamiento integral y corte en SF<sub>6</sub>, y las conexiones entre sus embarrados deberán ser apantalladas, consiguiendo con ello la insensibilidad a los agentes externos, y evitando de esta forma de pérdida del suministro en los Centros de Transformación interconectados con éste, incluso en el eventual caso de inundación del Centro de Transformación.

3- Las bornas de conexión de cables y fusibles serán fácilmente accesibles a los operarios de forma que, en las operaciones de mantenimiento, la posición de trabajo normal no carezca de visibilidad sobre estas zonas.

4- Los mandos de la aparamenta estarán situados frente al operario en el momento de realizar la operación, y el diseño de la aparamenta proteger al operario de la salida de gases en caso de un eventual arco interno.

5- El diseño de las celdas impedir la incidencia de los gases de escape, producidos en el caso de un arco interno, sobre los cables de Media y Baja Tensión. Por ello, esta salida de gases no debe estar enfocada en ningún caso hacia el foso de cables.

6- La puerta de acceso al CT llevará el lema corporativo y estará cerrada con llave.

7- Las puertas de acceso al CT y, cuando las hubiera, las pantallas de protección, llevarán el cartel con la correspondiente señal triangular distintiva de riesgo eléctrico.

8- En lugar bien visible del CT se situará un cartel con las instrucciones de primeros auxilios a prestar en caso de accidente.

9- Salvo que en los propios aparatos figuren las instrucciones de maniobra, en el CT, y en lugar bien visible habrá un cartel con las citadas instrucciones.

10- Deberán estar dotados de bandeja o bolsa porta documentos.

11- Para realizar maniobras en A.T el C.T dispondrá de banqueta o alfombra aislante, guantes aislantes y pértiga.

Se dotará al CT al menos de:

1 Ud.- banquillo aislante de poliéster.

1 Ud.- esterilla de plástico.

1 Ud.- conjunto de armario primeros auxilios.

1 Ud.- conjunto de anclaje primeros auxilios.

- 2 Ud.- rollos cinta de P.V.C. 10 x 19.
- 1 Ud.- rollo cinta SCOTCH 33 x 19.
- 1 Ud.- triángulo de riesgo eléctrico.
- 1 Ud.- Cartel de medidas de seguridad para maniobra (Las 5 Reglas de Oro ).



### E. Conclusión y firma

Para la realización de la obra, el instalador se ajustará a cuantas disposiciones dicta el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias y el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas y Centros de Transformación.

Expuesto el objeto y la utilidad del presente documento, esperamos que el mismo, se considera suficientemente explicado que se eleva a los Organismos Oficiales para su tramitación y aprobación correspondiente salvo mejor criterio de los mismos.

**Coria, Marzo de 2015**

**El alumno.**

**Fdo: José Ignacio Alcoba Iglesias**

# **III.- ANEJO DE BAJA TENSION**

**Titulo: INSTALACION ELECTRICA DE UN TUNEL DE AUTOPISTA**

**Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR**

**D. ROBERTO REDONDO MELCHOR**

**Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS**

**Índice:**

III. Anejo de baja tensión.....	2
A. Introducción y objeto.....	2
B. Normativa aplicada.....	2
C. Características generales de la instalación.....	2
a. Clasificación de los locales.....	2
b. Previsión de cargas.....	2
D. Recinto de protección y control.....	14
a. Descripción de la instalación.....	14
b. Líneas generales de alimentación.....	18
c. Cuadro general de control y protecciones.....	18
d. Disposiciones especiales para los locales clasificados.....	19
e. Puesta a tierra.....	19
1. Interior túnel.....	19
2. Exterior túnel.....	19
f. Alumbrado interior ordinario y de emergencia.....	20
E. Recinto de grupos electrógenos y SAIs.....	21
a. Descripción de la instalación.....	21
b. Grupos electrógenos.....	22
1. Características generales.....	22
2. Protecciones eléctricas y puesta a tierra.....	22
3. Sistema de conmutación.....	22
4. Suministro de combustible.....	23
5. Gases de escape.....	23
c. Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI).....	24
1. Características generales.....	24
2. Protecciones eléctricas y puesta a tierra.....	25
3. Sistema de conmutación.....	26
d. Baterías de condensadores para corrección del factor de potencia.....	26
1. Características generales.....	26
2. Protecciones eléctricas y puesta a tierra.....	27
e. Disposiciones especiales para los locales clasificados.....	27
f. Alumbrado interior ordinario y de emergencia.....	27
F. Cálculos eléctricos.....	28
a. Método de cálculo de intensidades admisibles y caídas de tensión.....	28
b. Resultados obtenidos.....	31
G. Conclusión y firma.....	37

## A. Introducción y objeto

Como parte integrante del proyecto en el que se encuentra incluido el presente anejo, es el objeto del mismo el dimensionar y valorar adecuadamente las instalaciones eléctricas de distribución de la energía eléctrica en Baja Tensión, necesaria para el transporte de la energía eléctrica desde el Centro de Transformación hasta cada uno de los puntos de la instalación del túnel.

Valorando además las infraestructuras necesarias para la correcta ejecución de las mismas y haciendo velar en todo momento por la seguridad de las personas.

Como trabajo fin de carrera a petición de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial-Área de Ingeniería Eléctrica. Siendo los tutores del presente documento los profesores Norberto Redondo Melchor y Roberto C. Redondo Melchor, se redacta el presente anejo de Baja Tensión integrante del documento "**Proyecto de Instalación Eléctrica de un Túnel de Autopista**", ubicado en un tramo de la Autovía EX-A1 en el Término Municipal de Coria (Cáceres).

## B. Normativa aplicada

La normativa aplicada al respecto se ha redactado y enumerado en la memoria del presente proyecto, no obstante, este proyecto se basará principalmente en el "Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión" en sus instrucciones pertinentes y en "Las Recomendaciones para la Iluminación de Carreteras y Túneles".

## C. Características generales de la instalación

### a. Clasificación de los locales

La instalación queda clasificada como Red de Distribución en Baja Tensión Subterránea, canalizada bajo tubo bajo acera o en bandeja metálica, y según el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002). y la ITC-BT-04.-3.1.- **Grupo I.- Se trata de una RED PRIVADA, LOCALES CON RIESGO DE INCENDIO O EXPLOSIÓN, EXCEPTO GARAJES**

### b. Previsión de cargas

La potencia de contratación se ha calculado mediante la suma aritmética de todas las cargas debido al ciclo de funcionamiento, ya que por causas del programa el conjunto de la instalación es posible y probable que todos los receptores funcionen simultáneamente debido a las condiciones climatológicas externas.

El caso más desfavorable para el funcionamiento de todas las cargas sería un día soleado a plena luz y con bastante tráfico en el interior del túnel. En este caso las cargas estarían conectadas todas al mismo tiempo.

La potencia instalada es la suma de todas las potencias nominales de todos los receptores conectados al centro de transformación.

Potencia: **579,697 kW**

La potencia de utilización o potencia a contratar: 1000 kVA

La potencia máxima admisible de la instalación queda limitada por el conjunto de protección y medida en 1000 kVA.

**Cuadros de Baja Tensión, cargas:****- Cuadro General de Distribución (4 salidas, a 3 cuadros + 1 reserva)****CUADRO ALIMENTACIÓN SERVICIOS COMUNES:**

Consta de las correspondientes protecciones:

- Protección Fusible
- Interruptor de Corte General
- Protección contra sobretensiones

En el cuadro de servicios comunes se realizaran las siguientes derivaciones:

**Derivación Fuerza Varios D1:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
F1	I+N+T	Fuerza Cuartos Técnicos TC 16 A	3,500 KW.
F2	I+N+T	Fuerza Sala Control TC 16 A	3,500 KW.
F3	I+N+T	Fuerza Galerías TC 16 A	3,500 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN FUERZA COMÚN</b>			<b>10,500 KW.</b>

**Derivación Fuerza SAI D2:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
F4	III+N+T	Fuerza SAI	60,000 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN FUERZA SAI</b>			<b>60,000 KW.</b>

**Derivación Fuerza Grupo Presión D3:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
F5	III+N+T	Fuerza Grupo Presión	57,165 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN FUERZA GRUPO PRESIÓN</b>			<b>57,165 KW.</b>

**Derivación Fuerza Megafonía, Sistema contra incendios D4:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
F6	I+N+T	Fuerza Megafonía	0,360 KW.
F7	I+N+T	Fuerza Central Incendios	0,100 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Meg y Central</b>			<b>0,460 KW.</b>

**Derivación Alumbrado Servicios Comunes D5:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
A1	I+N+T	A. Centro Seccionam Este 2 Luminaria 100 W	0,200 KW.
A2	I+N+T	A. Centro Seccionam Oeste 2 Luminaria 200 W	0,200 KW.
A3	I+N+T	Alum. Cuartos Técnicos 4 Luminaria 100 W	0,400 KW.
A4	I+N+T	Alum Sala Control 10 Led Empotrables 6 W	0,060 KW.
A5	I+N+T	Alumbrado Galerías 9 Luminarias Led 98 W	0,882 KW.
A6	I+N+T	A. Sala Depósito Gasoil 1 Luminaria 100 W	0,100 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN FUERZA COMÚN</b>			<b>1,842 KW.</b>

<b>TOTAL POTENCIA FUERZA</b>	<b>128,125 KW.</b>
<b>TOTAL POTENCIA ALUMBRADO</b>	<b>1,842 KW.</b>
<b>TOTAL POTENCIA PARA CALCULO</b>	<b>129,967 KW.</b>

**CUADRO TUBO 3 CARRILES:**

Consta de las correspondientes protecciones:

- Protección Fusible
- Interruptor de Corte General

En este cuadro no se puede instalar un protector de sobretensión debido a que está conectado el alumbrado permanente y necesita que exista una alimentación continua de suministro eléctrico.

En el cuadro del Tubo de 3 Carriles se realizaran las siguientes derivaciones:

**Derivación Alumbrado Exterior Entrada D6:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
A7	III+N+T	Alumbrado Entrada Luminarias Led 102W	17 1,734 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Entrada</b>			<b>1,734 KW.</b>

**Derivación Alumbrado Exterior Salida D7:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
A8	III+N+T	Alumbrado Salida Luminarias Led 102W	17 1,734 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Salida</b>			<b>1,734 KW.</b>

**Derivación Alumbrado Emergencia D8:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
A9	I+N+T	Alumbrado Emergencia Luminarias 11W	285 3,135 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Emergencia</b>			<b>3,135 KW.</b>

**Derivación Alumbrado Semáforos y PMV D9:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
A10	I+N+T	Alumbrado Semáforos	0,100 KW.
A11	I+N+T	Alubrado Panel Mensaje Variable	0,350 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado</b>			<b>0,450 KW.</b>



**Alumbrado Permanente o Nocturno:****Derivación Alumbrado Permanente Derecha D10:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
A12	III+N+T	Alumbrado Permanente 33 Luminarias 98 W	3,234 KW.
A13	III+N+T	Alumbrado Permanente 33 Luminarias de 98 W	3,234 KW.
A14	III+N+T	Alumbrado Permanente 34 Luminarias de 98 W	3,332 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Permanente Dch</b>			<b>9,800 KW.</b>

**Derivación Alumbrado Permanente Izquierda D11:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
A15	III+N+T	Alumbrado Permanente 33 Luminarias 98 W	3,234 KW.
A16	III+N+T	Alumbrado Permanente 33 Luminarias de 98 W	3,234 KW.
A17	III+N+T	Alumbrado Permanente 34 Luminarias de 98 W	3,332 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Permanente Izd</b>			<b>9,800 KW.</b>

**Alumbrado Días Nublados:****Derivación Alumbrado Nublado Derecha Tramo 1,2 D12:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
A18	III+N+T	Alumbrado Nublado 17 Luminarias 268 W	4,556 KW.
A19	III+N+T	Alumbrado Nublado 18 Luminarias de 268 W	4,824 KW.
A20	III+N+T	Alumbrado Nublado 17 Luminarias de 268 W	4,556 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Nublado Dch T 1,2</b>			<b>13,936 KW.</b>

**Derivación Alumbrado Nublado Izquierda Tramo 1,2 D13:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
A21	III+N+T	Alumbrado Nublado 18 Luminarias 268 W	4,824 KW.
A22	III+N+T	Alumbrado Nublado 17 Luminarias de 268 W	4,556 KW.
A23	III+N+T	Alumbrado Nublado 18 Luminarias de 268 W	4,824 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Nublado Izd T 1,2</b>			<b>14,204 KW.</b>

**Derivación Alumbrado Nublado Derecha Tramo 3,4,5 D14:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
A24	III+N+T	Alumbrado Nublado 10 Luminarias 268 W	2,680 KW.
A25	III+N+T	Alumbrado Nublado 10 Luminarias de 268 W	2,680 KW.
A26	III+N+T	Alumbrado Nublado 10 Luminarias de 268 W	2,680 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Nublado Dch T 3,4,5</b>			<b>8,040 KW.</b>

**Derivación Alumbrado Nublado Izquierda Tramo 3,4,5 D15:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
A27	III+N+T	Alumbrado Nublado 10 Luminarias 268 W	2,680 KW.
A28	III+N+T	Alumbrado Nublado 10 Luminarias de 268 W	2,680 KW.
A29	III+N+T	Alumbrado Nublado 10 Luminarias de 268 W	2,680 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Nublado Izd T 3,4,5</b>			<b>8,040 KW.</b>

**Derivación Alumbrado Nublado Derecha Tramo 6,7,8 D16:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
A30	III+N+T	Alumbrado Nublado 10 Luminarias 268 W	2,680 KW.
A31	III+N+T	Alumbrado Nublado 10 Luminarias de 268 W	2,680 KW.
A32	III+N+T	Alumbrado Nublado 10 Luminarias de 268 W	2,680 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Nublado Dch T 6,7,8</b>			<b>8,040 KW.</b>

**Derivación Alumbrado Nublado Izquierda Tramo 6,7,8 D17:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
A33	III+N+T	Alumbrado Nublado 10 Luminarias 268 W	2,680 KW.
A34	III+N+T	Alumbrado Nublado 10 Luminarias de 268 W	2,680 KW.
A35	III+N+T	Alumbrado Nublado 9 Luminarias de 268 W	2,412 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Nublado Izd T 6,7,8</b>			<b>7,772 KW.</b>

**Alumbrado Días Diurnos:****Derivación Alumbrado Soleado Derecha Tramo 1,2 D18:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
A36	III+N+T	Alumbrado Soleado 14 Luminarias 268 W	3,752 KW.
A37	III+N+T	Alumbrado Soleado 14 Luminarias de 268 W	3,752 KW.
A38	III+N+T	Alumbrado Soleado 14 Luminarias de 268 W	3,752 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Soleado Dch T 1,2</b>			<b>11,256 KW.</b>

**Derivación Alumbrado Soleado Izquierda Tramo 1,2 D19:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
A39	III+N+T	Alumbrado Soleado 14 Luminarias 268 W	3,752 KW.
A40	III+N+T	Alumbrado Soleado 14 Luminarias de 268 W	3,752 KW.
A41	III+N+T	Alumbrado Soleado 14 Luminarias de 268 W	3,752 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Soleado Izd T 1,2</b>			<b>11,256 KW.</b>

**Derivación Alumbrado Soleado Derecha Tramo 3,4,5 D20:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
A42	III+N+T	Alumbrado Soleado 6 Luminarias 268 W	1,608 KW.
A43	III+N+T	Alumbrado Soleado 6 Luminarias de 268 W	1,608 KW.
A44	III+N+T	Alumbrado Soleado 6 Luminarias de 268 W	1,608 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Soleado Dch T 3,4,5</b>			<b>4,824 KW.</b>

**Derivación Alumbrado Soleado Izquierda Tramo 3,4,5 D21:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
A45	III+N+T	Alumbrado Soleado 6 Luminarias 268 W	1,608 KW.
A46	III+N+T	Alumbrado Soleado 6 Luminarias de 268 W	1,608 KW.
A47	III+N+T	Alumbrado Soleado 6 Luminarias de 268 W	1,608 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Soleado Izd T 3,4,5</b>			<b>4,824 KW.</b>

**Derivación Alumbrado Soleado Derecha Tramo 6,7,8 D22:**

CIRCUITO	CONEXIÓN ó T.C.	RECEPTOR	POTENCIA
A48	III+N+T	Alumbrado Soleado Luminarias 268 W	9 2,412 KW.
A49	III+N+T	Alumbrado Soleado Luminarias 268 W	9 2,412 KW.
A50	III+N+T	Alumbrado Soleado Luminarias 268 W	9 2,412 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Soleado Dch T 6,7,8</b>			<b>7,236 KW.</b>

**Derivación Alumbrado Soleado Izquierda Tramo 6,7,8 D23:**

CIRCUITO	CONEXIÓN ó T.C.	RECEPTOR	POTENCIA
A51	III+N+T	Alumbrado Soleado Luminarias 268 W	9 2,412 KW.
A52	III+N+T	Alumbrado Soleado Luminarias 268 W	9 2,412 KW.
A53	III+N+T	Alumbrado Soleado Luminarias 268 W	9 2,412 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Soleado Izd T 6,7,8</b>			<b>7,236 KW.</b>

**Derivación Fuerza Barrera D24:**

CIRCUITO	CONEXIÓN ó T.C.	RECEPTOR	POTENCIA
F8	I+N+T	Fuerza Barrera	0.350 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN FUERZA Barrera</b>			<b>0,350 KW.</b>

**Derivación Fuerza Ventilación D25:**

CIRCUITO	CONEXIÓN ó T.C.	RECEPTOR	POTENCIA
F9	III+N+T	Fuerza Ventilación Ventilador 11000 W	1 13,750 KW.
F10	III+N+T	Fuerza Ventilación Ventilador 11000 W	1 13,750 KW.
F11	III+N+T	Fuerza Ventilación Ventilador 11000 W	1 13,750 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN FUERZA Ventilación</b>			<b>41,250 KW.</b>

**Derivación Fuerza Ventilación D26:**

CIRCUITO	CONEXIÓN ó T.C.	RECEPTOR	POTENCIA
F12	III+N+T	Fuerza Ventilación Ventilador 11000 W	1 13,750 KW.
F13	III+N+T	Fuerza Ventilación Ventilador 11000 W	1 13,750 KW.
F14	III+N+T	Fuerza Ventilación Ventilador 11000 W	1 13,750 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN FUERZA Ventilación</b>			<b>41,250 KW.</b>

**Derivación Fuerza Ventilación D27:**

CIRCUITO	CONEXIÓN ó T.C.	RECEPTOR	POTENCIA
F15	III+N+T	Fuerza Ventilación Ventilador 11000 W	1 13,750 KW.
F16	III+N+T	Fuerza Ventilación Ventilador 11000 W	1 13,750 KW.
F17	III+N+T	Fuerza Ventilación Ventilador 11000 W	1 13,750 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN FUERZA Ventilación</b>			<b>41,250 KW.</b>

<b>TOTAL POTENCIA FUERZA</b>	<b>124,100 KW.</b>
------------------------------	--------------------

<b>TOTAL POTENCIA ALUMBRADO</b>	<b>133,317 KW.</b>
---------------------------------	--------------------

<b>TOTAL POTENCIA PARA CALCULO</b>	<b>257,417 KW.</b>
------------------------------------	--------------------

**CUADRO TUBO 2 CARRILES:**

Consta de las correspondientes protecciones:

- Protección Fusible
- Interruptor de Corte General

En este cuadro no se puede instalar un protector de sobretensión debido a que está conectado el alumbrado permanente y necesita que exista una alimentación continua de suministro eléctrico.

En el cuadro del Tubo de 2 Carriles se realizaran las siguientes derivaciones:

**Derivación Alumbrado Exterior Entrada D28:**

CIRCUITO	CONEXIÓN ó T.C.	RECEPTOR	POTENCIA
A54	III+N+T	Alumbrado Entrada Luminarias Led 102W	17 1,734 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Entrada</b>			<b>1,734 KW.</b>

**Derivación Alumbrado Exterior Salida D29:**

CIRCUITO	CONEXIÓN ó T.C.	RECEPTOR	POTENCIA
A55	III+N+T	Alumbrado Salida Luminarias Led 102W	17 1,734 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Salida</b>			<b>1,734 KW.</b>

**Derivación Alumbrado Emergencia D30:**

CIRCUITO	CONEXIÓN ó T.C.	RECEPTOR	POTENCIA
A56	I+N+T	Alumbrado Emergencia Luminarias 11W	285 3,135 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Emergencia</b>			<b>3,135 KW.</b>

**Derivación Alumbrado Semáforos y PMV D31:**

CIRCUITO	CONEXIÓN ó T.C.	RECEPTOR	POTENCIA
A57	I+N+T	Alumbrado Semáforos	0,100 KW.
A58	I+N+T	Alubrado Panel Mensaje Variable	0,350 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado</b>			<b>0,450 KW.</b>

**Alumbrado Permanente o Nocturno:****Derivación Alumbrado Permanente Derecha D32:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
A59	III+N+T	Alumbrado Permanente 28 Luminarias 98 W	2,744 KW.
A60	III+N+T	Alumbrado Permanente 28 Luminarias de 98 W	2,744 KW.
A61	III+N+T	Alumbrado Permanente 28 Luminarias de 98 W	2,744 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Permanente Dch</b>			<b>8,232 KW.</b>

**Derivación Alumbrado Permanente Izquierda D33:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
A62	III+N+T	Alumbrado Permanente 28 Luminarias 98 W	2,744 KW.
A63	III+N+T	Alumbrado Permanente 28 Luminarias 98 W	2,744 KW.
A64	III+N+T	Alumbrado Permanente 28 Luminarias 98 W	2,744 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Permanente Izd</b>			<b>8,232 KW.</b>

**Alumbrado Días Nublados:****Derivación Alumbrado Nublado Derecha Tramo 1,2 D34:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
A65	III+N+T	Alumbrado Nublado 15 Luminarias 268 W	4,020 KW.
A66	III+N+T	Alumbrado Nublado 14 Luminarias de 268 W	3,752 KW.
A67	III+N+T	Alumbrado Nublado 14 Luminarias de 268 W	3,752 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Nublado Dch T 1,2</b>			<b>11,524 KW.</b>

**Derivación Alumbrado Nublado Izquierda Tramo 1,2 D35:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
A68	III+N+T	Alumbrado Nublado 14 Luminarias 268 W	3,752 KW.
A69	III+N+T	Alumbrado Nublado 15 Luminarias de 268 W	4,020 KW.
A70	III+N+T	Alumbrado Nublado 14 Luminarias de 268 W	3,752 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Nublado Izd T 1,2</b>			<b>11,524 KW.</b>

**Derivación Alumbrado Nublado Derecha Tramo 3,4,5 D36:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
A71	III+N+T	Alumbrado Nublado 8 Luminarias 268 W	2,144 KW.
A72	III+N+T	Alumbrado Nublado 7 Luminarias de 268 W	1,876 KW.
A73	III+N+T	Alumbrado Nublado 8 Luminarias de 268 W	2,144 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Nublado Dch T 3,4,5</b>			<b>6,164 KW.</b>

**Derivación Alumbrado Nublado Izquierda Tramo 3,4,5 D37:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
A74	III+N+T	Alumbrado Nublado 7 Luminarias 268 W	1,876 KW.
A75	III+N+T	Alumbrado Nublado 8 Luminarias 268 W	2,144 KW.
A76	III+N+T	Alumbrado Nublado 8 Luminarias 268 W	2,144 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Nublado Izd T 3,4,5</b>			<b>6,164 KW.</b>

**Derivación Alumbrado Nublado Derecha Tramo 6,7,8 D38:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
A77	III+N+T	Alumbrado Nublado 5 Luminarias 268 W, 4 Luminarias 179 W y 3 Luminarias 98 W	2,350 KW.
A78	III+N+T	Alumbrado Nublado 5 Luminarias 268 W, 3 Luminarias 179 W y 3 Luminarias 98 W	2,171 KW.
A79	III+N+T	Alumbrado Nublado 5 Luminarias 268 W, 3 Luminarias 179 W y 2 Luminarias 98 W	2,073 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Nublado Dch T 6,7,8</b>			<b>6,594 KW.</b>

**Derivación Alumbrado Nublado Izquierda Tramo 6,7,8 D39:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
A80	III+N+T	Alumbrado Nublado 5 Luminarias 268 W, 3 Luminarias 179 W y 2 Luminarias 98 W	2,073 KW.
A81	III+N+T	Alumbrado Nublado 5 Luminarias 268 W, 4 Luminarias 179 W y 3 Luminarias 98 W	2,350 KW.
A82	III+N+T	Alumbrado Nublado 5 Luminarias 268 W, 3 Luminarias 179 W y 3 Luminarias 98 W	2,171 KW.

<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Nublado Izd T 6,7,8</b>	<b>6,594 KW.</b>
---	------------------

**Alumbrado Días Diurnos:****Derivación Alumbrado Soleado Derecha Tramo 1,2 D40:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
A83	III+N+T	Alumbrado Soleado 11 Luminarias 268 W	2,948 KW.
A84	III+N+T	Alumbrado Soleado 12 Luminarias de 268 W	3,216 KW.
A85	III+N+T	Alumbrado Soleado 12 Luminarias de 268 W	3,216 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Soleado Dch T 1,2</b>			<b>9,380 KW.</b>

**Derivación Alumbrado Soleado Izquierda Tramo 1,2 D41:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
A86	III+N+T	Alumbrado Soleado 12 Luminarias 268 W	3,216 KW.
A87	III+N+T	Alumbrado Soleado 11 Luminarias de 268 W	2,948 KW.
A88	III+N+T	Alumbrado Soleado 12 Luminarias de 268 W	3,216 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Soleado Izd T 1,2</b>			<b>9,380 KW.</b>

**Derivación Alumbrado Soleado Derecha Tramo 3,4,5 D42:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
A89	III+N+T	Alumbrado Soleado 6 Luminarias 212 W, 2 Luminarias de 129 W	1,530 KW.
A90	III+N+T	Alumbrado Soleado 5 Luminarias 212 W, 2 Luminarias de 129 W	1,318 KW.
A91	III+N+T	Alumbrado Soleado 5 Luminarias 212 W, 1 Luminarias de 129 W	1,189 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Soleado Dch T 3,4,5</b>			<b>4,037 KW.</b>

**Derivación Alumbrado Soleado Izquierda Tramo 3,4,5 D43:**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONEXIÓN ó T.C.</b>	<b>RECEPTOR</b>	<b>POTENCIA</b>
A92	III+N+T	Alumbrado Soleado 5 Luminarias 212 W, 1 Luminarias de 129 W	1,189 KW.
A93	III+N+T	Alumbrado Soleado 6 Luminarias 212 W, 2 Luminarias de 129 W	1,530 KW.
A94	III+N+T	Alumbrado Soleado 5 Luminarias 212 W, 2 Luminarias de 129 W	1,318 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Soleado Izd T 3,4,5</b>			<b>4,037 KW.</b>



**Derivación Alumbrado Soleado Derecha Tramo 6,7,8 D44:**

CIRCUITO	CONEXIÓN ó T.C.	RECEPTOR	POTENCIA
A95	III+N+T	Alumbrado Soleado Luminarias 268 W, Luminarias de 98 W	4 7 1,758 KW.
A96	III+N+T	Alumbrado Soleado Luminarias 268 W, Luminarias de 98 W	4 7 1,758 KW.
A97	III+N+T	Alumbrado Soleado Luminarias 268 W, Luminarias de 98 W	4 7 1,758 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Soleado Dch T 6,7,8</b>			<b>5,274 KW.</b>

**Derivación Alumbrado Soleado Izquierda Tramo 6,7,8 D45:**

CIRCUITO	CONEXIÓN ó T.C.	RECEPTOR	POTENCIA
A98	III+N+T	Alumbrado Soleado Luminarias 268 W, Luminarias de 98 W	4 7 1,758 KW.
A99	III+N+T	Alumbrado Soleado Luminarias 268 W, Luminarias de 98 W	4 7 1,758 KW.
A100	III+N+T	Alumbrado Soleado Luminarias 268 W, Luminarias de 98 W	4 7 1,758 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN Alumbrado Soleado Izd T 6,7,8</b>			<b>5,274 KW.</b>

**Derivación Fuerza Barrera D46:**

CIRCUITO	CONEXIÓN ó T.C.	RECEPTOR	POTENCIA
F18	I+N+T	Fuerza Barrera	0.350 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN FUERZA Barrera</b>			<b>0,350 KW.</b>

**Derivación Fuerza Ventilación D47:**

CIRCUITO	CONEXIÓN ó T.C.	RECEPTOR	POTENCIA
F19	III+N+T	Fuerza Ventilación Ventilador 11000 W	1 13,750 KW.
F20	III+N+T	Fuerza Ventilación Ventilador 11000 W	1 13,750 KW.
F21	III+N+T	Fuerza Ventilación Ventilador 11000 W	1 13,750 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN FUERZA Ventilación</b>			<b>41,250 KW.</b>

**Derivación Fuerza Ventilación D48:**

CIRCUITO	CONEXIÓN ó T.C.	RECEPTOR	POTENCIA
F22	III+N+T	Fuerza Ventilación Ventilador 11000 W	1 13,750 KW.
F23	III+N+T	Fuerza Ventilación Ventilador 11000 W	1 13,750 KW.
F24	III+N+T	Fuerza Ventilación Ventilador 11000 W	1 13,750 KW.
<b>TOTAL DERIVACIÓN FUERZA Ventilación</b>			<b>41,250 KW.</b>

<b>TOTAL POTENCIA FUERZA</b>	<b>82,850 KW.</b>
<b>TOTAL POTENCIA ALUMBRADO</b>	<b>109,463 KW.</b>
<b>TOTAL POTENCIA PARA CALCULO</b>	<b>192,313 KW.</b>
<b>POTENCIA TOTAL INSTALACIÓN</b>	<b>579,697 KW.</b>

## **D. Recinto de protección y control**

### **a. Descripción de la instalación**

#### **1. Parámetros generales.**

La alimentación a los receptores que serán necesarios para el correcto funcionamiento del túnel se realizará en baja tensión, 230/400 V. La energía será suministrada por el equipo de media tensión instalado en las galerías centrales del túnel. Este equipo estará formado por dos centros de seccionamiento, un centro de transformación con su correspondiente apartamento, un SAI, batería de condensadores y un grupo electrógeno que se accionará en caso de incendio para la activación de la ventilación forzada de los pozos verticales de extracción de humos.

Todos los circuitos partirán desde el local de distribución construido en la parte central del túnel en su correspondiente centro de transformación exceptuando el SAI y grupo electrógeno que estarán en una sala aledaña.

La distribución interior se efectuará por bandejas metálicas y en algunos casos subterránea o empotrada bajo tubo.

La distribución exterior se realizará por red subterránea. Las características de la zanja, tal y como se verá más adelante, dependerán de si se ubican en calzada o en acera. (según plano adjunto)

Toda la instalación eléctrica de baja tensión estará compuesta por elementos de cero halógenos, baja emisión de humos, no propagadores de llama y no propagadores de incendio. El cable con el que se efectuará la instalación será de aislamiento 1000V libre de halógenos, el cual posee las siguientes características:

- Designación: RZ1-K (AS)
- Norma constructiva UNE 21123-4
- Tensión de aislamiento 0,6/1 kV
- Ensayo de tensión en c.a. durante 5 minutos: 3500 V
- Temperatura de servicio (instalación fija): -40°C,+90°C. Cable termoestable
- No propagación de la llama
- No propagación del incendio
- Libre de halógenos
- Reducida emisión de gases tóxicos
- Baja emisión de humos opacos
- Muy baja emisión de gases corrosivos

#### **2. Canalizaciones y arquetas**

##### **Canalizaciones.**

Las canalizaciones se dispondrán, en general, por terrenos de dominio del túnel, y en zonas perfectamente delimitadas, preferentemente bajo las aceras.

El trazado será lo más rectilíneo posible y a poder ser paralelo a referencias fijas como líneas en fachada y bordillos. Asimismo, deberán tenerse en cuenta los radios de curvatura mínimos, fijados por los fabricantes (o en su defecto los indicados en las normas de la serie UNE 20.435), a respetar en los cambios de dirección.

En la etapa de proyecto se deberá consultar con las empresas de servicio público y con los posibles propietarios de servicios para conocer la posición de sus instalaciones en la zona afectada. Una vez conocida, antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto en el proyecto.

En los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias como máximo cada 30 m. Esta distancia podrá variarse de forma razonable, en función de derivaciones, cruces u otros condicionantes viarios. Las arquetas serán prefabricadas o de fábrica de ladrillo cerámico macizo (cítara) enfoscada interiormente, con tapas de fundición de 60x60 cm y con un lecho de arena absorbente en el fondo de ellas. A la entrada de las arquetas, los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores y de agua. A lo largo de la canalización se colocará una cinta de señalización, que advierta de la existencia del cable eléctrico de baja tensión.

No se instalará más de un circuito por tubo. Los tubos deberán tener un diámetro tal que permita un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. El diámetro exterior mínimo de los tubos en función del número y sección de los conductores se obtendrá de la tabla 9, ITC-BT-21.

Los tubos protectores serán conformes a lo establecido en la norma UNE-EN 50.086 2-4. Las características mínimas serán las indicadas a continuación.

- Resistencia a la compresión: 250 N para tubos embebidos en hormigón; 450 N para tubos en suelo ligero; 750 N para tubos en suelo pesado.
- Resistencia al impacto: Grado Ligero para tubos embebidos en hormigón; Grado Normal para tubos en suelo ligero o suelo pesado.
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos: Protegido contra objetos  $D > 1$  mm.
- Resistencia a la penetración del agua: Protegido contra el agua en forma de lluvia.
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos: Protección interior y exterior media.

La canalización entubada estará constituida por tubos plásticos, dispuestos sobre lecho de arena y debidamente enterrados en zanja. Las características de estos tubos serán las establecidas en la NI 52.95.03 con un diámetro de 160 mm.

En cada uno de los tubos se instalará un solo circuito. Se evitará en lo posible los cambios de dirección de los tubulares.

Bajo ningún concepto se practicarán empalmes o derivaciones por retorcimiento de los conductores.

En toda la canalización se dispondrá, además de los tubos de línea, un tubo de reserva de idénticas características así como un multitubo designado como MTT 4x40, según NI 52.95.20.

Para la apertura y condicionamiento de zanja se seguirá lo dispuesto en el REBT en su ICT-BT07 y en la MT 2.51.01.

Para el Cruce de calzada la canalización entubada (asiento de hormigón), se empleará en los casos en que se presenten cruces de calzada o la canalización discorra por zona de rodadura. El asiento del tubo será de hormigón no estructural HM-12,5, quedando éstos cubiertos con un espesor de 10 cm por encima de los tubos y envolviéndolos completamente. Por último, se hace el relleno de la zanja, dejando libre el espesor del firme y pavimento. Para este relleno se utilizará hormigón no estructural HM 12,5, en las canalizaciones que no lo exijan las Ordenanzas municipales la zona de relleno será de todo-uno o zahorra. La profundidad de la zanja dependerá del número de tubos que de forma que los situados en el plano superior queden a una profundidad de 0,80 m, tomada desde la rasante del terreno a la parte inferior del tubo. En los cruces se dispondrá de un tubo de reserva y siempre que sea posible el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

### **Arquetas.**

Se dispondrán en los límites de parcela o punto de previsión de carga, además de los puntos donde se produzcan cambios de dirección o cruzamiento de calzada, se

colocarán los marcos y tapas indicadas en planos, debidamente enrasadas con el pavimento y enlucidas por dentro. Los marcos se recibirán con mortero M250, para las ACOMETIDAS, y en todo caso cada 30 m. como máximo

Estas arquetas serán de fábrica de ladrillo macizo, de medio pie de espesor, enfoscadas y bruñidas con tapa de fundición modelo IBERDROLA, S.A.U de 0,70 x 0,70 metros normalizado por Iberdrola del tipo M2-T2, que descansará sobre marco metálico con perfilaría en L de 40 x 4 mm; embutidos en las paredes de la arqueta.

En la boca de los tubos termoplásticos sin ocupación de cables se colocarán los tapones correspondientes, debidamente presionados. En los que contengan cables se taponarán sus bocas con espuma de poliuretano u otro procedimiento autorizado por Iberdrola.

En los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias como máximo cada 30 m.

Dimensiones interiores mínimas 0,60x0,60 m. Podrán ser ejecutadas mediante fábrica de ladrillo macizo, de medio pie de espesor, enfoscadas y bruñidas o bien prefabricadas de hormigón.

Además se marcará cada línea con el circuito correspondiente para poder ser identificada y los colores de cada conductor para poder diferenciarlos.

### **3. Cruces, paralelismos y distancias de seguridad**

#### **Cruzamientos**

##### **Calles y carreteras.**

Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores, recubiertos de hormigón en toda su longitud a una profundidad mínima de 0,80 m. Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

##### **Ferrocarriles.**

Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores, recubiertos de hormigón, y siempre que sea posible, perpendiculares a la vía, a una profundidad mínima de 1,3 m respecto a la cara inferior de la traviesa. Dichos tubos rebasarán las vías férreas en 1,5 m por cada extremo.

##### **Otros cables de energía eléctrica.**

Siempre que sea posible, se procurará que los cables de baja tensión discurren por encima de los de alta tensión.

La distancia mínima entre un cable de baja tensión y otros cables de energía eléctrica será: 0,25 m con cables de alta tensión y 0,10 m con cables de baja tensión. La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 m.

Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada.

##### **Cables de telecomunicación.**

La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m. La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será superior a 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada

Estas restricciones no se deben aplicar a los cables de fibra óptica con cubiertas dieléctricas. Todo tipo de protección en la cubierta del cable debe ser aislante.

##### **Canalizaciones de agua y gas.**

Siempre que sea posible, los cables se instalarán por encima de las canalizaciones de agua.

La distancia mínima entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua o gas será de 0,20 m. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de

agua o gas, o de los empalmes de la canalización eléctrica, situando unas y otros a una distancia superior a 1 m del cruce. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada según lo prescrito anteriormente.

#### **Conducciones de alcantarillado.**

Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado. No se admitirá incidir en su interior. Se admitirá incidir en su pared (por ejemplo, instalando tubos, etc), siempre que se asegure que ésta no ha quedado debilitada. Si no es posible, se pasará por debajo, y los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas.

#### **Depósitos de carburante.**

Los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas y distarán, como mínimo, 0,20 m del depósito. Los extremos de los tubos rebasarán al depósito, como mínimo 1,5 m por cada extremo.

### **Proximidades y paralelismos**

#### **Otros cables de energía eléctrica.**

Los cables de baja tensión podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia mínima de 0,10 m con los cables de baja tensión y 0,25 m con los cables de alta tensión. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada

#### **Cables de telecomunicación.**

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada.

#### **Canalizaciones de agua.**

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de agua será de 0,20 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de agua será de 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada.

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal, y que la canalización de agua quede por debajo del nivel del cable eléctrico.

Por otro lado, las arterias principales de agua se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

#### **Canalizaciones de gas.**

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de gas será de 0,20 m, excepto para canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar), en que la distancia será de 0,40 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de gas será de 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada.

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal.

Por otro lado, las arterias importantes de gas se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

**Acometidas (conexiones de servicio).**

En el caso de que el cruzamiento o paralelismo entre cables eléctricos y canalizaciones de los servicios descritos anteriormente, se produzcan en el tramo de acometida a un edificio deberá mantenerse una distancia mínima de 0,20 m.

Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada según lo prescrito en el apartado descrito anteriormente.

**4. Empalmes, derivaciones y terminales**

Los empalmes y conexiones de los conductores se efectuarán siguiendo métodos o sistemas que garanticen una perfecta continuidad del conductor y de su aislamiento. Asimismo, deberá quedar perfectamente asegurada su estanquidad y resistencia contra la corrosión que pueda originar el terreno.

Un método apropiado para la realización de empalmes y conexiones puede ser mediante el empleo de tenaza hidráulica y la aplicación de un revestimiento a base de cinta vulcanizable.

Los empalmes, terminales y derivaciones, serán acorde a la naturaleza y composición del cable. En ningún caso deberán aumentar la resistencia eléctrica de estos.

Las características de los accesorios serán las establecidas en la NI 56.88.01 y las piezas de conexión se ajustarán a la NI 58.20.71.

Los empalmes y terminales se ejecutarán siguiendo el MT correspondiente cuando exista, o en su defecto, las instrucciones de montaje dadas por el fabricante.

El sistema de ejecución en todos los casos será por apriete mecánico. Las derivaciones aisladas subterráneas a utilizar en este caso serán DPSA-50 según NI 56.88.01

**b. Líneas generales de alimentación**

La descarga del trafo al cuadro de Baja Tensión se realizará con conductores XLPE 0,6/1kV 240 mm<sup>2</sup> Al unipolares instalados al aire cuya intensidad admisible a 40°C de temperatura ambiente es de 390 A.

Para el trafo 1, cuya potencia es de 1000 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión es 1443.42 A, se emplearán 4 conductores por fase y 2 para el neutro.

**c. Cuadro general de control y protecciones**

En el circuito de baja tensión del transformador según RU6302 se instalará un Cuadro de Distribución de 4 salidas con posibilidad de extensionamiento. Se instalarán fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad exigida a esa salida, y un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión.

Una peculiaridad importante de este cuadro es que dispone de una conexión para poder dar entrada eléctrica desde un grupo electrógeno.

Esta instalación además dispondrá de tres cuadros generales de distribución, protección y maniobra desde el que se alimentarán a todos los receptores de B.T. con las protecciones apropiadas en cada uno de los circuitos cumpliendo el REBT.

Se instalará en un local independiente del destinado para el grupo electrógeno y el utilizado para el transformador.

En los cuadros se instalarán los dispositivos de protección contra sobrecargas, cortocircuitos y protección contra sobretensiones de cada uno de los circuitos. Estos dispositivos, al ser nuestro sistema TT, serán tripolares cuando alimenten a un sistema trifásico (neutro sin protección) y unipolares al proteger un sistema monofásico, tal y como indica la ITC-BT-22.

En el cuadro también se instalarán los interruptores diferenciales destinados a la protección contra contactos indirectos. Estos interruptores tendrán que aguantar las

corrientes que puedan producirse en el punto de instalación. El nivel de sensibilidad de estos interruptores cumplirá con la instrucción ITC-BT-17.

Las instalaciones se subdividirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación.

Las secciones de los diversos circuitos que parten desde el cuadro de B.T. quedan reflejadas en los planos y en las tablas de cálculos; y la distribución de los dispositivos de protección aparece en los planos, no obstante, en el apartado "**Previsión de Cargas**" se ha detallado cada uno de los cuadros y circuitos:

- Cuadro General de Distribución (4 salidas, a 3 cuadros + 1 reserva)
- Cuadro Alimentación Circuitos Comunes
- Cuadro Tubo 3 Carriles
- Cuadro Tubo 2 Carriles

#### **d. Disposiciones especiales para los locales clasificados**

Las disposiciones especiales de los locales quedan reflejadas en la descripción de cada uno de ellos. Todos constan de sus correspondientes puertas cortafuegos, detección y protección de incendios y medias de seguridad pertinentes para el correcto funcionamiento de todas las instalaciones de baja tensión del túnel.

#### **e. Puesta a tierra**

##### **1. Interior túnel**

Se verificará que las masas puestas a tierra del túnel, así como los conductores de protección asociados a estas masas, no están unidos a la toma de tierra de las masas del centro de transformación, para evitar que durante la evacuación de un defecto a tierra en el centro de transformación, las masas de la instalación puedan quedar sometidas a tensiones de contacto peligrosas. •

Para asegurar esta independencia habrá que cumplir las siguientes condiciones de la ITC-BT-18:

- No exista canalización metálica conductora (cubierta metálica de cable no aislada especialmente, canalización de agua, gas, etc.) que una la zona de tierras del centro de transformación con la zona donde se encuentran los aparatos de utilización.

- La distancia entre las tomas de tierra del centro de transformación y las tomas de tierra u otros elementos conductores enterrados en los locales de utilización es al menos igual a 15 m para terrenos cuya resistividad no sea elevada ( $< 100 \Omega/m$ ).

- El centro de transformación está situado en un recinto aislado de los locales de utilización o bien, si está contiguo a los locales de utilización o en el interior de los mismos, está establecido de tal manera que sus elementos metálicos no están unidos eléctricamente a los elementos metálicos constructivos de los locales de utilización.

En nuestra instalación, la distancia entre la red de tierra del túnel se situará no menos de 15 m de la red de tierra del C.T. al tener una resistividad nuestro terreno de  $50 \Omega/m$ .

La configuración seleccionada para esta puesta a tierra está descrita en el correspondiente plano y los resultados en el apartado de cálculo de tierra.

##### **2. Exterior túnel**

En las redes de tierra, se instalará como mínimo un electrodo de puesta a tierra cada 5 soportes de luminarias y siempre en el primero y en el último soporte de cada línea, tal y como marca la ITC-09.

Los conductores de la red de tierra que unen los electrodos deberán ser:

- Desnudos, de cobre, de  $35 \text{ mm}^2$  de sección mínima, si forman parte de la propia red de tierra, en cuyo caso irán por fuera de las canalizaciones de los cables de alimentación.

- Aislados, mediante cables de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo, con conductores de cobre, de sección mínima  $16 \text{ mm}^2$  para redes

subterráneas, y de igual sección que los conductores de fase para las redes posadas, en cuyo caso irán por el interior de las canalizaciones de los cables de alimentación.

Para esta instalación se usarán cables aislados de tensión asignada 0.6/1 kV y sección 16 mm<sup>2</sup> al ser red subterránea y no formar parte de la propia red de tierra.

El conductor de protección que une cada soporte con el electrodo o con la red de tierra será de cable unipolar aislado, de tensión asignada 0.6/1 kV, con recubrimiento de color verde-amarillo, y de sección de 16 mm<sup>2</sup> de cobre.

Todas las conexiones de los circuitos de tierra se realizarán mediante terminales, grapas, soldadura o elementos apropiados que garanticen un buen contacto permanente y protegido contra la corrosión.

## **f. Alumbrado interior ordinario y de emergencia**

### **ALUMBRADO**

La adaptación al Real Decreto 635/2006 [RD 635/2006], solicita una iluminación normal que proporcione una visibilidad adecuada de día y de noche en la entrada del túnel, en las zonas de transición y en la parte central; es decir, unos niveles de iluminación correctos. La iluminación de seguridad debe permitir una visibilidad mínima para que los usuarios puedan evacuar el túnel en sus vehículos en caso de avería de suministro de energía eléctrica.

Se deben conectar algunos proyectores a SAI [RD 635/2006] y todos los cables deben tener las siguientes características [REBT 2002]: Libres de halógenos (IEC.60.754.1), no propagador de incendio (UNE EN 50266), baja emisión de humos opacos (UNE EN

50268) (IEC.61.034). Además, el Real Decreto indica la necesidad de situar iluminación de emergencia, que permita a los usuarios del túnel evacuarlo a pie con un mínimo recomendado de 10 lux.

### **APARATOS PROPUESTOS Y LÁMPARAS**

Para el alumbrado del túnel se emplearán los siguientes aparatos:

- Luminarias de Led de 98 W de potencia para la iluminación permanente o nocturna a lo largo del túnel.
- Luminarias de Led de 268, 212, 179, 129, 98 W de potencia por la iluminación de días soleados.
- Luminarias de Led de 268, 179, 98 W de potencia por la iluminación de días oscuros y nublados.

Para el alumbrado de los accesos al túnel se empleará el siguiente tipo de luminaria:

- Luminarias de Led 102 W de potencia por la iluminación nocturna y días oscuros y nublados.

Estos aparatos tienen la peculiaridad de acceso frontal tanto al equipo como a la lámpara Led, lo que facilita su mantenimiento. Su grado de protección será IP-66 [Recomendaciones iluminación].

Se han escogido las lámparas de Led debido a su alto rendimiento lumínico, gran penetración en atmósferas sucias y su reducido consumo energético siendo propicias para la iluminación de los túneles.

### **ALUMBRADO DE SEGURIDAD Y DE GUIADO DE EVACUACIÓN**

Se realizará un alumbrado de seguridad mediante la alimentación ininterrumpida del Alumbrado Nocturno o Permanente, de cada paramento, conectado a SAI, de forma que se mantiene una iluminación uniforme en caso de fallo de la red [RD 635/2006].

Complementando este alumbrado se realizará un alumbrado de guiado de evacuación, para casos de incendio, formado por un balizamiento mediante luminarias de emergencia fluorescentes estancas de 11 W, a una altura de entre 0,5 y 0,8 m en



ambos hastiales del túnel equidistantes 6 m. Este alumbrado proporciona en la zona de acera una iluminación superior a 10 lux. La alimentación se realiza desde el centro de transformación mediante cable resistente al fuego SZ1-K(AS+) [REBT 2002] y los equipos tienen autonomía propia durante 1 hora.

Así mismo se situarán señales luminosas de indicación de las vías de evacuación (las dos más próximas) con distancia a cada una de ellas cada 100 m, con señales similares fotoluminiscentes intercaladas cada 25 m y señales luminosas autónomas en banderola en todos los puntos de salida de emergencia, BIEs, hidrantes y SOS [RD 635/2006].

## **E. Recinto de grupos electrógenos y SAIs**

### **a. Descripción de la instalación**

La instalación de un grupo electrógeno tiene por objeto suplir el suministro eléctrico de la compañía de forma parcial y en este caso se destinará a la alimentación de la extracción de aire en los pozos verticales en caso de incendio.

La instalación del SAI tiene por objeto la alimentación eléctrica del alumbrado permanente al menos durante 30 minutos para evitar la falta de iluminación en el interior del túnel y la circulación de los vehículos sin ningún tipo de riesgo.

La batería de condensadores va a corregir el factor de potencia para que la instalación sea más estable, económica y eficiente.

La instalación se ceñirá al **RD 635/2006** que nos indica los requisitos mínimos que debe cumplir.

#### **a.1 Local**

Dimensiones:

El local para la instalación del grupo, bomba diesel de agua, bomba agua eléctrica, SAI y batería de condensadores tendrá una puerta de entrada lo suficientemente grande como para poder entrar, sacar el grupo, bomba de agua diesel, SAI, etc, sin necesidad de desmontarlos.

El volumen del local debe estar en proporción a las dimensiones y forma constructiva de todos los componentes que constituyen el local, debiendo quedar suficiente espacio para poder efectuar los trabajos de mantenimiento y revisión del grupo con facilidad

Dimensiones mínimas

Se procurará que alrededor del grupo y los otros componentes exista un pasillo, libre de obstáculos, con anchura comprendida entre 0.80 m y 1m.

La altura del local, como mínimo, un metro por encima del colector de escape del motor diesel y nunca inferior a 2m.

#### **a.2 Situación**

El grupo y demás componentes debe situarse en posición horizontal o con inclinaciones inferiores a:

- Longitudinal 15°
- Transversal 30°

Se colocarán sobre el pavimento intercalando apoyos antivibratorios entre el suelo y la bancada de acero del grupo y bomba de agua diesel que amortiguan la transmisión de vibraciones, quedando una vibración residual de 5 al 20 %, según el tipo de silenblocks. Hay apoyos antivibratorios que se colocan simplemente por adherencia y otros tipos fijándolos al pavimento.

## b. Grupos electrógenos

### 1. Características generales

Grupo Electrógeno Caterpillar 3512 o similar

<b>GRUPO ELECTRÓGENO</b>	Caterpillar 3512 o Similar
Potencia Prime	1020 kW/1275kVA
Potencia Emergencia	1120 kW/1400kVA
Tensión	380/440 V
Frecuencia	50Hz
<b>Motor</b>	
Cilindros	4
Cilindrada	3512 c.c.
Arranque	Eléctrico
<b>Embalaje</b>	
Dimensiones	572x209x223 cm
Peso	11130 kg

El generador elegido es trifásico, de 4 tiempos, turboalimentado de inyección directa con una potencia nominal superior a la requerida por la potencia de la ventilación forzada y un arranque automático electrónico para evitar la caída de tensión

### 2. Protecciones eléctricas y puesta a tierra

El generador elegido tiene un cuadro eléctrico con sus protecciones correspondientes para evitar cualquier desperfecto o problema de funcionamiento. Dicho cuadro eléctrico viene instalado en el generador proporcionándolo el fabricante. Cumple o supera las normas de fabricación internacionales ABGSM3, AS1359, AS2789, BS4999, BS5000, BS5514, DIN6271, DIN6280, EGSA101P, IEC34/1, ISO3046/1, ISI8528, JEM1359, NEMA MG1, VDE0530, 89/392/EEC, 89/336/EEC.

Es capaz de suministrar "Tres veces" la intensidad nominal durante 10 segundos, pasado este tiempo el regulador de tensión corta la excitación para evitar daños al generador y como seguridad por si fallan las protecciones del Cuadro de Control.

Se instalará un cable de puesta a tierra desde la carcasa del generador a tierra.

- La tierra tendrá una resistencia máxima de 25  $\Omega$ .
- La sección mínima del cable de tierra será de 50 mm<sup>2</sup>. Y cuando la sección deba ser superior, la que corresponda.

### 3. Sistema de conmutación

En caso de detección de un posible incendio el generador arrancará automáticamente para dar suministro eléctrico a la ventilación de los pozos verticales de extracción de aire.

No será necesario un sistema de conmutación ya que dicho generador está destinado solamente para tal fin y la instalación eléctrica necesaria para alimentar al sistema de extracción de incendio es independiente de las demás instalaciones eléctricas.

### 4. Suministro de combustible

#### Depósito de combustible

Se utiliza para suministro directo al motor, en los casos en los que el depósito principal está alejado de la sala del grupo o para relleno de la bancada tanque del grupo, si éste la lleva.

Para elegir la capacidad del depósito debe tenerse en cuenta varios factores: el número de horas de funcionamiento continuo del grupo a plena potencia, el consumo del grupo y los condicionamientos de instalación impuestos por la normativa de instalaciones petrolíferas.

Las instalaciones de suministro de combustible para grupos electrógenos deben estar de acuerdo con la ITC MI-IP03 "Instalaciones petrolíferas para uso propio", modificado en virtud del Real Decreto 1523/1999 de 1 de octubre, publicado en el BOE num. 253 de fecha 22 de octubre de 1999. Esta normativa establece una serie de requisitos, dependiendo de la capacidad y de la disposición del almacenamiento.

El depósito tendrá una capacidad de 10000 litros y se situará en un local adyacente, ya que supera los 5000 litros de capacidad y por normativa se instalará de este modo.

Se rellenará de combustible (gasóleo) cuando se estime oportuno y el nivel de combustible haya disminuido considerablemente por el uso del generador.

## **5. Gases de escape**

### **Refrigeración y aireación**

La ventilación es esencial para el buen funcionamiento del grupo. Una ventilación deficiente causará pérdidas de potencia y acelerará el desgaste del motor, llegando a provocar averías graves.

Las necesidades de aire del motor son tres:

- Aire para evacuación del calor radiado por el motor y el generador a la sala y para refrigeración del radiador.
- Aire para combustión,
- Aire para evacuación de gases de cárter.

La mejor solución es provocar una corriente de aire que recorra el grupo longitudinalmente, empezando en el extremo del generador, por la parte baja del grupo, hacia el radiador. De esta forma, el aire refrigera el generador, pasa luego por los costados del motor recogiendo el calor radiado y se introduce finalmente en el radiador donde disipa el calor del agua de camisas. Es aconsejable que la entrada de aire sea lo más baja posible, ya que la rejilla de ventilación del radiador se encuentra a poca altura.

Los ventiladores de los grupos electrógenos son todos de impulsión, es decir impulsan el aire hacia el núcleo del radiador, precisamente para garantizar que el aire recorre el camino anteriormente descrito. Es aconsejable canalizar la salida de aire desde el radiador al exterior, para evitar cualquier recirculación de aire caliente. El radiador se une a la tolva por medio de un fuelle flexible, para evitar la transmisión de vibraciones al edificio.

La sección de la conducción de aire debe ser mayor que el núcleo del radiador. En caso de que se utilicen persianas antilluvia, la sección debe aumentarse en un 25% con respecto a la del radiador. Si se coloca malla o rejilla fina en las aberturas, la sección debe ser 40% mayor que la del radiador.

La abertura de entrada de aire debe ser 1,5 veces mayor en área que la de salida.

### **Aire para combustión**

Para el proceso de combustión es necesario aire limpio y frío. La temperatura de entrada del aire afecta en gran manera al rendimiento y a la vida del grupo. El aire para combustión se toma normalmente de la propia sala del grupo. Si el aire en la sala está demasiado caliente, será necesario tomar aire del exterior por medio de una conducción.

### Conducción de gases de escape

Son el tupo o tubos que llevan al exterior del local los gases producidos en el interior del motor debido a la combustión del gasóleo. Estos gases salen a una temperatura de 400 a 600 °C y algunos de sus componentes son tóxicos.

En la instalación de tubos de escape se ha de tener presente dos puntos muy importantes que son:

- La contrapresión provocada por la conducción del escape, frenando la salida de los gases.

- La eliminación de ruidos y vibraciones.

El valor de la contrapresión de la conducción de escape, para un caudal dado de los gases de escape, está determinado por el tipo de silencioso, por la longitud y diámetro interior del tubo de escape y por el número y forma de las curvas.

Las conducciones de escape se construirán con tubo de acero corriente de al menos 3mm de espesor para que la corrosión y la humedad no las deteriore con rapidez.

El motor diesel utilizado está compuesto por 4 cilindros en línea con un solo tubo de escape.

Diámetro

Para calcular el diámetro del tubo de escape debe averiguarse la longitud teórica equivalente del escape. Esta longitud se obtiene sumando:

- Longitud geométrica del tubo de escape.

- La resistencia que oponen las curvas, transformada en longitud. Se recomienda utilizar curvas en las que el radio de curvatura sea 2.5 veces el diámetro exterior.

- La resistencia que opone el silencioso.

En caso de una longitud mayor, como primera aproximación, puede considerarse un incremento de diámetro del 3 % por metro adicional.

### c. Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI)

#### 1. Características generales

El SAI permite proteger eficazmente sus equipos industriales frente a cortes eléctricos y, de este modo, evitar la interrupción de la producción, la pérdida de datos o la avería o destrucción del hardware.

Especialmente diseñada para alimentar y proteger equipos industriales típicos como motores, controladores de velocidad de motor, lámparas, cargas no lineales, equipos de soldadura y fuentes de alimentación, también es perfectamente capaz de alimentar equipos de control como controladores programables, sensores y aparatos de medición, además de integrarse perfectamente en los entornos industriales más exigentes.

DESCRIPCIÓN	
Tipo de SAI	<b>MASTERYS IP+ Trifásico o similar</b>
Potencia	<b>60 kVA</b>
Configuración	<b>unitario(s) con by-pass</b>
Cantidad y potencia unitaria en módulos	1 Módulo de 60 kVA
Tensión de entrada	Rectificador : 400 V Trifásico + neutro By-pass : 400 V Trifásico + neutro
Entradas redes y rectificador by-pass	2 entradas separadas para el rectificador y el bypass
Conexión a tierra entrada/salida	TNS / TNS
Tensión de salida	400 V Trifásico + neutro
Frecuencia	50 Hz / 50 Hz
Autonomía-Tipo de batería Montaje de la batería-Duración de vida	Batería 30 min - Plomo estanco (Valve Regulated Lead Acid) Instalación en armario - Duración de vida 3-5 años ( en un entorno a 20°C)
Aislamiento galvánico	Transformador integrado

Panel de control	Sinóptico con pantalla gráfica
Supervisión remota	Interfaz serie RS 232/485 + interfaz LAN + interfaz ADC con 3 entradas – 4 salidas vía contactos secos

## 2. Protecciones eléctricas y puesta a tierra

El SAI se conectará al cuadro eléctrico correspondiente con sus protecciones adecuadas como son:

- Protector contra sobretensiones.
- Protector magnetotérmico
- Protector diferencial

Las características de las protecciones del SAI están especificadas en los planos en el apartado de esquema unifilar de la instalación.

Según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, el **equipo debe conectarse a tierra**.

En el local en el que se sitúa el SAI existirá una conexión de tierra para poder unir el armazón metálico del aparato a tierra evitando así posibles defectos o averías.

## 3. Sistema de conmutación

Este dispositivo conmuta automáticamente la salida del SAI a la red en caso de sobrecarga causada por la utilización o una avería del SAI.

El by-pass es de tipo estático (tiristores), lo que significa que la conmutación es instantánea, por lo tanto sin perturbación para las utilizaciones alimentadas que en este caso y principalmente se destina al alumbrado permanente.

Consta de un By-pass de mantenimiento que permite quitar manualmente tensión al SAI para las operaciones de mantenimiento.

Mientras tanto, las utilizaciones están directamente alimentadas a partir de la red.

### d. Baterías de condensadores para corrección del factor de potencia

#### 1. Características generales

Ventajas de la corrección del factor de potencia:

1. Reducen la factura de electricidad.
2. Mejoran el rendimiento de la instalación, ahorrando en inversiones en layout para ampliación de líneas, protecciones y cuadros en general.
3. Con la disminución de la energía necesaria para el funcionamiento de las empresas se contribuye a la mejora del medioambiente al ser menor la cantidad demandada a la red.

La normativa actual contempla un sistema de penalizaciones:

- a. Para  $1 \geq \cos \varphi > 0.95$  no hay penalización.
- b. Para  $0.95 \geq \cos \varphi > 0.90$  primer grado de penalización
- c. Para  $0.90 \geq \cos \varphi > 0.85$  segundo grado de penalización.
- d. Para  $0.85 \geq \cos \varphi$  tercer grado de penalización.

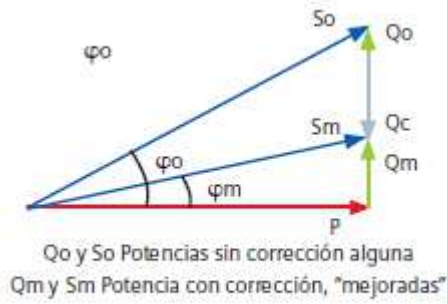
En esta instalación el  $\cos \varphi$  es de 0,88 debido a que no existen apenas motores en funcionamiento permanente y el alumbrado Led lleva su equipo necesario, no obstante como no se supera el  $\cos \varphi$  de 0,90 estaríamos en el segundo grado de penalización y sería un sobrecoste en el consumo energético.

#### Cálculo batería de condensadores:

Corregimos el  $\cos \varphi$  a 0,96 mediante una batería de condensadores de **150 kVAR** marca Siemens o similar.

Nuestra instalación tiene una potencia activa total de **579.640 kW W**, el  $\cos \varphi = 0,86$

Mediante el triángulo de potencias obtendremos el valor de la batería de condensadores necesaria para la instalación por la fórmula:



$$Q_c = Q_0 - Q_m = P \times [\text{tg}(\arcsin \varphi_0) - \text{tg}(\arcsin \varphi_m)]$$

$$Q_c = 579640 \times [\text{tg}(\arcsin 0,88) - \text{tg}(\arcsin 0,96)]$$

$$Q_c = 579640 \times [0,540 - 0,292]$$

**Q<sub>c</sub> = 143,751 kVAr**

La batería de condensadores inmediatamente superior es de **150 kVAr**.

Las características principales de la batería de condensadores son:

Marca Siemens o similar, modelo Batería Estándar Serie 400

- Fácil montaje sobre pared y suelo.
- Conexión a red eléctrica por la parte superior mediante pasa cable.
- Fusibles de alta capacidad de ruptura para circuito de potencia y de mando.
- Regulador digital multifunción con alarmas configurables y puerto TTL-RS232.
- Contactores especiales con resistencias de (de desconexión mecánica).
- Condensadores tipo "CRT".
- Armario metálico.
- Ventilación natural.
- Termostato de máxima temperatura.
- Protección contra contactos directos incluso con la puerta abierta.
- Autotransformador 400 / 230 V.A.C integrado no necesaria conexión de neutro.
- Montaje del equipo en vertical. No horizontal.
- Normas: UNE-EN 60831 1/2. UNE-EN 60439-1. UNE-EN 61921. UL 810 Standard.

Potencia	Composición	Referencia	Dimensiones	Peso	Sección
kVAr/400V	kVAr/50Hz		H x A x P	Kg	mm <sup>2</sup>
150	2x25+2x50	ES2:4RY0150-4NP40	1150x487x256	42	120

## 2. Protecciones eléctricas y puesta a tierra

La batería de condensadores lleva sus propias protecciones como se ha mencionado anteriormente en las características del aparato y no es necesario instalar ninguna protección adicional más.

Según norma UNE-EN 60831-1/2, el dimensionamiento de cables y protecciones en cuanto a baterías de condensadores se refiere debe aumentarse a 1,5 la intensidad nominal.

Según la norma, este coeficiente debe aplicarse debido a:

a. La sobreintensidad que pueden soportar los condensadores es de 1,3 veces la nominal.

b. La tolerancia en capacidad puede llegar a 1,15 veces la nominal.

c. Por lo tanto  $1,3 \times 1,15 = 1,5$ , coeficiente de diseño de instalación de baterías de condensadores.

Por tanto, en la tabla siguiente se describen las protecciones y secciones de cables requeridas.

kVAr	In x 1,5 [A]	Protección	Sección [mm <sup>2</sup> ]
5	11	16	2,5
10	22	25	2,5
20	43	50	6
25	54	63	10
50	108	100	25
100	217	250	70
<b>150</b>	<b>325</b>	<b>400</b>	<b>120</b>
200	434	630	185
250	542	630	240
300	650	800	2X120
350	759	800	2X150
400	867	1000	2X185
500	1084	1250	3X150
600	1301	100	3X150
700	1517	1600	3X240
800	1734	2000	4X185
1000	2168	2500	4X240

Según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, el **equipo debe conectarse a tierra**.

En el local en el que se sitúa la batería de condensadores existirá una conexión de tierra para poder unir el armazón metálico del aparato a tierra evitando así posibles defectos o averías.

### e. Disposiciones especiales para los locales clasificados

Las disposiciones especiales del local ya se han descrito anteriormente en el apartado "Descripción de la instalación".

### f. Alumbrado interior ordinario y de emergencia

El recinto en el que estarán instalados el grupo electrógeno, SAI, bomba de agua diesel y batería de condensadores es el mismo. En la descripción de la instalación ya se han mencionado las dimensiones mínimas necesarias.

Se instalarán pantallas fluorescentes para la visión correcta de la instalación y las correspondientes luces de emergencia para iluminar el local en caso de un fallo en el suministro eléctrico. Aparte también se colocarán varias tomas de corriente para si es necesario enchufar cualquier aparato o maquinaria.

## F. Cálculos eléctricos

### a. Método de cálculo de intensidades admisibles y caídas de tensión

#### Método de cálculo de intensidades admisibles y caídas de tensión

Los criterios empleados serán:

- Intensidad máxima admisible por el conductor. Protecciones fusibles.
- Caída de tensión máxima admisible en la línea.
- Determinación de la máxima intensidad de cortocircuito en la línea. Protección fusible. Estas últimas comprobando que la intensidad sea la idónea para la que están calculados, y para la línea comprobando que en ella no se produzcan caídas de tensión superiores a las permitidas y que la sección de las misma permita la necesaria densidad de corriente.

#### Intensidad máxima admisible por los cables y protecciones fusibles

Con el criterio de densidad de corriente se establecen las instalaciones máximas admisibles para cada sección de conductor dependiendo de si es cobre o aluminio.

Con objeto de cumplir lo prescrito en el REBT y en particular las instrucciones ITC-BT-07, ITC-BT-09 y ITC-BT-19.

Las fórmulas para determinar la intensidad que circulará por los conductores son las siguientes

Circuito trifásico	Circuito Monofásico
$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi}$	$I = \frac{P}{U \times \cos \varphi}$

Donde:

I: Intensidad en A.

U: Tensión de servicio en V. 400/ 230 V

Cos  $\varphi$ : Factor de potencia. 0,9

P: Potencia en W.

#### Conductividad eléctrica:

$$K = \frac{1}{\rho}$$

$$\rho = \rho_{20} [1 + \alpha(T - 20)]$$

$$T = T_0 + \left[ (T_{\max} - T_0) \times \left( \frac{I}{I_{\max}} \right)^2 \right]$$

Siendo,

K = Conductividad del conductor a la temperatura T.

$\rho$  = Resistividad del conductor a la temperatura T.

$\rho_{20}$  = Resistividad del conductor a 20°C.

Cu = 0.018

Al = 0.029



$\alpha$  = Coeficiente de temperatura:

$$Cu = 0.00392$$

$$Al = 0.00403$$

T = Temperatura del conductor (°C).

T<sub>0</sub> = Temperatura ambiente (°C):

Cables enterrados = 25°C

Cables al aire = 40°C

T<sub>max</sub> = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):

XLPE, EPR = 90°C

PVC = 70°C

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

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

### Sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

Donde:

I<sub>b</sub>: Intensidad utilizada en el circuito.

I<sub>z</sub>: Intensidad admisible de la canalización según la norma UNE 20-460/5-523.

I<sub>n</sub>: Intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, I<sub>n</sub> es la intensidad de regulación escogida.

I<sub>2</sub>: Intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica I<sub>2</sub> se toma igual:

- A la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos (1,45 I<sub>n</sub> como máximo).

- A la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles (1,6 I<sub>n</sub>).

### Caídas de tensión en los nudos de la red

La caída de tensión permitida en la instalación, al ser un C.T. propio, es de 4,5 % en circuitos de alumbrado y 6,5 % para los demás usos. (ICT-BT 19)

Las fórmulas a emplear son las siguientes:

Circuito trifásico	Circuito Monofásico
$\Delta U = \sqrt{3}xI \left[ \left( \frac{Lx\cos\varphi}{KxSxn} \right) + \left( \frac{X_u x Lx \text{Sen}\varphi}{1000xn} \right) \right]$	$\Delta U = 2xI \left[ \left( \frac{Lx\cos\varphi}{KxSxn} \right) + \left( \frac{X_u x Lx \text{Sen}\varphi}{1000xn} \right) \right]$

Donde:

$\Delta U$  : Caída de tensión en V.

I: Intensidad en A.

L: Longitud en m.

K: Conductividad

S: Sección del conductor en mm<sup>2</sup>

n: Número de conductores por fase

### Máximas corrientes de cortocircuito

La protección del conductor contra sobrecargas y cortocircuitos se realizará mediante fusibles instalados en el cuadro de baja del C.T.

Una vez calculado el valor de intensidad máxima de cortocircuito en la línea se establecerá el valor de la protección fusible acorde a la máxima intensidad admisible por el conductor y a la longitud de la línea.

### Formulas empleadas

$$I_{p_{cc}I} = \frac{C_t \times U}{\sqrt{3} \times Z_t}$$

Siendo,

$I_{p_{cc}I}$ : intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en kA.

$C_t$ : Coeficiente de tensión obtenido de condiciones generales de c.c.

$U$ : Tensión trifásica en V, obtenida de condiciones generales de proyecto.

$Z_t$ : Impedancia total en mohm, aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio).

$$I_{p_{cc}F} = \frac{C_t \times U_f}{2 \times Z_t}$$

Siendo,

$I_{p_{cc}F}$ : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en kA.

$C_t$ : Coeficiente de tensión obtenido de condiciones generales de c.c.

$U_f$ : Tensión monofásica en V, obtenida de condiciones generales de proyecto.

$Z_t$ : Impedancia total en mohm, incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen mas la propia del conductor o línea).

La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_t = (R_t^2 + X_t^2)^{1/2}$$

Siendo,

$R_t$ :  $R_1 + R_2 + \dots + R_n$  (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$X_t$ :  $X_1 + X_2 + \dots + X_n$  (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$$R = L \times 1000 \times \frac{C_R}{K} \times S \times n \quad (\text{mohm})$$

$$R = X_U \times \frac{L}{n} \quad (\text{mohm})$$

$R$ : Resistencia de la línea en mohm.

$X$ : Reactancia de la línea en mohm.

$L$ : Longitud de la línea en m.

$C_R$ : Coeficiente de resistividad, extraído de condiciones generales de c.c.

$K$ : Conductividad del metal;  $K_{Cu} = 56$ ;  $K_{Al} = 35$ .

$S$ : Sección de la línea en  $\text{mm}^2$ .

$X_U$ : Reactancia de la línea, en mohm, por metro.

$n$ : nº de conductores por fase.

El tiempo máximo soportado por el conductor para una  $I_{pcc}$ :

$$t_m I_{pcc} = \frac{C_c \times S^2}{I_{pcc} F^2}$$

Siendo,

$t_m I_{pcc}$ : Tiempo máximo en sg que un conductor soporta una  $I_{pcc}$ .

$C_c$ : Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento.

S: Sección de la línea en mm<sup>2</sup>.

$I_{pcc}$ : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

Tiempo de fusión del fusible:

$$t_{ficc} = \frac{cte. fusible}{I_{pcc} F^2}$$

Siendo,

$t_{ficc}$ : tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito.

$I_{pcc}$ : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

Longitud máxima del conductor protegido por fusible:

$$L_{max} = \frac{0,8 \times U_F}{2 \times I_{F5} \times \sqrt{(1,5 / K \cdot S \cdot n)^2 + (X_u / n \cdot 1000)^2}}$$

Siendo,

$L_{max}$ : Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusibles)

$U_F$ : Tensión de fase (V)

K: Conductividad - Cu: 56, Al: 35

S: Sección del conductor (mm<sup>2</sup>)

$X_u$ : Reactancia por unidad de longitud (mohm/m). En conductores aislados suele ser 0,08.

n: n° de conductores por fase

$C_t = 0,8$ : Es el coeficiente de tensión de condiciones generales de c.c.

$C_R = 1,5$ : Es el coeficiente de resistencia.

$I_{F5}$  = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 sg.

### b. Resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos en los cálculos se encuentran detallados en el apartado de cálculos en la parte correspondiente a baja tensión. A continuación se detalla el tipo de material conductor utilizado en las instalaciones del túnel.

#### ○ RV 0,6/1 KV CU UNIP. ENTERRADOS BAJO TUBO

**Tipo de instalación (UNE 20460-5-523:2004):** Cable RV-K unipolar de tensión asignada 0,6/1 kV, con conductor de cobre clase 5 (-K), aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta policloruro de vinilo (V), dispuesto según [Ref 71] Cables unipolares en conductos o en conductos perfilados enterrados. (tabla 52-B2 de la norma UNE 20460-5-523:2004). La resistividad térmica del terreno es de 2,50 K · m / W. La profundidad de instalación es 0,70 m.

#### CARACTERÍSTICAS

**Identificador:** RV-K/u/71-D

**Disposición:** En caso de más de un circuito, la distancia entre tubos es nula

**Norma:** UNE 20460-5-523:2004

**Temperatura ambiente:** 25 °C

**Exposición al sol:** No

**Tipo de cable:** unipolar

**Norma:** UNE 21123-2

**Material de aislamiento:** XLPE (Polietileno reticulado)

**Tensión de aislamiento:** 0,6/1 kV

**Material conductor:** Cu

**Conductividad, K:** calculada por temperatura de trabajo para cada circuito

**Resistividad,**  $\square\square 0,017241 (\square \cdot \text{mm}^2)/\text{m}$  a 20,0°C

**Tabla de intensidades máximas para 2 conductores:** 52-C2, col.7 Cu

## CARACTERÍSTICAS

**Tabla de intensidades máximas para 3 conductores:** 52-C4, col.7 Cu

**Tabla de tamaño de los tubos:** 9, ITC-BT-21

**Líneas de la instalación que utilizan éste sistema:** L CBT;

### ○ RZ1-K (AS) UNIP. EMPOTRADOS BAJO TUBO

**Tipo de instalación (UNE 20460-5-523:2004):** Cable RZ1-K (AS) unipolar de tensión asignada 0,6/1 kV, con conductor de cobre clase 5 (-K), aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina (Z1), no propagador del incendio, con emisión de humos y opacidad reducida (AS), dispuesto según [Ref 59] Conductores aislados o cables unipolares en conductos empotrados en una pared de mampostería. (tabla 52-B2 de la norma UNE 20460-5-523:2004).

## CARACTERÍSTICAS

**Identificador:** RZ1-K (AS)/u/59-B1

**Disposición:**

**Norma:** UNE 20460-5-523:2004

**Temperatura ambiente:** 40 °C

**Exposición al sol:** No

**Tipo de cable:** unipolar

**Norma:** UNE 21123-4

**Material de aislamiento:** XLPE (Polietileno reticulado) y Z1 (cubierta de poliolefina)

**Tensión de aislamiento:** 0,6/1 kV

**Material conductor:** Cu

**Conductividad, K:** calculada por temperatura de trabajo para cada circuito

**Resistividad,  $\rho$ :** 0,017241 ( $\Omega \cdot \text{mm}^2$ )/m a 20,0°C

**Tabla de intensidades máximas para 2 conductores:** 52-C2, col.4 Cu

**Tabla de intensidades máximas para 3 conductores:** 52-C4, col.4 Cu

**Tabla de tamaño de los tubos:** 5, ITC-BT-21

**Líneas de la instalación que utilizan éste sistema:** A6; A4; F6; F7; F5; F4; F3; F2; F1;

### ○ RZ1-K (AS) UNIP. EN BANDEJA CONTINUA

**Tipo de instalación (UNE 20460-5-523:2004):** Cable RZ1-K (AS) unipolar de tensión asignada 0,6/1 kV, con conductor de cobre clase 5 (-K), aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina (Z1), no propagador del incendio, con emisión de humos y opacidad reducida (AS), dispuesto según [Ref 30] Cables unipolares o multipolares sobre bandejas de cables no perforadas. (tabla 52-B2 de la norma UNE 20460-5-523:2004).

## CARACTERÍSTICAS

**Identificador:** RZ1-K (AS)/u/30-C

**Disposición:**

**Norma:** UNE 20460-5-523:2004

**Temperatura ambiente:** 40 °C

**Exposición al sol:** No

## CARACTERÍSTICAS

**Tipo de cable:** unipolar

**Norma:** UNE 21123-4

**Material de aislamiento:** XLPE (Poliétileno reticulado) y Z1 (cubierta de poliolefina)

**Tensión de aislamiento:** 0,6/1 kV

**Material conductor:** Cu

**Conductividad, K:** calculada por temperatura de trabajo para cada circuito

**Resistividad,  $\rho$  0,017241 ( $\Omega \cdot \text{mm}^2$ )/m a 20,0°C**

**Tabla de intensidades máximas para 2 conductores:** 52-C2, col.6 Cu

**Tabla de intensidades máximas para 3 conductores:** 52-C4, col.6 Cu

**Tabla de tamaño de los tubos:**

**Líneas de la instalación que utilizan éste sistema:** DC2C; DCF4; D48; F22; F24; F23; D47; F19; F21; F20; CF6; D45; A98; A100; A99; D44; A96; A97; A95; D43; A92; A94; A93; D42; A90; A91; A89; D40; A83; A85; A84; D41; A86; A88; A87; CF5; D34; A66; A67; A65; D35; A69; A70; A68; D39; A81; A82; A80; D38; A77; A79; A78; D37; A75; A76; A74; D36; A71; A73; A72; D33; A63; A64; A62; D32; A59; A61; A60; D31; A56; D27; F15; F17; F16; D26; F13; F14; F12; D25; F10; F11; F9; CF3; D18; A37; A38; A36; D19; A40; A39; D23; A52; A53; A51; D22; A48; A50; A49; D21; A46; A47; A45; D20; A42; A44; A43; CF2; D17; A33; A35; A34; D16; A31; A32; A30; D15; A27; A29; A28; D14; A25; A26; A24; D12; A18; A20; A19; D13; A21; A23; A22; D11; A15; A17; A12; D10; A13; A14; D.CASC; A9; DCF1; D5; A1; A5; A2; D4;

### ○ RZ1-K (AS) UNIP. EN MONTAJE SUPERFICIAL BAJO TUBO

**Tipo de instalación (UNE 20460-5-523:2004):** Cable RZ1-K (AS) unipolar de tensión asignada 0,6/1 kV, con conductor de cobre clase 5 (-K), aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina (Z1), no propagador del incendio, con emisión de humos y opacidad reducida (AS), dispuesto según [Ref 4] Conductores aislados o cable unipolar en conductos sobre pared de madera o de mampostería, no espaciados una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del conductor de ella. (tabla 52-B2 de la norma UNE 20460-5-523:2004).

## CARACTERÍSTICAS

**Identificador:** RZ1-K (AS)/u/4-B1

**Disposición:**

**Norma:** UNE 20460-5-523:2004

**Temperatura ambiente:** 40 °C

**Exposición al sol:** No

**Tipo de cable:** unipolar

**Norma:** UNE 21123-4

**Material de aislamiento:** XLPE (Poliétileno reticulado) y Z1 (cubierta de poliolefina)

**Tensión de aislamiento:** 0,6/1 kV

**Material conductor:** Cu

**Conductividad, K:** calculada por temperatura de trabajo para cada circuito

**Resistividad,  $\rho$  0,017241 ( $\Omega \cdot \text{mm}^2$ )/m a 20,0°C**

**Tabla de intensidades máximas para 2 conductores:** 52-C2, col.4 Cu

**Tabla de intensidades máximas para 3 conductores:** 52-C4, col.4 Cu

**Tabla de tamaño de los tubos:** 2, ITC-BT-21

**Líneas de la instalación que utilizan éste sistema:** DCSC; A3; D1;

### ○ **RZ1-K (AS) UNIP. ENTERRADOS BAJO TUBO**

**Tipo de instalación (UNE 20460-5-523:2004):** Cable RZ1-K (AS) unipolar de tensión asignada 0,6/1 kV, con conductor de cobre clase 5 (-K), aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina (Z1), no propagador del incendio, con emisión de humos y opacidad reducida (AS), dispuesto según [Ref 71] Cables unipolares en conductos o en conductos perfilados enterrados. (tabla 52-B2 de la norma UNE 20460-5-523:2004). La resistividad térmica del terreno es de 2,50 K · m / W. La profundidad de instalación es 0,70 m.

#### **CARACTERÍSTICAS**

**Identificador:** RZ1-K (AS)/u/71-D

**Disposición:** En caso de más de un circuito, la distancia entre tubos es nula

**Norma:** UNE 20460-5-523:2004

**Temperatura ambiente:** 25 °C

**Exposición al sol:** No

**Tipo de cable:** unipolar

**Norma:** UNE 21123-4

**Material de aislamiento:** XLPE (Polietileno reticulado) y Z1 (cubierta de poliolefina)

**Tensión de aislamiento:** 0,6/1 kV

**Material conductor:** Cu

**Conductividad, K:** calculada por temperatura de trabajo para cada circuito

**Resistividad,  $\rho$**  0,017241 ( $\Omega \cdot \text{mm}^2$ )/m a 20,0°C

**Tabla de intensidades máximas para 2 conductores:** 52-C2, col.7 Cu

**Tabla de intensidades máximas para 3 conductores:** 52-C4, col.7 Cu

**Tabla de tamaño de los tubos:** 9, ITC-BT-21

**Líneas de la instalación que utilizan éste sistema:** A55; A54; F8; A57; A58; A11; A10; A8; A7;

### ○ **SZ1-K (AS+) MULTIP. EN MONTAJE SUPERFICIAL BAJO TUBO**

**Tipo de instalación (UNE 20460-5-523:2004):** Cable SZ1-K (AS+) multipolar de tensión asignada 0,6/1 kV, con conductor de cobre clase 5 (-K), aislamiento de silicona (S) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina (Z1), no propagador del incendio, con emisión de humos y opacidad reducida, y resistencia al fuego durante y después del incendio según norma UNE-EN 50200 (AS+), dispuesto según [Ref 5] Cable multiconductor en conducto sobre pared de madera o de mampostería, no espaciado una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del conducto de ella. (tabla 52-B2 de la norma UNE 20460-5-523:2004).

#### **CARACTERÍSTICAS**

**Identificador:** SZ1-K (AS+)/m/5-B2

**Disposición:**

**Norma:** UNE 20460-5-523:2004

**Temperatura ambiente:** 40 °C

**Exposición al sol:** No

**Tipo de cable:** multipolar

**Norma:** UNE 211025

**Material de aislamiento:** Elastómero vulcanizado y Z1 (cubierta de poliolefina)

## CARACTERÍSTICAS

Tensión de aislamiento: 0,6/1 kV

Material conductor: Cu

Conductividad, K: calculada por temperatura de trabajo para cada circuito

Resistividad,  $\rho = 0,017241$  ( $\Omega \cdot \text{mm}^2$ )/m a 20,0°C

Tabla de intensidades máximas para 2 conductores: 52-C2, col.5 Cu

Tabla de intensidades máximas para 3 conductores: 52-C4, col.5 Cu

Tabla de tamaño de los tubos: 2, ITC-BT-21

Líneas de la instalación que utilizan éste sistema: DC3C;

## DEMANDA DE POTENCIA

La suma de consumos de todos los receptores de la instalación, según desglose detallado, asciende a **570,20 kW**. Una vez aplicados los factores correctores indicados por el REBT, así como los factores de simultaneidad considerados para cada caso, se obtiene una potencia máxima prevista de **481,10 kW**.

## ○ RELACIÓN DE CONSUMOS

### Relación de consumos

#### Alumbrado:

• A1	200 W
• A10	100 W
• A100	1.758 W
• A11	350 W
• A12	3.234 W
• A13	3.234 W
• A14	3.332 W
• A15	100 W
• A16	100 W
• A17	100 W
• A18	4.556 W
• A19	4.824 W
• A2	200 W
• A20	4.556 W
• A21	4.824 W
• A22	4.556 W
• A23	4.824 W
• A24	2.680 W
• A25	2.680 W
• A26	2.680 W
• A27	2.680 W
• A28	2.680 W
• A29	2.680 W
• A3	400 W
• A30	2.680 W
• A31	2.680 W
• A32	2.680 W
• A33	2.680 W
• A34	2.680 W
• A35	2.412 W
• A36	3.752 W
• A37	3.752 W
• A38	3.752 W
• A39	3.752 W
• A4	60 W
• A40	3.752 W
• A41	3.752 W

## Relación de consumos

• A42	1.608 W
• A43	1.608 W
• A44	1.608 W
• A45	1.608 W
• A46	1.608 W
• A47	1.608 W
• A48	2.412 W
• A49	2.412 W
• A5	882 W
• A50	2.412 W
• A51	2.412 W
• A52	2.412 W
• A53	2.412 W
• A54	1.734 W
• A55	1.734 W
• A56	3.135 W
• A57	100 W
• A58	350 W
• A59	2.744 W
• A6	100 W
• A60	2.744 W
• A61	2.744 W
• A62	2.744 W
• A63	2.744 W
• A64	2.744 W
• A65	4.020 W
• A66	3.752 W
• A67	3.752 W
• A68	3.752 W
• A69	4.020 W
• A7	1.734 W
• A70	3.752 W
• A71	2.144 W
• A72	1.876 W
• A73	2.144 W
• A74	1.876 W
• A75	2.144 W
• A76	2.144 W
• A77	2.350 W
• A78	2.171 W
• A79	2.073 W
• A8	1.734 W
• A80	2.073 W
• A81	2.350 W
• A82	2.171 W
• A83	2.948 W
• A84	3.216 W
• A85	3.216 W
• A86	3.216 W
• A87	2.948 W
• A88	3.216 W
• A89	1.530 W
• A9	3.135 W
• A90	1.318 W
• A91	1.189 W
• A92	1.189 W
• A93	1.530 W
• A94	1.318 W
• A95	1.758 W
• A96	1.758 W
• A97	1.758 W
• A98	1.758 W
• A99	1.758 W
• Total alumbrado:	235.122 W
<b>Fuerza:</b>	
• F1	3.500 W
• F10	13.750 W
• F11	13.750 W
• F12	13.750 W
• F13	13.750 W



### Relación de consumos

• F14	13.750 W
• F15	13.750 W
• F16	13.750 W
• F17	13.750 W
• F18	350 W
• F19	13.750 W
• F2	3.500 W
• F20	13.750 W
• F21	13.750 W
• F22	13.750 W
• F23	13.750 W
• F24	13.750 W
• F3	3.500 W
• F4	60.000 W
• F5	57.165 W
• F6	360 W
• F7	100 W
• F8	350 W
• F9	13.750 W
• Total fuerza:	335.075 W
<b>Resumen:</b>	
• Alumbrado:	235.122 W
• Fuerza:	335.075 W
• <b>TOTAL</b>	<b>570.197 W</b>

---

### G. Conclusión y firma

Considerando que con lo anteriormente expuesto, y justo con el resto de documentos que lo componen se habrá justificado suficientemente el Proyecto, lo damos por concluido, esperando sea aprobado por los Organismos competentes.

**Coria, Marzo de 2015**

**El alumno.**

**Fdo: José Ignacio Alcoba Iglesias**

# **IV.- ANEJO DE VENTILACIÓN**

**Título: INSTALACION ELECTRICA DE UN TUNEL DE AUTOPISTA**  
**Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR**  
**D. ROBERTO REDONDO MELCHOR**  
**Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS**

**Índice:**

IV. Anejo de ventilación y control de incendios	
A. Introducción y objeto.....	2
B. Normativa aplicada.....	2
C. Ventilación para la dilución de CO y NOx.....	2
a. Ventilación longitudinal: caudales.....	3
b. Selección y ubicación de ventiladores.....	4
D. Extracción de humos de incendio y control del calor.....	5
a. Ubicación y caudales de los pozos de extracción.....	5
b. Selección de ventiladores.....	6
E. Alimentación y control de ventilación y extracción .....	7
a. Componentes del sistema de detección.....	7
1. Detectores: tipos y ubicación.....	7
2. Centralita: características principales.....	8
b. Características generales de la instalación: canalizaciones y conductores.....	11
1. Cableado de alimentación.....	11
2. Cableado de control y detección.....	11
F. Gestión del tráfico.....	12
G. Extinción de incendios.....	14
H. Conclusión y firma.....	16

## A. Introducción y objeto

Se ha proyectado un sistema de detección de calidad del aire basado en los parámetros habituales: CO, NO, NO<sub>2</sub>, medición de opacidad, velocidad y dirección del aire a intervalos regulares.

Para la detección de la velocidad y la dirección del aire en el interior del túnel se emplearán anemómetros de ultrasonidos.

Para la detección de CO y NO<sub>2</sub> se instala un sistema basado en la aspiración del aire del túnel que lo lleva hasta una cámara analizadora que da como salida la concentración de CO y NO<sub>2</sub> del gas aspirado. Esta cámara conecta con la red de control del túnel que comunica con las remotas de los centros de transformación y con el Centro de Control activando la ventilación o los planes de actuación según los criterios de funcionamiento.

Desde la cámara salen tubos de aspiración independientes a cada toma, realizando tomas de aire cada 200 m a una distancia de 1,20 m del suelo [NFPA 502] (dos en cada túnel).

Para la medición de la opacidad se instalan armarios medidores por aspiración en los mismos puntos que los armarios de gases, cada 200 m aproximadamente [NFPA 502]. Este armario aspira el aire del túnel y analiza su opacidad por la difracción producida de un láser en la cámara interior. Igualmente el opacímetro comunica con el Centro de Control su medición de forma permanente.

Las condiciones climatológicas exteriores serán tomadas desde estaciones ya existentes en la autopista.

Todos estos parámetros, a los que se deben añadir los explicados más adelante para la detección de incendios, permitirán la activación adecuada del sistema de ventilación ante las distintas circunstancias posibles o la adaptación de las condiciones del tráfico (mediante la señalización variable).

## B. Normativa aplicada

-Requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado (RD635/2006):

El RD 635/2006 establece necesidad de ventilación para todos los túneles de más de 500 m y para los urbanos con longitud entre 200 y 500 m con su correspondiente **sistema automático de control**. Debe analizarse control de contaminantes en situación normal de tráfico y congestionado, así como el control de calor y humo en caso de incendio.

Se establece un incendio tipo de 30 MW y caudal de humos de 120 m<sup>3</sup>/s.

-Manual de la explotación de los túneles de la RCE (OC 33/2013).

-Metodología de inspección de túneles (OC 27/2008).

-Metodología de análisis de riesgo en los túneles de la Red de Carreteras del Estado (Resolución 30-05-2012).

-Instrucciones complementarias para la utilización de elementos auxiliares de obra en la construcción de túneles (NS 2/2006).

## C. Ventilación para la dilución de CO y NO<sub>x</sub> Condiciones para el diseño de la instalación:

- Longitud del túnel
- Sección longitudinal y transversal del túnel
- Tráfico unidireccional o bidireccional
- Probabilidad de congestión en el interior
- Sistema de control y cierre de accesos
- Composición de vehículos
- Potencia del incendio probable
- Número adecuado de veces que se renueva el aire
- Adecuada dilución de gases contaminantes (CO y NO)
- Mantenimiento de la visibilidad (dilución de hollines)
- Control de los humos de incendio durante la fase de evacuación
- Expulsión de los humos para facilitar el trabajo de los bomberos

Lo ideal es los distintos casos estén equilibrados entre sí (sobre todo incendio y CO).

#### **a. Ventilación longitudinal: caudales**

A partir del planteamiento inicial de ventilación longitudinal, se ha realizado el diseño del sistema partiendo de los siguientes condicionantes previos:

- Ventilación normal para la dilución de contaminantes, mediante circulación longitudinal forzada y reversible de al menos  $95 \text{ m}^3/(\text{s}\cdot\text{km}\cdot\text{carril})$  para flujo de tráfico normal y denso.

- Una pareja de ventiladores cada tramo de 150 m como mínimo.

- Utilización de ventiladores reversibles, para posibilitar la impulsión de aire en los dos sentidos.

- Sección transversal tipo en forma de cubierta abovedada. Ubicación clásica de ventiladores por parejas bajo la parte central de la bóveda.

- Ubicación de ventiladores agrupados en lo posible cerca de las bocas y de los centros de transformación del interior, siguiendo las directrices de la Asociación Mundial de la Carretera [PIARC 2004].

- Ventiladores de chorro o aceleradores situados en la parte superior de la bóveda y en grupos distanciados entre sí no menos de 150 m. Se ha considerado la mitad de esta distancia como mínimo hasta obstáculos como paneles de mensajes variables o señales aspa-flecha.

- El número de ventiladores por grupo se establece en dos o tres (2 tubo 2 carriles y 3 tubo de 3 carriles y las características concretas de diámetro, empuje y velocidad de descarga de ventiladores se determinan con los datos ofrecidos por la ETSSII.

- En caso de emergencia (siniestro con incendio) se activarán los ventiladores de los pozos de extracción del tubo en el que ocurra o suceda el siniestro.

- Funcionamiento diferente en cantidad de los ventiladores necesarios en cada tubo del túnel entre situación normal o congestión (y según información de contaminantes).

El cálculo del número de ventiladores total a instalar se muestra en el siguiente apartado, y el resultado es de 9 ventiladores en el tubo de tres carriles y 6 ventiladores en el tubo de 2 carriles.

Funcionamiento de la ventilación longitudinal

#### **Explotación normal**

En situaciones normales la ventilación se realizará en el sentido prefijado de la circulación, seleccionando los ventiladores a encender mediante algoritmos de equilibrio de horas de funcionamiento, número de arranques y ausencia de alarmas.

De forma general se detalla que la ventilación presenta tres actuaciones cíclicas:

- Control de la velocidad en el interior del túnel.

- Control de las concentraciones de CO, NO y opacidad.

- Control de las tendencias de concentraciones.

#### **Condiciones generales**

En caso de condiciones normales de baja concentración de contaminantes (CO y NO) y de opacidad, se establece como única prioridad el control de la velocidad interior del túnel.

De forma permanente se debe mantener una velocidad del aire en el interior del túnel en sentido de circulación en un rango de 0,4 a 0,8 m/s, encendiendo o apagando ventiladores (de 1 en 1) a intervalos de tiempo (entorno a 5 minutos) para mantenerse en dicho entorno.

En caso de ausencia de medidas se prefija el número de ventiladores activos a 2. El objetivo es mantener la renovación del aire (1 renovación por hora), así como asegurar el correcto funcionamiento de los sistemas de detección (detectores de CO, NOX y opacímetros).

Se controlarán los parámetros de concentración de CO, NOX, y de visibilidad mediante la activación selectiva de los ventiladores. El control se llevará a cabo en el Centro de Control que será totalmente automatizado.

#### **b. Selección y ubicación de ventiladores**

Como se ha mencionado anteriormente el cálculo del número de ventiladores total a instalar es:

- 9 ventiladores en el tubo de 3 carriles cada tramo de 150 m, con lo cual, 3 ventiladores a los 150 m, otros 3 a los 300 m y 3 más a los 450 m en el techo abovedado del túnel
- 6 ventiladores en el tubo de 2 carriles cada tramo de 150 m, con lo cual, 2 ventiladores a los 150 m, otros 2 a los 300 m y 2 más a los 450 m en el techo abovedado el túnel.

Los ventiladores que se ha decidido instalar, por su adecuación óptima a los requerimientos del túnel son de 1,320 m de diámetro interior, caudal de 21,51 m<sup>3</sup>/s y consumo eléctrico de 11 kW, aunque se podrán modificar para disponer mayor o menor número de ventiladores, siempre y cuando se mantenga una adecuada separación a los paramentos y suficiente gálibo libre para la circulación de vehículos. Todos los ventiladores serán reversibles con el objeto de facilitar el control de la ventilación en situaciones especiales.

Su instalación se realizará en la parte superior

En nuestro caso y para poder realizar un presupuesto se ha elegido un ventilador para los dos tubos de la marca SODECA o similar con las características mencionadas anteriormente que se detallarán en el plano adjunto.

Datos ventilador elegido:

Modelo	Velocidad (r/min)	Intensidad máxima (A)	Potencia instalada (kW)	Nivel presión sonora (dB)	Caudal máximo (m <sup>3</sup> /h)	Peso (Kg)
THT-125-4T/8T/315	1470/725	23,20/8,70	11,00/2,80	89/69	77450/38200	266

El motivo principal para la elección de este modelo de ventilador ha sido que es regulable con 2 velocidades, dependiendo del nivel de contaminantes que haya en el túnel desde la sala de control se le ordenará que funcione a una u otra velocidad.

#### Proceso para elegir los ventiladores adecuados:

Datos facilitados:

95 m<sup>3</sup>/(s·km·carril)

2 ventiladores cada tramo de 150 m.

El túnel tiene una longitud de 600 metros, por tanto, aplicamos una regla de 3 para obtener el caudal que han de evacuar los ventiladores:

$$\frac{95 \text{ m}^3/(\text{s}\cdot\text{km}\cdot\text{carril})}{X} = \frac{1000 \text{ m}}{600 \text{ m}}$$

$$X = 57 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se cambian de unidad los 57 m<sup>3</sup>/(s·km·carril) a m<sup>3</sup>/(h·km·carril) para buscar en la tabla del fabricante que modelo se necesita para la cada carril.

$$57 \cdot 3600 = 205200 \text{ m}^3/\text{h}$$

En los puntos del túnel de 150m, 300m y 450 de cada carril se instará un ventilador, por tanto:

$$\text{Caudal Ventilador} = \frac{205200}{3} = 68400 \text{ m}^3/\text{h} = 19 \text{ m}^3/\text{s}$$

Según la tabla del fabricante el ventilador elegido tiene un caudal:

$$\text{Caudal} = 77450 \text{ m}^3/\text{h} = 21,51 \text{ m}^3/\text{s}$$

El ventilador que cumple esas características es el elegido y detallado en la tabla superior. Potencia consumida por el sistema de ventilación longitudinal en el túnel:

**Tubo de 2 carriles:**

$$P = 11 \text{ kW cada ventilador}$$

Una pareja de ventiladores por tramo sería un total:

$$P = 11 \cdot 6 = 66 \text{ kW}$$

**Tubo de 3 carriles:**

$$P = 11 \text{ kW cada ventilador}$$

Un ventilador cada carril y 3 en cada tramo sería un total:

$$P = 11 \cdot 9 = 99 \text{ kW}$$

**Potencia Total = 165 kW**

Hay que aplicar el coeficiente de 1,25 para sobredimensionar la instalación ya que, en el arranque los motores consumen más, con lo cual:

$$\text{Potencia Total Ventilación Longitudinal} = 165 \text{ kW} \cdot 1,25 = \underline{\underline{206.25kW}}$$

**D. Extracción de humos de incendio y control del calor**

Para la alimentación de los pozos de extracción se instalará un grupo electrógeno que se ha dimensionado, calculado y proporcionado según la potencia necesaria para la alimentación del sistema de extracción. En el anejo del grupo electrógeno está toda la información al respecto.

**Condiciones para el diseño de la instalación:**

- Longitud del túnel
- Sección longitudinal y transversal del túnel
- Tráfico unidireccional o bidireccional
- Probabilidad de congestión en el interior
- Sistema de control y cierre de accesos
- Composición de vehículos
- Potencia del incendio probable
- Mantenimiento de la visibilidad (dilución de hollines)
- Control de los humos de incendio durante la fase de evacuación
- Expulsión de los humos para facilitar el trabajo de los bomberos

Lo ideal es los distintos casos estén equilibrados entre sí (sobre todo incendio y CO).

**a. Ubicación y caudales de los pozos de extracción**

A partir del planteamiento inicial de extracción forzada en caso de incendio, se ha realizado el diseño del sistema partiendo de los siguientes condicionantes previos:

- Extracción forzada en caso de incendio, para el control del calor y evacuación de humos, mediante un pozo vertical por sentido para  $175 \text{ m}^3/\text{s}$  cada uno.
- En caso de emergencia (siniestro con incendio) se activarán los ventiladores de los pozos de extracción del tubo en el que ocurra o suceda el siniestro.
- Cada pozo de extracción vertical se ubicará aproximadamente en el centro de cada tubo.
- Se instalarán 2 ventiladores independientes en cada pozo que dependiendo de la magnitud del incendio funcionan simultáneamente o por separado.

### b. Selección de ventiladores

Como se ha mencionado anteriormente el cálculo del número de ventiladores total a instalar es:

- Para el pozo vertical del tubo de 3 carriles, 2 ventiladores.
- Para el pozo vertical del tubo de 3 carriles, 2 ventiladores.

Los ventiladores que se ha decidido instalar, por su adecuación óptima a los requerimientos del túnel es de caudal de 88,58 m<sup>3</sup>/s y consumo eléctrico de 200 kW, aunque se podrán modificar por uno solo de mayores dimensiones.

En este caso se ha decidido instalar dos ventiladores en cada pozo porque cuesta menos su arranque y dependiendo de la gravedad del incendio puede funcionar uno o los dos a la vez.

En nuestro caso y para poder realizar un presupuesto se ha elegido un ventilador para los dos pozos de extracción de la marca SODECA o similar con las características mencionadas anteriormente que se detallarán en el plano adjunto.

Datos ventilador elegido:

Modelo	Velocidad (r/min)	Intensidad máxima (A)	Potencia instalada (kW)	Nivel presión sonora (dB)	Caudal máximo (m <sup>3</sup> /h)	Peso (Kg)
VST-1600-4T	1450	406	200	105	318874	1890

### Proceso para elegir los ventiladores adecuados:

Datos facilitados:

175 m<sup>3</sup>/s en cada pozo de extracción vertical.

Se cambian de unidad los 175 m<sup>3</sup>/s a m<sup>3</sup>/h para buscar en la tabla del fabricante que modelo se necesita para la cada carril.

$$175 \cdot 3600 = 630000 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tablas de fabricante compiladas en la colección de tablas y datos.

$$\text{Caudal Ventilador} = \frac{630000}{2} = 315000 \text{ m}^3/\text{h} = 87,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

El ventilador que cumple esas características es el elegido y detallado en la tabla superior y proporciona un caudal de:

$$\text{Caudal} = 318874 \text{ m}^3/\text{h} = 88,58 \text{ m}^3/\text{s}$$

Potencia consumida por el sistema de ventilación longitudinal en el túnel:

**Tubo de 2 carriles y Tubo de 3 carriles:**

$$P = 200 \text{ kW}$$

Una pareja de ventiladores por cada pozo sería un total:

$$P = 200 \text{ kW} \cdot 4 \text{ ventiladores} = 800 \text{ kW}$$

**Potencia Total = 800 kW**

Hay que aplicar el coeficiente de 1,25 para sobredimensionar la instalación ya que, en el arranque los motores consumen más, con lo cual:



**Potencia Total Ventilación Longitudinal = 800 kW · 1,25 = 1000 kW**

### **E. Alimentación y control de ventilación y extracción**

Se deberán establecer los niveles de alarma y prealarma, teniendo en cuenta tanto los sensores de detección de incendios, como las prealarmas y alarmas establecidas para detección de contaminantes y opacidad.

El proceso de ventilación debe ser ajustado en la obra, estableciendo un algoritmo según ensayos de humos y humos calientes.

A continuación se describe la secuencia de actuaciones a seguir ante un incidente de incendio:

- Recibida la prealarma de incendio, avisar al operador y proponer planes de actuación.
- Recibida la alarma del incendio, avisar al operador y proponer activación de secuencia, iniciar la secuencia de ventilación y establecer mensajes de precaución y menor velocidad en los paneles de señalización variable. En caso de no recibir respuesta del operador en 30 segundos, iniciar el proceso como si se hubiera confirmado el incendio.

- Si el operador acepta, iniciar la secuencia inmediatamente.

- Si no acepta y la alarma continúa, mantener el mensaje con el plan de actuación.

En caso de confirmación de incendio:

- Verificar las posibles congestiones en el túnel para configurar la actuación más segura (en caso de duda establecer como si no estuviera congestionado).

- Establecer cierre del túnel.

- Encendido de toda la iluminación de ambos tubos del túnel.

- Establecer mensajes de aviso de incendio en paneles.

- Iniciar transmisión de mensajes de megafonía.

- Encender alumbrado de guiado y señalización de evacuación.

- Establecer la ventilación. Las tablas del algoritmo de ventilación deben ser establecidas por el instalador en obra.

- Establecer la ventilación de los pozos de extracción, en este caso del tubo que se vea afectado por el incendio.

- Mantener la velocidad longitudinal del aire en el túnel por encima de la velocidad crítica y cercana a ella (velocidad entre 1,8 y 2,3 m/s).

- Cerrar compuertas cortafuegos del tubo afectado y establecer ventilación de sobrepresión de los pasos desde el tubo contrario.

- Transcurridos 15 minutos establecer la velocidad final de ventilación.

Condiciones de puesta en marcha de los ventiladores:

- No arrancar ventiladores longitudinales situados a menos de 110 m del siniestro, debido a la posible desestratificación del humo.

- Actuar sobre los ventiladores más lejanos al punto de incendio y preferiblemente aguas arriba.

- Realizar los arranques en el menor tiempo posible.

El sentido de funcionamiento de los ventiladores se establecerá en función de la localización del incendio en el interior del tubo, del estado del tráfico (congestionado o no congestionado) y del sentido de circulación de los coches (tráfico unidireccional o bidireccional).

### **a. Componentes del sistema de detección**

#### **1. Detectores: tipos y ubicación**

#### **Detección en los túneles**

Se define una instalación de detección de incendios basada en un sistema continuo de cable detector lineal de fibra óptica (cable térmico), que actúa en toda su longitud como un detector termovelocimétrico, pudiendo detectar un foco de incendio, su magnitud y dirección. La señal de alarma se produce por alguna de las siguientes razones:

- Sobrepasar una temperatura prefijada.
- Aumento rápido de la temperatura.
- Superar en 15°C la temperatura media del túnel.

Se ha realizado un tendido de cable sensor de fibra óptica en la parte central de cada uno de los tubos.

Se ha dispuesto una unidad de control en la sala de control, con dos canales independientes para conexión de cable detector (según plano adjunto)

Tal y como se ha descrito, el cable de detección de incendios estará compuesto por doble cable de fibra óptica y cubierta de acero inoxidable, anclado al hastial manteniendo una separación mínima de 15 cm respecto del techo. En las zonas exteriores el cable será conducido a través de canalización hormigonada. La cubierta de acero inoxidable proporciona protección frente a las condiciones ambientales.

El control del cable detector se realiza desde las unidades de evaluación instaladas en los correspondientes cuartos técnicos. Mediante la salida RS-232 de dichas unidades se pasarán a las remotas de comunicaciones toda la información del sistema, y de la respectiva remota al resto de las remotas y al centro de control a través de la red Fast Ethernet, de tal forma que en caso de incendio se pueda actuar de forma segura sobre el máximo número de elementos (ventilación, iluminación, señalización, megafonía, etc.)

### **Detección en cuartos técnicos**

Para los diferentes cuartos de equipos se ha previsto la instalación de detectores ópticos de humos en aquellos destinados a los centros de transformación y cuadro eléctrico y detectores termovelocimétricos en las salas de los grupos electrógenos.

La señal de estos sensores se transmitirá a una central de incendios situada en el cuartotécnico correspondiente. Las señales de alarma de esta central se envían a la remota de control del Cuarto Técnico para su gestión integrada.

Las centrales tendrán capacidad para dos bucles de detección, disponiendo así de ellos en cuartos técnicos y galerías. En cada uno de los cuartos técnicos se dispone de pulsadores, sirenas de alarma y detectores de incendios.

Se han previsto pulsadores de alarma ubicados de forma que la distancia máxima desde cualquier punto de la sala al pulsador sea de 25 m [RT3-DET]. Los pulsadores se sitúan a una altura de entre 1 y 1,30 m en pared.

Las sirenas instaladas serán de tipo óptico-acústicas, con el fin de garantizar la percepción de la alarma aún en el caso de ruido elevado (sala de ventiladores).

La central también dará la señal para el cierre de las compuertas cortafuegos y rejillas, mediante módulos de entrada/salida conectados al bus de detección.

### **Detección en galerías**

El sistema de detección en galerías transversales está formado por dos detectores termovelocimétricos situados en cada una de las galerías, unidas por un bucle de detección que transmite la información a la central de incendios de la sala técnica correspondiente.

### **Centro de Gestión**

Las aplicaciones informáticas del Centro de Gestión deberán presentar en pantalla al operador la incidencia detectada, tanto las señales de incendio, la localización, si se ha producido alguna señal en las casetas y si se ha iniciado la autoextinción de la caseta del grupo electrógeno.

Igualmente podrá iniciar o detener las acciones de autoextinción así como anular alarmas ya detectadas, corregidas o falsas alarmas.

### **Señalización de evacuación**

En lo referente a la señalización de evacuación, el [RD 635/2006] establece las siguientes indicaciones:

Se dispondrán letreros luminosos y fotoluminescentes para indicar todas las salidas de emergencia de peatones y los pasos entre tubos para vehículos de emergencia.

Los rótulos luminosos tipo banderola serán visibles desde ambos lados, y dispondrán asimismo de equipo autónomo de alimentación con batería de 1 h de autonomía con telemando, conectadas a SAI. Se dispondrán una sobre cada puerta y otra en el hastial de enfrente indicando el cruce a la galería, para el caso en que la acera opuesta a la galería esté siendo utilizada como vía de evacuación.

El resto de equipos de emergencia (SOS, BIEs, extintores y tomas de bomberos) estarán señalizados mediante banderolas luminosas autónomas con telemando. Estos puntos y los extintores se encontrarán, además, indicados con señales fotoluminescentes.

Como se ha comentado, todos los equipos de señalización de evacuación y emergencia tienen autonomía de una hora y, para mayor duración, se conectan a SAI. Todos ellos dispondrán de telemando para permitir su encendido (desde el sistema de control y supervisión del túnel) ante cualquier incidencia o alarma para garantizar que las correspondientes señales se encienden ante cualquier fallo del cable de alimentación o del telemando (cortocircuito o corte).

### **Postes SOS**

Se dispondrán equipos de auxilio cada 100 m, además de los puestos de auxilio adosados en la pared en cada una de las galerías [RD 635/2006].

La red de puestos de auxilio se completa con la instalación de postes SOS exteriores, en las cercanías de las bocas de todos los túneles.

Todos los puestos de auxilio se encontrarán protegidos mediante armarios estancos de poliéster, de 1,368 x 0,957 m<sup>2</sup>. Estos armarios albergarán la electrónica propia del S.O.S., así como el pulsador de alarma, un extintor de polvo seco de 6 kg y el cuadro eléctrico y la electrónica de comunicaciones. [RD 635/2006].

En cada nicho se dispondrá de tomas de energía para la alimentación de todos los equipos instalados en estos armarios, así como las protecciones eléctricas y toma de tierra correspondientes. Junto a estos nichos existe siempre una arqueta de comunicaciones con salida al nicho, de forma que accedamos a todos los cables con información de sensores y de equipos que se conectan mediante regleteros dentro de los armarios a las remotas o a equipos específicos (centrales de incendios, unidades de detección...).

Cada nicho estará dotado de un letrero luminoso donde se indique la ubicación del poste

SOS. Las puertas de los nichos disponen de un contactor conectado a la red de control, de forma que se pueda conocer esta circunstancia desde las remotas y desde el Centro de Control, con el fin de establecer las medidas oportunas (alarma al operador, visualización y grabación de la correspondiente cámara, establecer una señalización adecuada al resto de vehículos mediante los semáforos o mediante paneles de mensaje variable, etc.).

El sistema se deberá integrar en el controlador de postes S.O.S. (F.E.I.) situado en el Centro de Control. Dicho equipo supervisará la línea de S.O.S, conectándose al servidor donde se encuentre la aplicación de la gestión de los postes y el operador.

La línea de comunicaciones entre los nichos de SOS se realizará mediante cable de fibra óptica para asegurar la comunicación desde los nichos SOS hasta el Centro de Control, con los equipos de transmisión / recepción de señal que sean precisos. Con este objetivo se adaptará la electrónica de comunicación de los puestos SOS existentes para la transmisión de señal por F.O.

Todos los equipos de SOS serán homologados por la Dirección General de Tráfico.

### **Siniestro en el tubo opuesto**

En caso de incendio en un tubo, se debe cortar la circulación por él y provocar la evacuación rápida del mismo por sus bocas ó (a través de las galerías de comunicación) por las bocas del otro según los casos que se den.

Para posibilitar la evacuación por el tubo opuesto y siguiendo las recomendaciones al respecto, se deberá limitar y aún cortar la circulación por éste, así como crear una sobrepresión en las galerías que limite la entrada de humo en ellas proveniente del tubo siniestrado.

En condiciones normales de circulación (unidireccional no congestionado), si el incendio está localizado hasta una distancia máxima de 300 m. respecto de la boca de entrada, la ventilación se realizará siempre hacia esta boca. En el resto de las circunstancias, la ventilación se establecerá en sentido del tráfico.

## **2. Centralita: características principales**

La centralita elegida debe tener como mínimo las características que se mencionan a continuación, en este caso el modelo elegido es de marca Advantronic o similar:

Funciones:

Conexión, desconexión y prueba por zona.

Activación y paro de sirenas.

Temporización del retardo de sirenas.

Vigilancias de red, baterías y salidas supervisadas.

Diferencia alarma de pulsador y/o detector en la misma zona.

Opciones: reset remoto y conexión de módulo master de relés.

Entradas y salidas:

Entrada de zonas.

Entrada cambio de clase o rearme a distancia.

Salida de 24v auxiliares y 24 v rearmables.

Relé general de alarma y avería (libres de tensión).

Dos salidas de sirena de 24V vigiladas, con retardo y asignación de zonas configurable.

La central debe conectarse a la red a través de un magnetotérmico bipolar exterior.

El cable de red debe tener una sección mínima de 1,5 mm<sup>2</sup> y la tensión de red debe ser de 230v .

Para evitar posibles cruces y perturbaciones el cable de red debe ir separado de los cables de conexión de las zonas.

La edificación del centro de control no forma parte de este proyecto.

A través de la centralita, con un software específico y un ordenador se consigue que todo el sistema esté en equilibrio y si hubiera algún tipo de incendio se ponga en marcha el protocolo necesario para la evacuación y eliminación de humos.

Para el control de todos los equipos dispuestos y para garantizar el cumplimiento de los requisitos recogidos en el Real Decreto, en el centro de control se instalarán servidores que supervisen todos los sensores y equipos dispuestos en los túneles, de modo que de forma automática y segura establezcan las actuaciones preestablecidas en los distintos túneles para cada una de las situaciones preasignadas.

Se dotará de puestos de operación integrados, de forma que los responsables de explotación reciban conjuntamente toda la información, actuando de manera sencilla sobre cualquier elemento y disponiendo de herramientas que les asignen en las distintas tareas repetitivas o de incidencia.

La sala de equipos será climatizada (con el objeto de garantizar la fiabilidad de los equipos) y albergará todos los componentes de los sistemas de comunicaciones y control.

Se ha diseñado un sistema de mando y control mediante Estaciones Remotas instaladas en cada uno de los cuartos técnicos de cada túnel, que recibe la información de los sensores dispuestos en el túnel y en los cuartos técnicos, y envía órdenes a los diversos equipos.

Se establece un bus de campo en cada tramo de túnel asociado a un centro de transformación comunicando todas las señales y órdenes entre las Estaciones Remotas de control y los elementos dispuestos en el túnel.

En situación normal las remotas sirven de comunicación y tratamiento de información hasta el servidor del Centro de Control, donde se procesa la información para su presentación a los operadores, y comunicación (bien de forma automática o por indicación de los operadores) a las remotas de las actuaciones a realizar (encendido de ventilador, mensaje a situar en un determinado panel, etc.).

Cada uno de los elementos dispuestos en el túnel se conectará mediante el correspondiente cable, protegido por tubo de acero, hasta el nicho SOS, y en éste se conectará al correspondiente regletero para su conexión al concentrador de señales o para su cableado hasta el nicho dotado de concentrador.

Se recoge a continuación un listado de las señales conectadas a los concentradores de bus de campo, detalladas en los distintos apartados de la presente memoria:

#### **Comunicaciones:**

- Señal de SAI
- Grupo electrógeno
- Paneles de mensaje variable
- Alarma de incendios en salas técnicas
- Unidades evaluadoras del sistema de detección lineal de incendios
- Luminancímetros
- Equipos de control y alimentación de los ventiladores
- Detectores de CO / NO2
- Opacímetros
- Anemómetros
- Sondas de temperatura de cuartos técnicos
- Focos de los semáforos de las bocas.
- Semáforos del interior del túnel.
- Bajada / subida de las barreras de las bocas.
- Encendido / apagado de luminarias.
- Panel luminoso de postes SOS (fijo / intermitencia).
- Arranque / paro del grupo electrógeno.
- Compuertas de las galerías de ventilación.
- Disparo de la extinción automática en salas técnicas
- Relé electrónico de protección de los motores
- Alarmas de las distintas zonas de las centrales de incendios

#### **Alarmas y sensores:**

Se establece un sistema de alarmas por contactos en el accionamiento de puertas de evacuación, de los armarios de nichos S.O.S., de los armarios de BIEs e hidrantes y de las puertas de los distintos cuartos de servicio.

El sistema de control tomará las señales de todos los equipos instalados en el túnel (cuadros eléctricos, SAI, grupos electrógenos, central hídrica, sensores, etc.). Además se tomarán las señales de nivel y actuación de bombas de drenaje desarrollado en el proyecto de obra civil (no desarrollado en este proyecto).

El sistema de control actuará sobre todos los elementos dispuestos en el túnel: cuadros eléctricos (iluminación, ventilación y central hídrica), grupos electrógenos, semáforos, paneles, barreras, etc.

### **b. Características generales de la instalación: canalizaciones y conductores**

#### **1. Cableado de alimentación**

El cableado de alimentación necesario para esta instalación se obtiene del cuadro General de Baja Tensión en el que se describe y se habla en el apartado de baja tensión y en el esquema unifilar.

Como se ha descrito anteriormente el cableado que pueda estar expuesto a un incendio estará protegido por canalizaciones metálicas en todo su recorrido, entubado bajo el hormigón o en bandeja metálica perforada sino no corre ningún riesgo de incendio en la zona en la que se encuentre instalado.

## 2. Cableado de control y detección

Se define una instalación de detección de incendios basada en un sistema continuo de cable detector lineal de fibra óptica (cable térmico), que actúa en toda su longitud como un detector termovelocimétrico, pudiendo detectar un foco de incendio, su magnitud y dirección. Dicho cable estará instalado a lo largo de los dos tubos del túnel próximo al techo para poder detectar posibles cambios de temperatura por posible incendio.

Para los diferentes cuartos técnicos de equipos se ha previsto la instalación de detectores ópticos de humos en aquellos destinados a los centros de transformación y cuadro eléctrico y detectores termovelocimétricos en las salas de los grupos electrógenos y galerías que unen los dos tubos.

Cualquier detección de un posible incendio se transmite inmediatamente a la centralita para poder actuar en el menor tiempo y poder evacuar si fuera necesario el tubo, galería o sala en cuestión.

### F. Gestión del tráfico

Se diseña una completa instalación para la gestión del tráfico para avisar de cualquier suceso en el interior del túnel basado en los siguientes equipos:

- Barreras de cierre de túnel.
- Paneles de mensajes variables (PMV).
- Panel gráfico europeo de señalización de leds.
- Semáforos.
- Controles de gálibo.
- Estaciones de toma de datos con espiras para control de número y tipo de vehículos y velocidades .
- Panel de señalización fijo con indicación de longitud del túnel y de las instalaciones de seguridad dispuestas (salidas de emergencia, nichos S.O.S., BIEs, emisoras FM, etc.).

#### Señalización exterior

Para cumplir la [8.1-IC] se dotará al exterior del túnel de:

- Una sección compuesta por dos semáforos de tres aspectos anclados en el dintel de las bocas de entrada (uno por carril).
- Se dispondrán barreras de cierre a la entrada del túnel.
- Dos secciones consistentes en pórtico con dos semáforos de 2 aspectos (uno por carril) entre las cuales se encuentra el tránsito.
- Sistema de control de gálibo electrónico que dispone de señal oculta posterior de fibra óptica para indicar la prohibición de entrada al túnel. Estará ubicado antes del tránsito para que el vehículo que sobrepase el gálibo permitido pueda dar la vuelta utilizando el mismo.
- Una sección de panel de señalización variable de leds de 4 aspectos (aspa-flecha y limitación de velocidad).
- Una sección compuesta por panel de mensajes variables de leds homologado con dos paneles europeos full color sobre pórtico.

La disposición de los elementos de señalización exterior puede observarse en el [plano adjunto](#).

#### Señalización interior

Se dota a cada tubo de un panel de mensaje variable (un gráfico y dos líneas) y paneles gráficos de leds (que permite la indicación de carril abierto, cerrado, cambio de carril y límite de velocidad), dispuestos sobre carril de forma alterna cada 400 m. Esta configuración permite la transmisión de forma continua de información, de fácil interpretación, a los conductores sobre el estado del túnel y las posibles incidencias. En el caso que nos ocupa se instalará un panel de mensaje variable ya que la longitud del túnel es de 600 m.

La señalización interior se completa con semáforos de dos aspectos ubicados cada 200m en ambos hastiales del túnel.

### **Señalización fija**

Se dota de un cartel de señalización en las bocas de entrada, con indicación de las instalaciones de seguridad dispuesta y de cartel de señalización de las obligaciones específicas del mismo (velocidad máxima, separación entre vehículos, etc.).

La señalización fija interior del túnel está compuesta por carteles de limitación de velocidad (R-301) y separación de vehículos (R-300) dispuestos de forma alterna cada 250m.

### **Balizamiento**

Se han dispuesto captafaros situados en la línea de borde de carril y balizamiento anclado en los hastiales (a una altura de unos 70 cm) cada 10 m.

### **Aforadores de tráfico**

Se instalan espiras para la toma de datos de vehículos en puntos suficientes para el control general de los mismos. Estos datos se transmitirán al Centro de Control a través de la red de comunicaciones.

### **Megafonía**

Se sonorizarán ambos tubos, así como las galerías de emergencia. El sistema proyectado tiene como objeto permitir emitir mensajes en caso de emergencia, por lo que el sistema debe garantizar una presión sonora suficiente para superar los niveles de ruido existentes y conseguir un grado suficiente de inteligibilidad del mensaje.

La sonorización de los tubos de circulación se consigue mediante una distribución uniforme de altavoces exponenciales de 10 W (1 cada 50 m), colgados de las bandejas eléctricas. En las galerías de evacuación se situarán altavoces de las mismas características en los accesos a las mismas.

La central de megafonía se ubicará en el Centro de Control mientras los amplificadores se situarán en los correspondientes Cuartos Técnicos del túnel.

Los altavoces se conectarán en paralelo de forma que cada 8 de ellos formen una zona diferente y dependan de un amplificador. Las galerías de evacuación formarán zonas diferentes, según su proximidad a cada uno de los amplificadores.

La conexión entre la central de megafonía y los amplificadores se realizará aprovechando la infraestructura de comunicaciones general, a través de la red Fast Ethernet del túnel. Dicha conexión permitirá traer la señal de audio de los mensajes y los contactos de control de las zonas multiplexadas con las señales necesarias para otras instalaciones.

Desde los amplificadores hasta los diferentes altavoces la conexión se realiza mediante cable trenzado de 2x6 mm<sup>2</sup> que discurre por bandeja de cableado.

El cableado de megafonía está protegido en tubo para la línea general y bajo tubo de acero galvanizado para la bajada a cada altavoz.

Las centrales de megafonía previstas tienen la posibilidad de emitir mensajes a una zona en concreto, a varias zonas o al conjunto de la instalación. Existirán varios mensajes pregrabados que se emitirán de forma automática en función de las alarmas que se reciban.

La alimentación eléctrica a los amplificadores se realizará desde el cuadro general de baja tensión ubicado en la misma sala.

### **Puertas de evacuación y emergencia**

Los itinerarios de evacuación son utilizados para el escape de los usuarios atrapados en el tubo en el que se produce el incendio. La evacuación de personas consta de dos recorridos, uno por el tubo siniestrado, hasta una puerta de evacuación, y otro por la galería de evacuación y el tubo colindante hasta el exterior.

En caso de siniestro con incendio la evacuación se produce inicialmente en el sentido contrario a la circulación del vehículo. Los usuarios avanzarían hasta la puerta de evacuación más próxima; una vez fuera del tubo siniestrado la señalización indicará el sentido y la distancia a la que se encuentra la salida más próxima al exterior.

Se han distribuido diversas galerías de comunicación entre los tubos que sirven como vía de evacuación en caso de incidente siendo una de cada tres para paso de vehículos.

Las puertas de evacuación de personas serán de dos hojas de 1 m de ancho, cada una, y 2,15 m de altura. Las puertas de evacuación para paso de vehículos serán de 4 m de ancho

y 4,5 m de altura.

En las conexiones entre tubos la propia galería es el vestíbulo de independencia.

Las puertas de emergencia se sitúan a distancias que en ningún caso superan los 400 m [RD 635/2006]. Estas distancias permiten la evacuación de los usuarios antes de que el humo reduzca la visibilidad. Todas ellas llevarán contactos magnéticos de alarma, y su apertura iniciará una de las secuencias múltiples de funciones previstas y estarán señalizadas con dos carteles luminosos, uno sobre la puerta y otro en el lado opuesto de la calzada indicando su posición.

Las puertas de evacuación para paso de vehículos serán de 4 m de ancho y 4,5 m de altura, disponiendo a su vez de puertas de evacuación para personas.

Todas las puertas de evacuación (salas técnicas, galerías, etc.) dispondrán de barra antipánico (señalizada con cartel fotoluminescentes) en el sentido considerado de evacuación y de manilla en el contrario.

Todas las puertas dispuestas son RF-120 y dispondrán de contacto de puerta abierta, conectada a bus de campo.

## **G. Extinción de incendios.**

### **Red de hidrantes y BIEs (Bocas de Incendio Equipadas)**

Se dispondrá de una red de abastecimiento de agua que ha facilitado el Ayuntamiento de Coria, ya que muy próximo a la autovía se encuentra uno de los depósitos de agua potable municipal.

La instalación de extinción de incendios está basada en los siguientes elementos:

- Grupo de presión.
- Red de tuberías.
- Hidrantes en las proximidades de las bocas y a intervalos de 250 m en el interior [RT2-BIE].
- BIEs (Bocas de Incendio Equipadas) de  $\varnothing$  45 mm [RT2-BIE].
- Extintores eficacia 21A-113B [CTE 2009].
- Extinción automática por gas FM-200 en las salas de los grupos electrógenos. [CTE 2009].

### **Red de agua**

Las redes de agua para los hidrantes y las BIEs se compone de los siguientes elementos [RT2-ABA]:

- Tubería de agua de polietileno de alta densidad de  $\varnothing$  6" exterior, para la conducción de agua desde la respectiva central hídrica al interior del túnel. La tubería se dispondrá enterrada en zanja.
- Tubería de agua de acero clase negra DIN-2440 de  $\varnothing$  6", instalada en la pared de cada tubo. Toda la tubería y ramales estarán aisladas para evitar la helada de las mismas ante las bajas temperaturas de la zona con coquilla elastomérica de 36 mm de espesor.

En cada una de las galerías de evacuación se instalará una tubería que conectará la tubería que discurre por cada tubo, de forma que se consigue mallar la red asegurando, ante una posible avería, aislar la zona y evitando que se deje sin agua a todo el resto del túnel. La sectorización de cada anillo se realiza mediante válvulas manuales y motorizadas instaladas en las derivaciones.

- Hidrantes. Se instalan hidrantes de 70 mm en las bocas de entrada del túnel. Estos hidrantes serán tipo arqueta y se conectarán con la tubería enterrada. En el interior de los túneles se dispondrán hidrantes de dos tomas de  $\varnothing$  45 mm (equivalente a un hidrante de 70 mm) a distancias inferiores a los 250 m en el hastial derecho.

- BIEs. Se instalan bocas de incendio equipadas de  $\varnothing$  45 mm, con manguera flexible de  $\varnothing$  45 mm y 25 m de longitud, cada 50 m en el hastial derecho del túnel en armario estanco de polietileno. Junto a cada BIE se encuentra asociado un extintor de polvo seco A B C polivalente de 6 kg ..

- Acometida de agua. Debido a la ubicación de los túneles y a la proximidad de un depósito municipal no será necesaria la construcción de aljibes.



- **Central Hídrica:** La edificación de la central hídrica no es objeto de este proyecto porque ya se encuentra construida y tiene tamaño suficiente para almacenamiento de  $120\text{m}^3$  de agua que son los necesarios para el suministro de nuestra instalación

#### **Operación del grupo de presión**

Se ha previsto que la tubería de llenado llegue hasta la sala de bombas, donde alimentará a un colector general. Desde este colector partirán acometidas de llenado independientes para cada compartimento, controladas por una electroválvula, con by-pass, y la correspondiente valvulería para poder controlar la instalación. • Alarma por rebose.

El grupo de presión tendrá una bomba para el 100% de la demanda, una bomba auxiliar (diesel) y un depósito hidroneumático. La bomba auxiliar se alimenta mediante combustible diesel y se encuentra en el mismo local que el grupo electrógeno. Existe una tubería de pruebas con retorno al mismo depósito que permite verificar las presiones y caudales de funcionamiento de cada una de las bombas.

Tanto el grupo de presión como la red de distribución se han diseñado para el funcionamiento simultáneo de dos equipos de extinción más desfavorables, con un caudal de 1000 l/min (dos hidrantes simultáneos con 500 l/min cada uno de ellos) y una presión mínima residual en el hidrante de 70 m.c.a. [RT2-ABA]. Todo el sistema está dimensionado para garantizar el suministro durante dos horas. Los cálculos de las exigencias requeridas para los equipos del grupo de presión no se han mostrado en el proyecto porque no son objeto del mismo.

El arranque de la bomba principal se efectuará de forma automática con el descenso de la presión cuando se produzca la apertura de algún equipo de extinción. La parada será manual, tal como exige la normativa.

Los arranques y paradas de la bomba auxiliar diesel dependerán de un presostato independiente, con regulación de la presión de arranque por encima de la correspondiente a la bomba principal además de posible fallo de la bomba principal por falta de energía eléctrica. El depósito hidroneumático es el que garantiza que no se produzcan excesivos arranques y paradas de la bomba auxiliar.

La bomba principal también dispondrá del correspondiente presostato, con las presiones de arranque escalonadas a los valores previstos. Una vez en marcha, esta bomba sólo podrá parar mediante un pulsador manual común, que sólo tendrá efectividad si los presostatos han detectado una subida de presión por encima del valor previsto.

Cada una de las dos bombas dispondrá de un conmutador de tres posiciones:

Automático-manual-desconexión, con accionamiento mediante llave extraíble únicamente en la 1ª posición. Cada una de estas posiciones dispondrá de un piloto ámbar que, en el caso de “desconexión”, lucirá intermitente.

El funcionamiento de la bomba auxiliar en cualquier posición, y de la bomba principal en posición “manual”, estarán señalizadas con pilotos verdes.

#### **Sistema antiheladas**

Dada la ubicación de la autopista supuesta se ha previsto el aislamiento completo de las tuberías de la red contraincendios tanto en el exterior como en el interior de los tubos. Este aislamiento incluye los puntos de derivación hasta cada uno de los elementos dispuestos.

Se han supuesto los siguientes datos meteorológicos: en el mes de enero (mes históricamente más frío) la temperatura media es de  $8,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  siendo la media de las temperaturas mínimas de  $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

- Aislamiento de todas las tuberías dispuestas a la intemperie, bien sea en el exterior o en el interior del túnel (téngase en cuenta que puede haber importantes corrientes de aire en el interior del túnel).

- Bomba, con electroválvulas de configuración del circuito y sistema de control que permiten la recirculación de agua a lo largo de toda la tubería.

- Además se instalarán diversas válvulas motorizadas y telemandadas en las galerías de comunicación entre tubos, de forma que se garantice la configuración en anillo de la instalación.

En caso de que se activase cualquiera de las BIEs o hidrantes la presión bajaría y se activaría la correspondiente bomba del sistema contraincendios.

### **Extintores portátiles**

El sistema de extinción de incendios de los túneles estará complementado con extintores portátiles instalados cada 50 m en el túnel [CTE 2009].

Los extintores se encontrarán ubicados junto a las BIEs, cada 50 m, en armarios estancos de polietileno, así como en cada nicho SOS [RD 635/2006], donde se dispondrá de un extintor. Esta disposición se considera suficiente debido a la cercanía a las BIEs.

Adicionalmente, se sitúan extintores en las galerías y en todas las dependencias del túnel (Cuartos Técnicos, etc).

Los extintores serán portátiles de polvo seco polivalente ABCE, de 6 kg de carga, con una eficacia 13A a 34<sup>a</sup> – 89B-C a 233B-C homologados según UNE-23.110 [CTE 2009].

### **Extinción automática por gas FM-200.8.4.**

Por sus peculiares características, las salas en la que se ubican los grupos electrógenos se consideran locales de riesgo elevado, al tratarse de lugares en los que se almacena combustible. Debido a ello se dispondrán en estos locales de sistemas de extinción automática por gas tipo FM-200, junto con las compuertas cortafuegos necesarias en los huecos de ventilación para conseguir un grado elevado de estanqueidad en dicha sala.

El gas empleado será el FM-200, con descarga entre el 7 y el 9 % del volumen total de la sala. El almacenamiento se realizará en botellas de acero aleado, tratado térmicamente, sin soldaduras y para presión de trabajo de 24 bares. El sistema de descarga se realizará mediante boquillas difusoras multidireccionales distribuidas en el local protegido y de forma que la descarga completa del gas se realice en un tiempo de 10 segundos [CTE 2009].

Para que se active la extinción automática en una sala serán necesarias dos señales simultáneas, producidas por la central de incendios, mediante los detectores asociados a la sala, y/o el propio detector del sistema de extinción. También se puede accionar mediante un pulsador conectado directamente al sistema de descarga.

## **H. Conclusión y firma**

Considerando que con lo anteriormente expuesto, y justo con el resto de documentos que lo componen se habrá justificado suficientemente el Proyecto, lo damos por concluido, esperando sea aprobado por los Organismos competentes.

**Coria, Marzo de 2015**

**El alumno.**

**Fdo: José Ignacio Alcoba Iglesias**

# **V.- ANEJO DE ALUMBRADO**

**Título: INSTALACION ELECTRICA DE UN TUNEL DE AUTOPISTA**

**Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR**

**D. ROBERTO REDONDO MELCHOR**

**Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS**

**Índice:**

V. Anejo de alumbrado interior.....	2
A. Introducción y objeto.....	2
B. Normativa aplicada.....	3
C. Diseño luminotécnico.....	3
1. Niveles de iluminación requeridos.....	5
2. Distribución del alumbrado según niveles requeridos.....	6
3. Luminarias del alumbrado de seguridad.....	6
b. Lámparas y equipos auxiliares. Luminarias.....	7
c. Sistemas de encendido y apagado.....	7
D. Criterios de eficiencia energética para el diseño, explotación y mantenimiento de las instalaciones de alumbrado.....	7
a. Criterios de eficiencia en el diseño del nuevo alumbrado.....	8
1. Factor de utilización.....	8
2. Factor de mantenimiento y flujo.....	8
3. Eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares.....	8
4. Eficiencia de las luminarias.....	9
5. Niveles de iluminación alcanzados.....	9
6. Deslumbramientos.....	9
b. Calificación energética de la instalación.....	9
1. Eficiencia energética de la instalación.....	9
2. Índice de eficiencia energética.....	10
3. Índice de consumo energético.....	11
4. Categoría energética asignada.....	12
c. Criterios de eficiencia en la explotación y el mantenimiento.....	13
d. Valoración del consumo eléctrico esperado.....	13
e. Apreciaciones sobre el mantenimiento.....	15
E. Cálculo luminotécnicos.....	16
a. Nivel de alumbrado nocturno.....	17
b. Nivel de alumbrado para día nublado.....	33
c. Nivel de alumbrado diurno.....	
d. Alumbrado de seguridad.....	49
e. Alumbrado exterior.....	54
F. Instalación eléctrica.....	57
a. Líneas.....	57
1. Canalizaciones.....	57
2. Conductores activos y de puesta a tierra.....	58
b. Cálculos eléctricos.....	58
1. Método de cálculo de intensidades admisibles y caídas de tensión.....	58
2. Resultados obtenidos.....	61
G. Conclusión y firma.....	61

## V. Anejo de alumbrado interior

### A. Introducción y objeto

Con el fin de conseguir un nivel de calidad adecuado dentro del túnel, se establecerán los siguientes criterios para el cálculo luminotécnico. Cuando se habla de niveles se entienden siempre medidos al nivel de la calzada y en servicio, es decir, ya afectados por el coeficiente de depreciación global (disminución de flujo y embrutecimiento de las luces) igual a 0,7. Los niveles se garantizan por la temperatura más favorable (margen de funcionamiento de -5 a 40 °C).

Los parámetros que han servido de base al proyecto son los siguientes:

Factor de conservación	$F_c = 0,7$
Clase de pavimento	R1
Velocidad de diseño	100 km/h
Vehículos/día	< 2000

Para que el tráfico en el interior de un túnel sea seguro y fluido, es preciso que el conductor disponga de la suficiente información visual de manera que pueda distinguir la dirección del mismo, así como la presencia o ausencia de obstáculos y movimientos.

La situación más crítica se produce durante el día en la entrada de los túneles largos, considerando como tal aquél en que su longitud supera en más de siete veces su anchura y aquellos en los que no se puede distinguir la salida desde su entrada.

La salida de un túnel es menos problemática al adaptarse mejor la visión a un nivel de iluminación superior que a un nivel inferior aún así, con la definición de tramos e iluminación se ha conseguido en ambos tubos evitar lo más posible cualquier tipo de deslumbramiento.

Dado el distinto ambiente visual diurno y nocturno existente en la zona cubierta de la vía, son muy diversas las exigencias que en ambos casos debe satisfacer la iluminación de un túnel para que el conductor pueda acoger la información necesaria y realizar su tarea con un aceptable esfuerzo físico y psicológico.

Los problemas que se plantean al entrar o circular por un túnel son los siguientes:

- **Efecto de agujero negro:** Durante el día, el conductor debe tener una suficiente visibilidad de los objetos situados en el primer tramo interior desde la vía abierta, lo cual exige que la relación entre la iluminancia exterior y la interior se mantenga dentro de ciertos límites, a fin de evitar que el túnel se presente como un "agujero negro"

- **Efecto de adaptación:** Está producido por el hecho de que, aunque el túnel esté perfectamente iluminado, el ojo humano necesita un tiempo para adaptarse a niveles de iluminación inferiores o superiores y a un campo de visión mucho más reducido; por término medio este tiempo es de 3-4 segundos, dependiendo de la relación entre niveles de iluminación.

- **Efecto estroboscópico o "efecto flicker":** Es un fenómeno visual producido por la reflexión de la luz sobre superficies reflectantes en dirección del ojo del conductor en un vehículo y con una determinada frecuencia, que resulta peligroso por lo que conlleva distracción y perturbación visual. Este efecto se acusa en mayor grado en los tramos interiores de los túneles, dado que para que su efecto sea realmente perjudicial se requiere la permanencia en este estado de parpadeo durante al menos 20 s.

Se consideran molestas las secuencias de puntos brillantes que se repitan en las frecuencias comprendidas entre 2,5 a 15 Hz (lo cual limitaría la instalación de aparatos fuera de una interdistancia entre 1,9 y 11 m para una velocidad máxima del tráfico en el interior del túnel de 100 km/h).

## B. Normativa aplicada

La adaptación al Real Decreto 635/2006 [RD 635/2006], solicita una iluminación normal que proporcione una visibilidad adecuada de día y de noche en la entrada del túnel, en las zonas de transición y en la parte central; es decir, unos niveles de iluminación correctos. La iluminación de seguridad debe permitir una visibilidad mínima para que los usuarios puedan evacuar el túnel en sus vehículos en caso de avería de suministro de energía eléctrica.

Se deben conectar algunos proyectores a SAI [RD 635/2006] y todos los cables deben tener las siguientes características [REBT 2002]: Libres de halógenos (IEC.60.754.1), no propagador de incendio (UNE EN 50266), baja emisión de humos opacos (UNE EN 50268) (IEC.61.034). Además, el Real Decreto indica la necesidad de situar iluminación de emergencia, que permita a los usuarios del túnel evacuarlo a pie con un mínimo de 10 lux recomendado y nunca por debajo del umbral de los 2 lux.

Además de dicha normativa se han utilizado varios programas para el cálculo de la iluminación como Dialux y Daisa que cumplen rugosamente cada una de las normas establecidas por los organismos competentes.

## C. Diseño luminotécnico

### 1. Niveles de iluminación requeridos

Basándose en los diferentes tipos de insolación previstos en esta zona, se pueden adoptar diferentes regímenes de encendido de la instalación de alumbrado, de modo que se acomoden a días soleados, días nublados y noche o permanente.

En nuestro caso hemos realizado 3 tipos de iluminación diferentes:

- Alumbrado nocturno o permanente.
- Alumbrado para días nublados.
- Alumbrado para días soleados.

La calidad de la instalación de alumbrado de los túneles para la circulación de vehículos viene determinada, de acuerdo con toda la normativa vigente, por varios factores:

#### -Longitud y nivel de iluminancia en la zona de umbral

A fin de impedir la sensación de un agujero negro y para crear las condiciones de luminancia mínima para obtener visibilidad suficiente de objetos en la zona de umbral, la luminancia de la carretera en la zona de umbral debe alcanzar ciertos valores mínimos. Estos dependen de la luminancia en la zona de acceso (L20) estudiada en el anexo de cálculos. En la práctica es necesario para distinguir una primera mitad dentro de la zona de umbral en la que la luminancia de la carretera es constante y denominada la luminancia de umbral (LTH).

LTH puede expresarse como una fracción  $k$  de L20

$$LTH = k \times L20$$

El valor mínimo de  $k$  que ha de cumplirse depende de la distancia de parada de acuerdo con la Tabla A.1.3 presente en la CIE 88:2004, en la cual se indica que para 100 Km./h, sistema de iluminación simétrico y clase de alumbrado 1 (factor de ponderación de alumbrado detallado en el anexo de cálculos), el valor de  $k$  será de 0,035. De esta forma quedarán los siguientes valores mínimos para las zonas umbral de las distintas entradas del túnel:

$$LTH \text{ Túnel 3 carriles} = 3180 \text{ cd/m}^2 \cdot 0,035 = \mathbf{111,3 \text{ cd/m}^2}$$

$$LTH \text{ Túnel 2 carriles} = 3260 \text{ cd/m}^2 \cdot 0,035 = \mathbf{114,1 \text{ cd/m}^2}$$

Por lo que el nivel requerido a plena luz en la zona umbral estaría en torno a 1800 lux.

#### -Longitud y nivel de luminancia en la zona de transición (Escalonamiento)

En túneles suficientemente largos y/o con curvas a lo largo de su trazado es habitual la partición del túnel en zonas con distintos niveles de iluminación.

La longitud del túnel EX-A1 hace que este planteamiento sea aplicable sólo parcialmente como ahora se verá.

De igual modo es necesario prever las distintas situaciones de iluminación que se producen en el exterior de los túneles y que condicionan el nivel de intensidad lumínica a conseguir en el interior en cada momento.

Tal y como se describe en la normativa en vigor, desde el nivel obtenido en la zona de entrada en un túnel (zona umbral) hasta el nivel de iluminancia en el interior del mismo, debe haber un descenso progresivo de niveles, que se consigue a partir de escalonamientos que se efectúan en los distintos tramos de adaptación o transición.

Este escalonamiento debe observar aproximadamente una relación de 3 a 2 con respecto al tramo precedente al tramo en cuestión, no superándose en ningún caso la relación 3 a 1, de acuerdo con las Recomendaciones del Comité Internacional de Iluminación (CIE).

El escalonamiento de los niveles de iluminación se hace en tramos de adaptación cuya longitud depende de la velocidad límite de circulación de los vehículos y de los valores de iluminancia de los tramos precedentes. Es muy importante determinar con exactitud la longitud de los diferentes escalones para permitir la tarea de adaptación visual del ojo humano desde las altas iluminancias exteriores a las bajas del interior del túnel.

El tramo más delicado es precisamente el de entrada o umbral, cuya longitud viene íntimamente ligada a la distancia de frenado. Al ser ésta función de la velocidad máxima permitida al vehículo, resulta sencillo, aplicando la Instrucción 3.1 IC, determinar la longitud de dicho tramo. En nuestro caso, suponiendo que la velocidad de proyecto son 100 km/h, la distancia será 179 m.

<b>V(km/h)</b>	40	50	60	80	90	<b>100</b>	120
<b>D (m)</b>	40	56	75	120	148	<b>179</b>	247

Figura 4: Tabla 4.1 de la Instrucción de Carreteras

En cuanto a los diferentes tramos de adaptación, bastará con aplicar la curva progresiva de adaptación del ojo humano que figura en la normativa y la recomendación CIE 88: 2004.

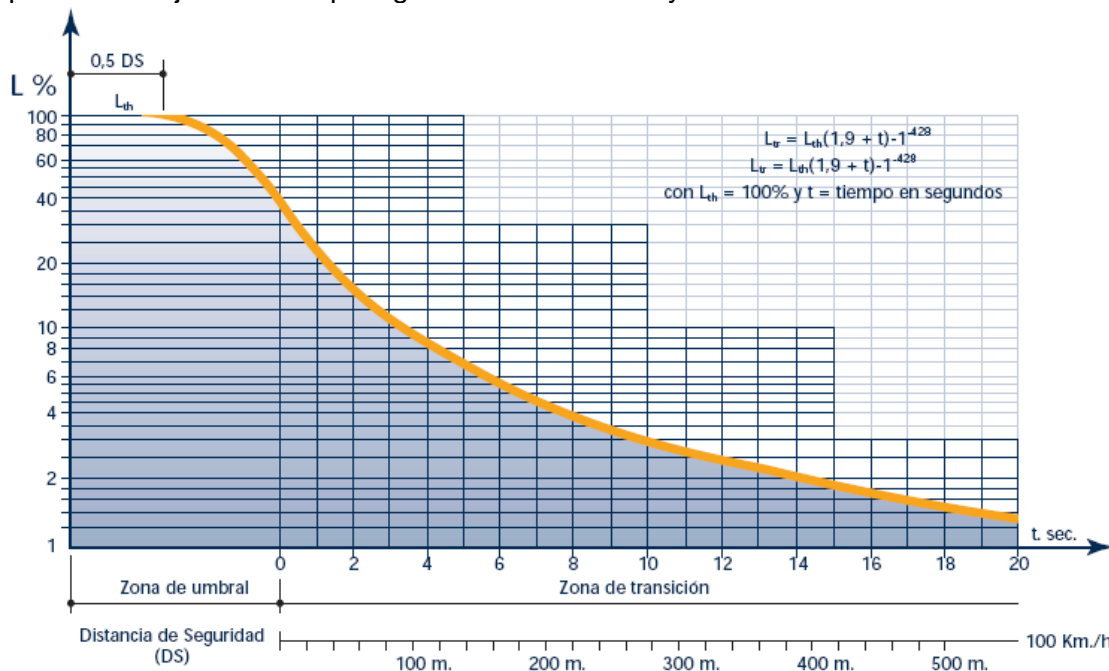


Figura 5: Curva de adaptación, representación esquemática del nivel de iluminación en las distintas zonas (C.I.E. 88:2004)

Una vez finalizado el proceso de adaptación del ojo se entraría a la zona llamada interior, que vendría inmediatamente posterior a la zona de transición en la que se requeriría una luminancia fija y por último, una zona de salida en la que se aumentaría de nuevo la iluminación con una pendiente inferior a la zona de adaptación; ya que al ojo le cuesta menos pasar de una zona oscura a otra luminosa que viceversa.

En el túnel EX-A1, debido a la longitud del mismo, la luminancia fija correspondería a los tramos 6 y 7 en los cuales no hay prácticamente diferencia en la iluminación porque el ojo humano ya está adaptado.

El tramo 8 correspondería a la zona de salida en el que se aumenta de nuevo la iluminación para que el ojo se adapte de una forma más rápida y sencilla a la luz exterior.

## 2. Distribución del alumbrado según niveles requeridos

Para cumplir con la curva de adaptación de la recomendación CIE explicada anteriormente, ha sido necesario dividir el túnel en 8 tramos para cada túnel. Para definir las longitudes de cada uno de los tramos, se ha procurado que sea similar a un múltiplo tipo de replanteo.

El módulo tipo de replanteo, que representa la separación entre dos luminarias consecutivas de la misma alineación en el alumbrado nocturno o permanente, es de luminarias colocadas en el techo a una altura de montaje de 6 m con una interdistancia de 6 m para el **túnel de 3 carriles** y una altura de montaje de 6 m con una interdistancia de 7,15m para el **túnel de 2 carriles**.

A continuación se va a detallar la longitud de cada uno de los tramos:

### Túnel de 3 carriles:

Tramo 1: 70 metros y 24 luminarias  
Tramo 2: 70 metros y 24 luminarias  
Tramo 3: 25 metros y 8 luminarias  
Tramo 4: 50 metros y 16 luminarias  
Tramo 5: 85 metros y 28 luminarias  
Tramo 6: 110 metros y 36 luminarias  
Tramo 7: 90 metros y 30 luminarias  
Tramo 8: 100 metros y 34 luminarias

### Túnel de 2 carriles:

Tramo 1: 70 metros y 18 luminarias  
Tramo 2: 70 metros y 18 luminarias  
Tramo 3: 25 metros y 8 luminarias  
Tramo 4: 50 metros y 14 luminarias  
Tramo 5: 85 metros y 24 luminarias  
Tramo 6: 110 metros y 32 luminarias  
Tramo 7: 90 metros y 26 luminarias  
Tramo 8: 100 metros y 28 luminarias

La distribución de cada tramo y los alumbrados correspondientes a cada tipo de día, se detallaran en el apartado de los cálculos luminotécnicos diseñados con Dialux.

Hay que tener en cuenta varios factores para que la distribución del alumbrado sea el correcto como son;

### -Alumbrado de accesos del túnel

Al formar parte el túnel de una carretera sin iluminar y al tener una velocidad de diseño superior a 50 Km/h, es recomendable el alumbrado nocturno de la zona de partida del túnel:

- Si el nivel de alumbrado nocturno en el túnel es más de  $1 \text{ cd/m}^2$ .
- Si es probable que aparezcan condiciones de tiempo diferentes a la entrada y a la salida del túnel.

El alumbrado de carretera en la zona de partida del túnel será proporcionado en toda la longitud de dos distancias de parada (358 metros en nuestro caso), no obstante en este proyecto se ha iluminado una zona superior de 400 metros tanto a la entrada como a la salida de ambos túneles con una luminancia no inferior a  $1/3$  de la luminancia nocturna en la zona interior del túnel. En el anexo de cálculos se puede comprobar que se cumple dicho requisito.



### -Alumbrado de las paredes y el techo en todas las zonas

Las paredes del túnel forman parte del fondo para la detección de obstáculos en el túnel; contribuyen al nivel de adaptación y al guiado visual. Por ello, la luminancia de las paredes del túnel es un componente importante para la calidad del alumbrado del túnel. La luminancia media de las paredes del túnel, hasta una altura de al menos 2 m, debe ser, según las recomendaciones del Ministerio de Fomento, similar a la luminancia media de la superficie de la calzada. En este caso las paredes del túnel tienen un revestimiento especial para que la iluminación sea lo más uniforme posible.

### -Uniformidad de la luminancia

En los túneles, la calzada y las paredes actúan como delimitadores o guías visuales para el tráfico de vehículos, de ahí que deba alcanzarse una buena uniformidad en la calzada y en las paredes de los túneles hasta una altura de 2 m.

En la tabla siguiente del libro “Recomendaciones para la Iluminación de Carreteras y Túneles” del Ministerio de Fomento se establecen los valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de la uniformidad global y longitudinal de luminancias en las calzadas de los túneles, en todas sus zonas, es decir, en la longitud total de los mismos y la anchura completa de la calzada, en función de la clase de alumbrado. La uniformidad horizontal será medida a lo largo del eje de cada carril.

CLASE DE ALUMBRADO	UNIFORMIDADES	
	Global U <sub>0</sub>	Longitudinal U <sub>1</sub>
1-2-3	0,3	0,5
4-5-6-7	0,4	0,6

Figura 6: Tabla 7.3 de uniformidades de luminancia de la superficie de la calzada (Recomendaciones para la Iluminación de Carreteras y Túneles)

### 3. Luminarias del alumbrado de seguridad

Las luminarias de este alumbrado son las mismas que se han mencionado anteriormente ya que, el alumbrado nocturno o permanente está conectado al SAI para evitar que se pueda quedar sin iluminación cualquiera de ambos túneles.

Además del alumbrado permanente también se ha instalado alumbrado de emergencia que ha sido diseñado por el programa Daisa.

Las luminarias utilizadas para este tipo de iluminación son de 11W de potencia cada una marca Nova o similar.

En el caso de que por cualquier circunstancia el alumbrado permanente no funcionase, tenemos el alumbrado de emergencia que siempre está conectado y tiene sus propias fuentes de alimentación. Este alumbrado ya ha sido explicado anteriormente en el apartado **Recinto de Protección y Control**.

#### b. Lámparas y equipos auxiliares. Luminarias

Los sistemas de iluminación de túneles se dividen en dos familias: sistemas de iluminación simétrica y sistemas asimétricos de flujo contrario al sentido de circulación.

En el sistema simétrico, la luz es distribuida principalmente en el plano transversal al eje del túnel. Los ejemplos más conocidos están constituidos por implantaciones en las paredes del túnel o en el techo en líneas continuas o discontinuas.

En el sistema a contraflujo, la luz es dirigida paralelamente al eje del túnel y en contra del sentido de circulación. Los aparatos se colocan en el techo y en líneas discontinuas generalmente.

Se comprueba que el sistema a contraflujo da mejores resultados en la iluminación de interior de túneles para obtener una visibilidad correcta de los objetos más frecuentes, aunque este sistema sólo es aplicable en túneles de sentido unidireccional y varias características.

En nuestro caso, al tratarse de túneles con un sentido de circulación, el sistema elegido es el simétrico, con los proyectores colocados sobre el techo del túnel a una altura de 6m sobre el nivel de calzada.

El sistema a contraflujo en este caso se ha descartado debido a la orientación de los túneles, entra mucha luz diurna por las bocas y sería perjudicial para la visualización de objetos.

### **Luminarias elegidas**

Para el alumbrado de los túneles se emplearán los siguientes tipos de luminarias:

- Luminarias de Led de 98 W de potencia para la iluminación permanente o nocturna a lo largo del túnel.
- Luminarias de Led de 268, 212, 179, 129, 98 W de potencia por la iluminación de días soleados.
- Luminarias de Led de 268, 179, 98 W de potencia por la iluminación de días oscuros y nublados.

Para el alumbrado de los accesos al túnel se empleará el siguiente tipo de luminaria:

- Luminarias de Led 102 W de potencia por la iluminación nocturna y días oscuros y nublados.

### **Disposición de luminarias en el interior y exterior del túnel**

La instalación de los aparatos será bilateral oposición para el alumbrado nocturno y nublado, el alumbrado diurno bilateral oposición con refuerzo central en los tramos de entrada de ambos túneles.

Como ya se ha mencionado, la altura aproximada de instalación de los proyectores será de 6,00 m, con una interdistancia en el alumbrado permanente de 6m y una interdistancia variable en los demás casos. En los planos se reflejan las interdistancias previstas para las luminarias en el caso de alumbrado diurno, nocturno y nublado.

La instalación en el exterior del túnel se realizará bilateral desplazado o tresbolillo tanto en la entrada como en la salida de ambos túneles.

La altura de las luminarias correspondientes al alumbrado de accesos será de 10 m y con una interdistancia de 50 m entre dos farolas consecutivas y 25 metros entre dos farolas situadas a tresbolillo. Estas luminarias tendrán su correspondiente toma de tierra según la reglamentación con lo cual la primera, la última y cada 5 farolas se instalará una toma de tierra (pica).

Los niveles de iluminación obtenidos y las uniformidades esperables con esta disposición a lo largo del túnel se reflejan en el apartado correspondiente.

### **c. Sistemas de encendido y apagado**

Los sistemas de encendido y apagado, actuarán sobre varios de los alumbrados como son:

- Alumbrado para días nublados
- Alumbrado para días soleados
- Alumbrado de acceso y salida de ambos túneles

En el caso del alumbrado nocturno o permanente, no llevará ningún sistema de encendido o apagado automático porque se encuentra encendido las 24 horas del día.

Se van a utilizar interruptores crepusculares para el encendido y apagado de las instalaciones.

Para el alumbrado de los accesos y salidas de ambos túneles se utilizará este tipo de interruptor para que cuando se detecte ausencia de luz diurna se enciendan los alumbrados exteriores.

Para el alumbrado de los días nublados los interruptores crepusculares se adaptarán a este tipo de días y entraran en funcionamiento cuando sea necesario.

En el caso del alumbrado de los días diurnos, el funcionamiento será al contrario, mientras se detecte suficiente luz diurna (día soleado) en el interior del túnel estarán los sistemas de iluminación encendidos y cuando no haya luz diurna en el exterior, será cuando se apaguen.

## **D. Criterios de eficiencia energética para el diseño, explotación y mantenimiento de las instalaciones de alumbrado**

### **a. Criterios de eficiencia en el diseño del nuevo alumbrado**

Existen múltiples medios que permiten reducir el consumo energético del alumbrado de un túnel.

-Distribuciones fotométricas adaptadas a la geometría del túnel, es decir, distribuciones que permitan obtener la mejor relación lux/cd/m<sup>2</sup>.

-Optar por una luminaria de gran hermeticidad, que conserve las prestaciones fotométricas a lo largo del tiempo y garantice los factores de mantenimiento elevados mediante una limitación sensible del deterioro luminoso.

-Optar por un sistema de gran calidad de gestión del nivel de luminancia, que permita regular mejor los regímenes de alumbrado al tiempo que preserve la seguridad de la circulación.

-El acondicionamiento del pavimento de la carretera en la zona de aproximación al túnel en asfalto negro y un color oscuro para la entrada del túnel. De manera general, oscurecer la zona de entrada para reducir la luminancia exterior (Lseq), lo que permite, por consiguiente, reducir la luminancia en la zona de adaptación (Lth).

-Optar por un color claro para el pavimento de la calzada y las paredes del túnel.

Los criterios de eficiencia energética a tener en cuenta en el diseño del presente proyecto son los reflejados en la “Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación” en su apartado referente al alumbrado público.

### 1. Factor de utilización

Al cociente entre el flujo luminoso que llega a la plano de trabajo (flujo útil), y el flujo total emitido por las lámparas instaladas, es lo que llamaremos factor de utilización.

$$C_U = \frac{\phi_U}{\Phi_L}$$

Este coeficiente depende de diversas variables tales como la eficacia de las luminarias, reflectancia de las paredes y las dimensiones del local.

Este factor lo facilita el fabricante porque aparece en una tabla propia de cada luminaria. En nuestro caso no ha sido posible conseguirlo porque el fabricante ha omitido dicha información por no ser necesaria al realizar el cálculo de iluminación mediante Dialux.

### 2. Factor de mantenimiento y flujo

Una instalación de alumbrado no mantiene indefinidamente las características luminosas iniciales. Ello se debe a dos factores principalmente:

1º A la pérdida del flujo luminoso de las lámparas, motivada tanto por el envejecimiento natural como por el polvo y suciedad que se acumula en ellas.

2º A la pérdida de reflexión del reflector o de transmisión del difusor o refractor, motivada así mismo por la suciedad.

La experiencia acumulada a lo largo de los años, hace posible situar el factor de mantenimiento dentro de los límites correspondidos entre el 80 y 50%.

En nuestro caso el factor de mantenimiento se sitúa en el 70%

### 3. Eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares

El tipo de lámparas LED elegidas están equipadas con fuentes de alimentación que aseguran una eficiencia del 90%.

La corriente estándar de alimentación es de 350 mA y 500 mA para optimizar la eficacia de los LED y maximizar la vida útil.

La comunicación bidireccional y la detección de fallos son posibilidades que permiten aumentar la fiabilidad del sistema.

Las luminarias son aptas para usos a temperatura ambiente de -40° a +55° C y mantienen el 90% del flujo luminoso nominal después de 100.000 horas de uso hasta 25°C de media anual de temperatura nocturna.

Toda esta información ha sido facilitada por el fabricante.

#### 4. Eficiencia de las luminarias

La tecnología LED (diodos electroluminiscentes) ofrece una vida útil muy larga, lo que permite prolongar los intervalos entre operaciones de mantenimiento, tan costosas en los túneles.

Los LED ya son muy utilizados para todo tipo de aplicaciones de iluminación y se ha conseguido aplicar esta tecnología a la iluminación de túneles tanto de larga como de corta distancia.

Schröder o similar sigue de cerca la rápida evolución de los LED para poder proponer soluciones más globales, y para incluir esta tecnología tan pronto como la eficacia luminosa de las fuentes lo permite.

#### 5. Niveles de iluminación alcanzados

Debido a los diferentes niveles de iluminación que ofrece el túnel dependiendo de la hora del día y tiempo que haya en el exterior (alumbrado permanente, días nublados, días soleados y de emergencia) se han conseguido unos niveles de iluminación que cumplen todos los requisitos establecidos en las “Recomendaciones para la Iluminación de Carreteras y Túneles” y “CIE 88:2004”.

En el apartado de cálculos se ofrecen todos los niveles de iluminación obtenidos.

#### 6. Deslumbramientos

La limitación del deslumbramiento en un túnel se consigue mediante la utilización de luminarias con una distribución fotométrica adecuada para proporcionar una baja luminancia propia y evitar que su flujo luminoso pueda molestar al conductor de un vehículo.

### b. Calificación energética de la instalación

#### 1. Eficiencia energética de la instalación

Se comprobará si la iluminación adoptada como solución satisface los criterios de eficiencia que marca el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias. En el destaca claramente los niveles para el alumbrado vial funcional, dejando, eso sí, que sea la recomendación CIE 88: 2004 “Guía para el alumbrado de túneles de carretera y pasos inferiores” la que establezca los niveles mínimos de iluminación.

La eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior se define como la relación entre el producto de la superficie iluminada por la iluminancia media en servicio de la instalación entre la potencia activa total instalada.

$$\epsilon = \frac{S \times E_m}{P} \left( \frac{m^2 \text{lux}}{W} \right)$$

$\epsilon$ = eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior

$P$ = potencia activa total instalada (lámparas y equipos auxiliares)

$S$ = superficie iluminada

$E_m$ = iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto.

En el apartado de cálculos tenemos el valor de eficiencia energética para cada uno de los alumbrados y tramos.

#### 2. Índice de eficiencia energética

Las instalaciones de alumbrado vial funcional, con independencia del tipo de lámpara, pavimento y de las características o geometría de la instalación, deberán cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética que se fijan en la tabla 1.

Iluminancia media en servicio Em(lux)	Eficiencia Energética Mínima $\left(\frac{m^2lux}{W}\right)$
$\geq 30$	22
25	20
20	17.5
15	15
10	12
$\leq 7.5$	9.5

Nota: Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrá por interpolación lineal.

Figura 8: Tabla 1. Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial Funcional

Las instalaciones de alumbrado exterior, excepto las de alumbrados de señales y anuncios luminosos, festivos y navideños, se calificarán en función de su índice de eficiencia energética.

El índice de eficiencia energética ( $I_E$ ) se define como el cociente entre la eficiencia energética de la instalación ( $E$ ) y el valor de eficiencia energética de referencia ( $E_R$ ) en función del nivel de iluminancia media en servicio proyectada, que se indica en tabla 2.

Alumbrado vial funcional		Alumbrado vial ambiental y otras instalaciones de alumbrado	
Iluminancia media en servicio proyectada Em (lux)	Eficiencia energética de referencia $E_R$ $\left(\frac{m^2lux}{W}\right)$	Iluminancia media en servicio proyectada Em (lux)	Eficiencia energética de referencia $E_R$ $\left(\frac{m^2lux}{W}\right)$
$\geq 30$	32	--	--
25	29	--	--
20	26	$\geq 20$	13
15	23	15	11
10	18	10	9
$\leq 7.5$	14	7.5	7
--	--	$\leq 5$	5

Nota: Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrá por interpolación lineal.

Figura 9: Tabla2. Valores de eficiencia energética de referencia

### 3. Índice de consumo energético

Con objeto de facilitar la interpretación de la calificación energética de la instalación de alumbrado y en consonancia con lo establecido en otras reglamentaciones, se define una etiqueta que caracteriza el consumo de energía de la instalación mediante una escala de siete letras que va desde la letra A (instalación más eficiente y con menos consumo de energía) a la letra G (instalación menos eficiente y con más consumo de energía). El índice utilizado para la escala de letras será el índice de consumo energético (ICE) que es igual al inverso del índice de eficiencia energética:

$$ICE = \frac{1}{I\epsilon}$$

La tabla 3, determina los valores definidos por las respectivas letras de consumo energético, en función de los índices de eficiencia energética declarados.

Calificación Energética	Índice de consumo energético	Índice de eficiencia energética
A	ICE < 0,91	$I\epsilon > 1,1$
B	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq I\epsilon > 0,92$
C	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq I\epsilon > 0,74$
D	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq I\epsilon > 0,56$
E	$1,79 \leq ICE < 2,63$	$0,56 \geq I\epsilon > 0,38$
F	$2,63 \leq ICE < 5,00$	$0,38 \geq I\epsilon > 0,20$
G	ICE > 5,00	$\geq I\epsilon \leq 0,20$

Figura 10: Tabla 3. Calificación energética de una instalación de alumbrado

#### 4. Categoría energética asignada

Iluminación	Superficie (m <sup>2</sup> )	Iluminancia (lux)	Potencia Tramo (W)	Eficiencia Energética	ICE	Calificación Energética
<b>Túnel 2 Carriles</b>						
<b>Nocturna</b>	7200	140	16464	61,22	0,52	<b>A</b>
<b>Nublado</b>						
Tramo 1	840	1007	14628	57,83	0,55	<b>A</b>
Tramo 2	840	824	11948	57,93	0,55	<b>A</b>
Tramo 3	300	718	4000	53,85	0,59	<b>A</b>
Tramo 4	600	591	6196	57,23	0,56	<b>A</b>
Tramo 5	1020	383	6640	58,83	0,54	<b>A</b>
Tramo 6	1260	313	6520	60,49	0,53	<b>A</b>
Tramo 7	1080	241	4312	60,36	0,53	<b>A</b>
Tramo 8	1200	528	10784	58,75	0,54	<b>A</b>
<b>Soleado</b>						
Tramo 1	840	1869	26956	58,24	0,55	<b>A</b>
Tramo 2	840	1275	18380	58,27	0,55	<b>A</b>
Tramo 3	300	971	5290	55,06	0,58	<b>A</b>
Tramo 4	600	848	8740	58,21	0,55	<b>A</b>
Tramo 5	1020	640	10880	60	0,53	<b>A</b>
Tramo 6	1260	428	8872	60,78	0,52	<b>A</b>
Tramo 7	1080	342	6076	60,79	0,52	<b>A</b>
Tramo 8	1200	849	17216	59,18	0,54	<b>A</b>
<b>Iluminación Exterior</b>	4200	17	1734	41,18	0,77	<b>A</b>

<b>Iluminación Túnel 3 Carriles</b>	Superficie (m <sup>2</sup> )	Iluminancia (lux)	Potencia Tramo (W)	Eficiencia Energética	ICE	Calificación Energética
<b>Nocturna</b>	9300	141	19600	66,90	0,48	<b>A</b>
<b>Nublado</b>						
Tramo 1	1085	1009	17628	62,10	0,51	<b>A</b>
Tramo 2	1085	872	15216	62,18	0,51	<b>A</b>
Tramo 3	387,50	761	5072	58,14	0,55	<b>A</b>
Tramo 4	775	555	6928	62,08	0,51	<b>A</b>
Tramo 5	1317,5	444	9176	63,75	0,50	<b>A</b>
Tramo 6	1705	316	8352	64,51	0,49	<b>A</b>
Tramo 7	1395	236	5084	64,75	0,49	<b>A</b>
Tramo 8	1550	497	12176	63,26	0,50	<b>A</b>
<b>Soleado</b>						
Tramo 1	1085	1873	32904	61,76	0,52	<b>A</b>
Tramo 2	1085	1281	22452	61,90	0,52	<b>A</b>
Tramo 3	387,50	1000	6680	58,01	0,55	<b>A</b>
Tramo 4	775	809	10144	61,81	0,52	<b>A</b>
Tramo 5	1317,5	674	14000	63,43	0,50	<b>A</b>
Tramo 6	1705	436	11568	64,26	0,50	<b>A</b>
Tramo 7	1395	309	6692	64,41	0,50	<b>A</b>
Tramo 8	1550	881	24824	62,57	0,51	<b>A</b>
<b>Iluminación Exterior</b>	5600	17	1734	54,9	0,58	<b>A</b>

### c. Criterios de eficiencia en la explotación y el mantenimiento

El criterio principal que se ha seguido en la explotación es la utilización de lámparas Led que consumen mucha menos energía. Para ello se ha realizado un estudio con 2 tipos de iluminación:

- Con luminarias de vapor de sodio alta presión.
- Con luminarias de Led.

En la siguiente tabla se muestran la potencia necesaria para cada uno de los dos tipos de alumbrado y tramos de las instalaciones:

<b>Iluminación Túnel 3 Carriles</b>	Potencia Tramos Led	Potencia Tramos Vapor Sodio	<b>Iluminación Túnel 2 Carriles</b>	Potencia Tramos Led	Potencia Tramos Vapor Sodio
<b>Soleado</b>			<b>Soleado</b>		
Tramo 1	32904	49200	Tramo 1	26956	41700
Tramo 2	22452	33600	Tramo 2	18380	28900
Tramo 3	6680	9600	Tramo 3	5290	7600
Tramo 4	10144	15600	Tramo 4	8740	12500
Tramo 5	14000	18600	Tramo 5	10880	16400
Tramo 6	11568	18150	Tramo 6	8872	15000
Tramo 7	6692	12600	Tramo 7	6076	9900
Tramo 8	24824	33900	Tramo 8	17216	33500
<b>Potencia Total</b>	129264	191250	<b>Potencia Total</b>	102410	165500
<b>Diferencia</b>	<b>-61986</b>		<b>Diferencia</b>	<b>-63090</b>	

Tabla con todos los datos expresados en Watios

En total el ahorro de la potencia del sistema asciende a 125076W= **125,076kW**

#### **Ventajas alumbrado Led:**

Se consigue una eficiencia en la explotación mucho mayor que con la utilización de los alumbrados con Vapor de Sodio.

El ojo humano se adapta mejor al alumbrado Led debido a los colores cromáticos.

Ahorro económico porque el consumo de energía es muy inferior

La vida de las luminarias es mucho mayor que las de Vapor de Sodio, con lo cual ahorramos en el mantenimiento de las instalaciones a la hora de sustituir luminarias defectuosas.

Ahorro medioambiental ya que se contribuye de esta forma a emitir menor cantidad de gases contaminantes a la atmósfera.

#### **d. Valoración del consumo eléctrico esperado**

El consumo eléctrico estará muy por debajo de lo esperado inicialmente con el alumbrado de luminarias de Vapor de Sodio ya que las luminarias Led consumen mucho menos.

Un claro ejemplo es el siguiente estudio de la potencia consumida con cada uno de los alumbrados expresado en tabla anterior.

A continuación se realiza un estudio del ahorro de energía y por consiguiente de Euros en la vida útil de una lámpara Led:

En la zona de Extremadura a lo largo del año aproximadamente hay unos 300 días soleados al año con una media de 9 horas de luz intensa, con lo cual, todos los alumbrados interiores de los túneles estarían encendidos ese mínimo de horas (alumbrado día soleados).

300 días x 9 horas día = 2700 horas anuales encendidos todos los alumbrados.

El coste del kW/h (término de energía) en alta tensión en Iberdrola es aproximadamente 0,055 €

La diferencia de potencia entre las dos instalaciones es 125,076kW favorable al alumbrado Led.

Coste anual ahorrado= 125,076kW x 0,055 € x 2700 horas = **18574 €** anuales.

La instalación tiene una vida útil muy superior a 100000 horas porque las lámparas Led mantienen un 90% del flujo luminoso transcurrido ese tiempo.

El cambio masivo de luminaria está programado entre los 17/18 años porque el fabricante nos dice que pueden funcionar en perfecto estado hasta 20 años.

Ahorro total aproximado= **371480 €**

A este ahorro directo hay que sumarle también varios factores más:



- Término de potencia contratado inferior (€/kW año)
- Potencia del SAI calculado inferior porque las luminarias consumen menos.
- Potencia de la batería de condensadores para rectificar el  $\cos \varphi$  inferior.
- Sección de los conductores más reducida porque la potencia de la instalación también lo es.
- Contribución a menor contaminación atmosférica por menor emisión de gases contaminantes.
- La instalación con alumbrado Led es aproximadamente un 22% más eficiente que la instalación con alumbrado de Vapor de Sodio.

#### e. Apreciaciones sobre el mantenimiento

Para evitar la degradación de las instalaciones de alumbrado público en el transcurso del tiempo, se realizará, tal y como indica “Recomendaciones para la iluminación de carreteras y túneles”, un adecuado doble mantenimiento; el denominado preventivo que establecerá una programación en el tiempo consistente en efectuar sobre las instalaciones un cierto número de intervenciones sistemáticas, y el mantenimiento correctivo, que comprenderá una serie de operaciones necesarias para reponer las instalaciones averiadas o que han sufrido deterioro a un correcto estado de funcionamiento. Cuando se lleve a cabo correctamente y de forma regular el mantenimiento preventivo, las operaciones de mantenimiento correctivo serán menos importantes y frecuentes.

Los trabajos de mantenimiento preventivo comprenderán los siguientes:

- Reposición masiva de lámparas
- Verificación, conservación y limpieza de luminarias
- Verificación y conservación de equipos auxiliares
- Verificación y conservación de soportes
- Verificación y conservación de las canalizaciones eléctricas
- Verificación, conservación, limpieza de armarios y de materiales de encendido y apagado.

Las operaciones de mantenimiento correctivo consistirán en reemplazar cualquier material defectuoso como consecuencia de un accidente de tráfico, actos de vandalismo, etc. y en reparar las averías ocasionadas por fallos eléctricos o mecánicos de los elementos que componen las instalaciones de alumbrado público, lo antes posible.

La programación del mantenimiento preventivo se establecerá teniendo en cuenta la vida media de las lámparas Led, la depreciación del flujo luminoso en función del porcentaje de vida media transcurrida, así como el grado de contaminación atmosférica.

El mantenimiento preventivo comprenderá la siguiente programación con la periodicidad en las operaciones que se indican:

1. Lámparas
  - Reposición en instalaciones con funcionamiento permanente alumbrado de emergencia (24 horas) de 3 o 4 años.
  - Reposición en instalaciones con funcionamiento nocturno (24 horas) de 16 a 18 años.
2. Luminarias
  - Limpieza del sistema óptico y cierre (refractor, difusor) de 2 a 3 años.
3. Centros de Mando y Medida
  - Revisión del armario 1 año.
  - Verificación de protecciones (interruptores y fusibles) 1 año
  - Comprobación de la puesta a tierra 1 año
  - Control dispositivo encendido/apagado instalación 6 meses
4. Instalación Eléctrica
  - Revisión de las tomas de tierra 1 año
  - Reconocimiento de la continuidad de la línea de enlace con tierra 1 año
  - Control del sistema global de puesta a tierra de la instalación 1 año
  - Examen de las conexiones 1 año
  - Comprobación del aislamiento de los conductores 1 año
5. Soportes

- Soportes de acero galvanizado (Pintado primera vez) 15 años
- Soportes de acero galvanizado (Pintado veces sucesivas) 7 años
- Soportes de acero pintado 5 años

#### 6. Condensadores

Reposición masiva de 6 a 8 años

Cuando en el transcurso del tiempo coincidan la reposición de lámparas Led y la limpieza de luminarias, ambas operaciones se ejecutarán de forma simultánea. La reposición masiva de lámparas y la limpieza de luminarias se completarán efectuando el control de las conexiones y verificando el funcionamiento del equipo auxiliar.

Sin el perjuicio de las acciones establecidas en la programación del mantenimiento preventivo, periódicamente se medirán las tensiones de suministro, intensidades, factor de potencia, etc.

El factor de mantenimiento total en función de la frecuencia de mantenimiento y de la calidad de los materiales que será usado en este túnel es de 0.7 al considerar un mantenimiento intensivo y una elevada calidad de material.

El mantenimiento en los túneles es difícil de llevar a cabo en condiciones de tráfico regular o cierres de carriles parciales ya que puede causar severos problemas de tráfico y puede aumentar el potencial de accidentes. La reparación del sistema de iluminación y de sus componentes debe ser llevada a cabo empleando el mínimo tiempo en el túnel.

Las lámparas apagadas y no sustituidas variarán de cantidad, dependiendo de las clases de lámparas y del programa de sustitución de lámparas usado. Deben consultarse las estadísticas de mortalidad de lámparas de los fabricantes para las prestaciones de cada tipo de lámpara de modo que el número de puntos de luz apagados pueda ser determinado antes de que se haya alcanzado el tiempo de sustitución planeado. Para aplicaciones en las que es crítica la iluminación mantenida, se recomienda conservar un registro riguroso de las características de apagado de las lámparas.

### E. Cálculo luminotécnicos

A continuación se presentan unas tablas de cálculos donde se recogen todos los recintos de ambos túneles con el fin de justificar el número de luminarias a instalar.

Definidos por zonas y en donde se indican sus características en cuanto a iluminación conseguida, coeficiente del local (dimensiones-reflexiones), plano de trabajo, tipo de lámpara, potencia y flujo de cada lámpara, número de lámparas y uniformidades. Para la realización de lo citado se han aplicado las siguientes fórmulas:

Iluminancia

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

$$E = \frac{I_{(c,\gamma)} \cdot \cos^3 \gamma}{h^2}$$

$$E_p = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{i_{(ci,\gamma)} \cdot \cos^3 \gamma}{h^2}$$

Luminancia

$$L = q \cdot E$$

$$L = \frac{I_{(c,\gamma)} \cdot \cos^3 \gamma}{h^2} \cdot q_{(\beta,\lambda)}$$

$$L_p = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{i_{(ci,\gamma)} \cdot \cos^3 \gamma}{h^2} \cdot q_{(\beta,\lambda)}$$

Siendo:

E: Iluminancia en lux

Ep: Iluminancia en un punto en lux

I (c,γ): Intensidad de la luz definida por las coordenadas (c,γ) en la dirección del punto P

h: Altura de la luminaria (fuente luminosa)

I(c<sub>i</sub>,γ<sub>i</sub>): Intensidad luminosa (en candelas) de una luminaria "i" en la dirección

q(β,γ): Coeficiente de luminancia del punto P. Se determina en función de α

r: Coeficiente de luminancia reducido [ $r = q(\beta, \gamma) \cdot \cos^3 \gamma$ ]

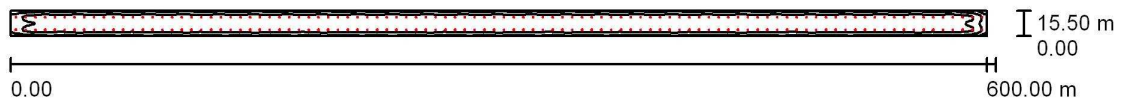
L: Luminancia en candela por metro cuadrado

L<sub>p</sub>: Luminancia en un punto en candela por metro cuadrado

Éstas fórmulas, las aplican automáticamente los programas de cálculo luminoso Dialux y Daisa que como se ha mencionado anteriormente es el que se ha utilizado principalmente para el desarrollo del proyecto.

### a. Nivel de alumbrado nocturno o permanente

#### Tubo 3 Carriles:



Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 6.000 m,  
Escala 1:4290

Valores en Lux,

Factor mantenimiento: 0.70

Superficie	ρ [%]	Em [lx]	Emin [lx]	E <sub>max</sub> [lx]	Emin / E <sub>max</sub>
Plano Útil	/	141	92	155	0.656
Suelo	31	136	92	144	0.676
Techo	59	49	37	62	0.760
Paredes	59	107	35	182	/

ρ [%] = Índice de reflexión  
Em = Iluminancia media  
mínima/  
Emin = Iluminancia mínima

E<sub>max</sub> = Iluminancia máxima  
E<sub>max</sub> = Iluminancia  
Iluminancia media

#### Plano útil:

Altura: 0.850 m

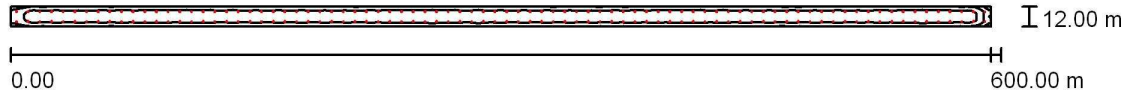
Trama: 128 x 32 Puntos

Zona marginal: 0.000 m

#### Lista de piezas – Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor corrección)	Φ Luminaria (lm)	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	200	SCHREDER FV32 5068 88 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	10109	12584	98.0
			Total: 2021853	Total: 2516800	19600.0

Valor de eficiencia energética:  $2.11 \text{ W/m}^2 = 1.50 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base: 9300.00 m<sup>2</sup>)

**Tubo 2 Carriles:**

Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 6.000 m,  
Escala 1:4290  
Factor mantenimiento: 0.70

Valores en Lux,

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	140	94	156	0.672
Suelo	31	134	92	145	0.688
Techo	59	49	38	57	0.771
Paredes	59	111	37	277	/

$\rho$  [%] = Índice de reflexión  
 $E_m$  = Iluminancia media  
mínima/  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima

$E_{max}$  = Iluminancia máxima  
 $E_{max}$  = Iluminancia  
Iluminancia media

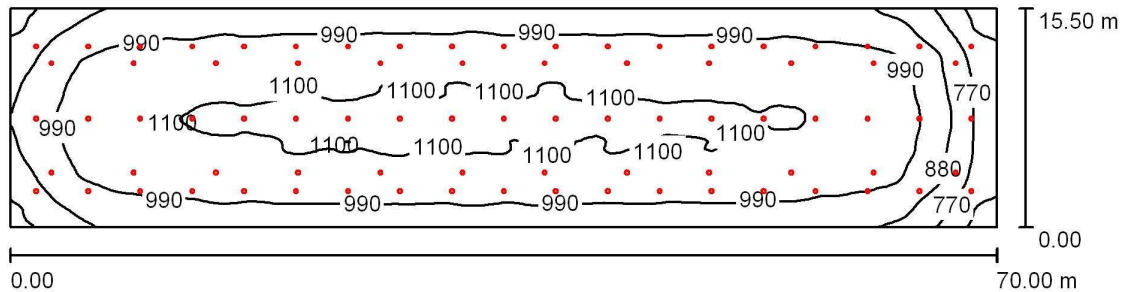
**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 32 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas – Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor corrección)	$\Phi$ Luminaria (lm)	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	168	SCHREDER FV32 5068 88 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	10109	12584	98.0
			Total: 1698357	Total: 2114112	16464.0

Valor de eficiencia energética:  $2.29 \text{ W/m}^2 = 1.63 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base: 7200.00 m<sup>2</sup>)

**b. Nivel de alumbrado para día nublado****Tubo 3 carriles, definición por tramos (días nublados):****Tramo 1:**

Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 6.000 m,  
Escala 1:501  
Factor mantenimiento: 0.70

Valores en Lux,

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	1009	607	1121	0.601
Suelo	31	962	565	1069	0.587
Techo	59	348	259	368	0.744
Paredes	59	756	258	1259	/

$\rho$  [%] = Índice de reflexión  
 $E_m$  = Iluminancia media  
mínima/  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima

$E_{max}$  = Iluminancia máxima  
 $E_{max}$  = Iluminancia  
Iluminancia media

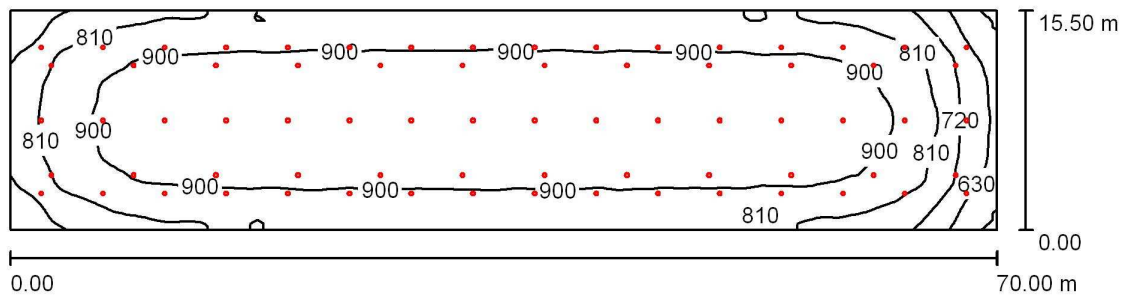
**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas – Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor corrección)	$\Phi$ Luminaria (lm)	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	57	SCHREDER FV32 5068 176 LEDS 500mA NW 331101 (1.000)	26688	33221	268.0
2	24	SCHREDER FV32 5068 88 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	10109	12584	98.0
			Total: 1763830	Total: 2195613	17628.0

Valor de eficiencia energética:  $16.25 \text{ W/m}^2 = 1.61 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $1085.00 \text{ m}^2$ )

**Tramo 2:**

Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 6.000 m, Valores en Lux,  
Escala 1:501  
Factor mantenimiento: 0.70

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	872	520	968	0.596
Suelo	31	831	504	924	0.606
Techo	59	300	226	321	0.752
Paredes	59	653	224	1161	/

$\rho$  [%] = Índice de reflexión  
 $E_m$  = Iluminancia media  
mínima/  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima

$E_{max}$  = Iluminancia máxima  
 $E_{max}$  = Iluminancia  
Iluminancia media

**Plano útil:**

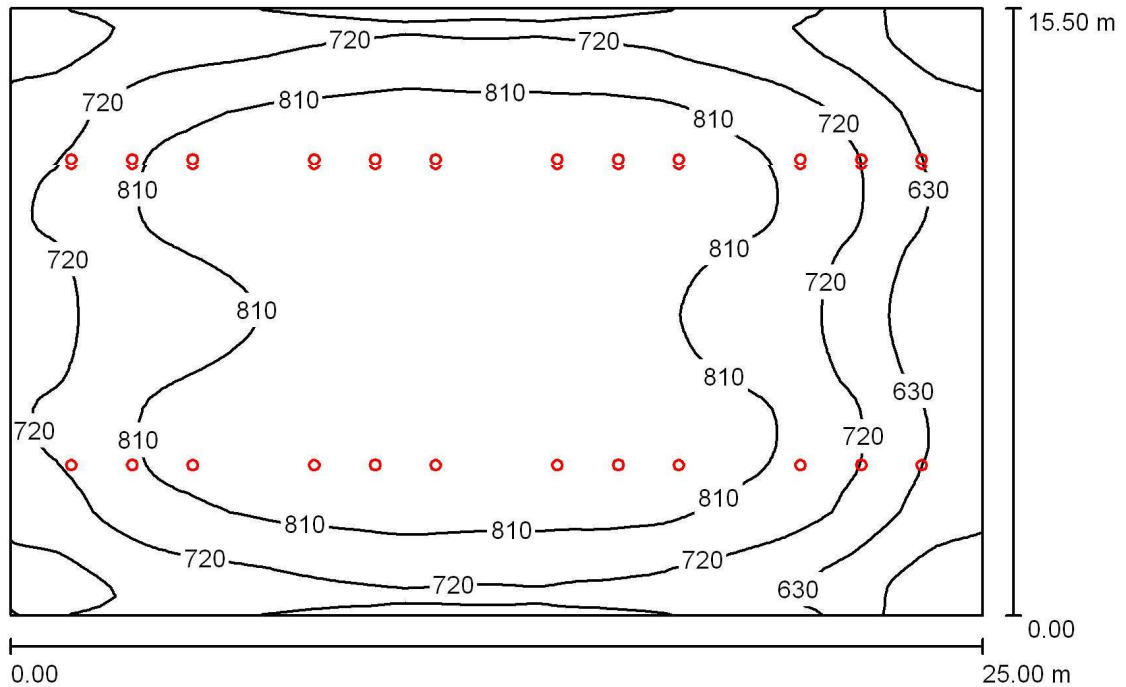
Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas – Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor corrección)	$\Phi$ Luminaria (lm)	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	48	SCHREDER FV32 5068 176 LEDS 500mA NW 331101 (1.000)	26688	33221	268.0
2	24	SCHREDER FV32 5068 88 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	10109	12584	98.0
			Total: 1523639	Total: 1896624	15216.0

Valor de eficiencia energética:  $14.02 \text{ W/m}^2 = 1.61 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $1085.00 \text{ m}^2$ )

**Tramo 3:**



Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 6.000 m,  
Escala 1:120  
Factor mantenimiento: 0.70

Valores en Lux,

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	761	453	898	0.595
Suelo	31	717	438	836	0.611
Techo	59	263	178	290	0.678
Paredes	59	549	185	1176	/

$\rho$  [%] = Índice de reflexión  
 $E_m$  = Iluminancia media  
mínima/  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima

$E_{max}$  = Iluminancia máxima  
 $E_{max}$  = Iluminancia  
Iluminancia media

**Plano útil:**

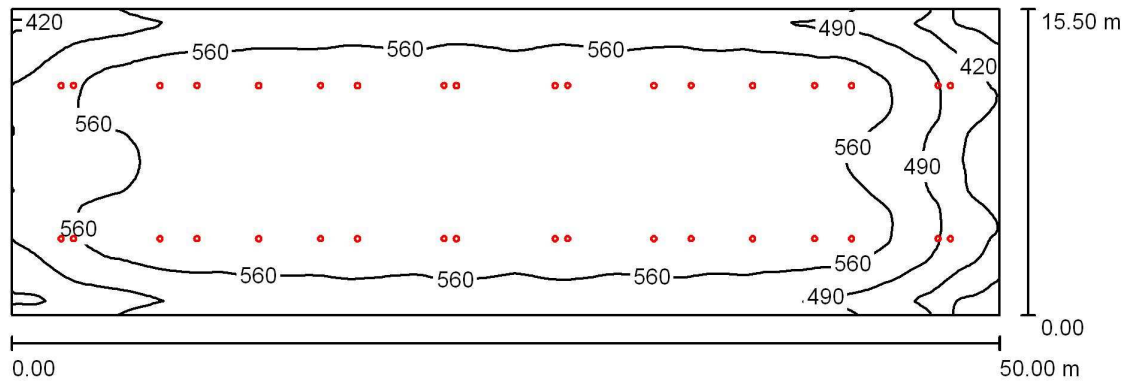
Altura: 0.850 m  
Trama: 64 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas – Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor corrección)	$\Phi$ Luminaria (lm)	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	16	SCHREDER FV32 5068 176 LEDS 500mA NW 331101 (1.000)	26688	33221	268.0
2	8	SCHREDER FV32 5068 88 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	10109	12584	98.0
			Total: 507880	Total: 632208	5072.0

Valor de eficiencia energética:  $13.09 \text{ W/m}^2 = 1.72 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $387.50 \text{ m}^2$ )

#### Tramo 4:



Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 6.000 m,  
Escala 1: 358  
Factor mantenimiento: 0.70

Valores en Lux,

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	555	302	635	0.544
Suelo	31	527	318	597	0.602
Techo	59	189	127	208	0.670
Paredes	59	403	137	675	/

$\rho$  [%] = Índice de reflexión  
 $E_m$  = Iluminancia media  
mínima/  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima

$E_{max}$  = Iluminancia máxima  
 $E_{max}$  = Iluminancia  
Iluminancia media

#### Plano útil:

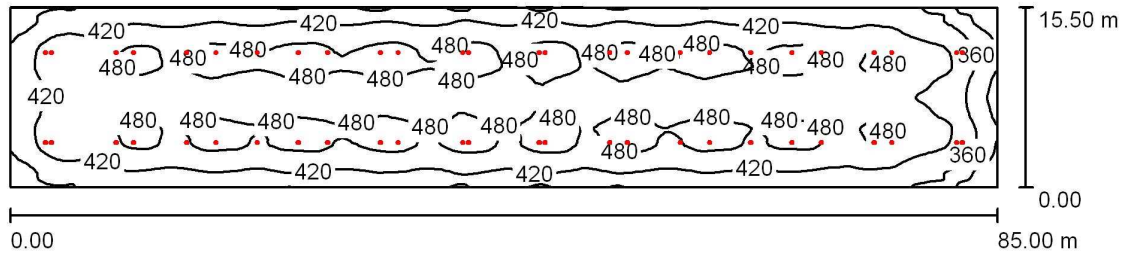
Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

#### Lista de piezas – Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor corrección)	$\Phi$ Luminaria (lm)	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	20	SCHREDER FV32 5068 176 LEDS 500mA NW 331101 (1.000)	26688	33221	268.0
2	16	SCHREDER FV32 5068 88 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	10109	12584	98.0
			Total: 695505	Total: 865764	6928.0

Valor de eficiencia energética:  $8.94 \text{ W/m}^2 = 1.61 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $775.00 \text{ m}^2$ )



**Tramo 5:**

Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 6.000 m,  
Escala 1: 608  
Factor mantenimiento: 0.70

Valores en Lux,

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	444	251	502	0.564
Suelo	31	424	244	473	0.575
Techo	59	151	111	163	0.734
Paredes	59	326	107	620	/

$\rho$  [%] = Índice de reflexión  
 $E_m$  = Iluminancia media  
mínima/  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima

$E_{max}$  = Iluminancia máxima  
 $E_{max}$  = Iluminancia  
Iluminancia media

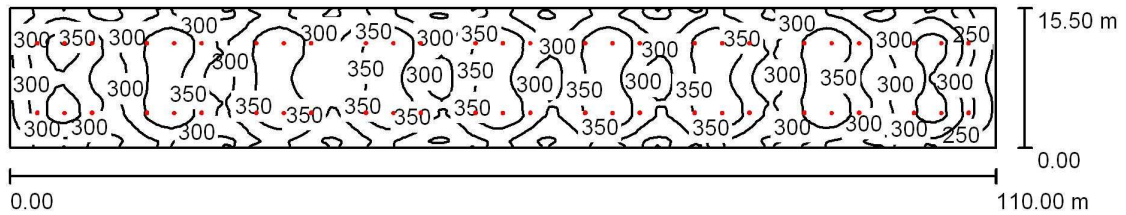
**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas – Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor corrección)	$\Phi$ Luminaria (lm)	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	18	SCHREDER FV32 5068 176 LEDS 500mA NW 331101 (1.000)	26688	33221	268.0
2	36	SCHREDER FV32 5068 88 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	10109	12584	98.0
			Total: 923568	Total: 1149656	9176.0

Valor de eficiencia energética:  $6.96 \text{ W/m}^2 = 1.57 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $1317.50 \text{ m}^2$ )

**Tramo 6:**

Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 6.000 m,  
Escala 1: 787

Valores en Lux,

Factor mantenimiento: 0.70

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	316	161	396	0.510
Suelo	31	302	166	358	0.549
Techo	59	107	76	121	0.713
Paredes	59	232	73	488	/

$\rho$  [%] = Índice de reflexión  
 $E_m$  = Iluminancia media  
mínima/  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima

$E_{max}$  = Iluminancia máxima  
 $E_{max}$  = Iluminancia  
Iluminancia media

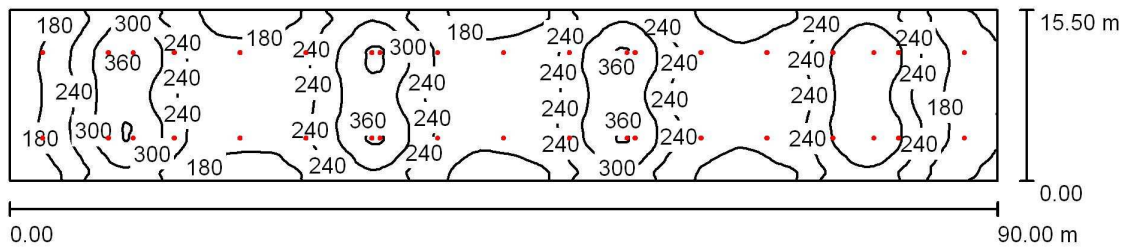
**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas – Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor corrección)	$\Phi$ Luminaria (lm)	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	24	SCHREDER FV32 5068 176 LEDS 500mA NW 331101 (1.000)	26688	33221	268.0
2	28	SCHREDER FV32 5068 88 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	10109	12584	98.0
			Total: 844315	Total: 1051002	8352.0

Valor de eficiencia energética:  $4.90 \text{ W/m}^2 = 1.55 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $1705.00 \text{ m}^2$ )

**Tramo 7:**

Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 6.000 m,  
Escala 1: 644  
Factor mantenimiento: 0.70

Valores en Lux,

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	236	108	369	0.456
Suelo	31	22	110	322	0.487
Techo	59	80	49	101	0.609
Paredes	59	169	52	546	/

$\rho$  [%] = Índice de reflexión  
 $E_m$  = Iluminancia media  
mínima/  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima

$E_{max}$  = Iluminancia máxima  
 $E_{max}$  = Iluminancia  
Iluminancia media

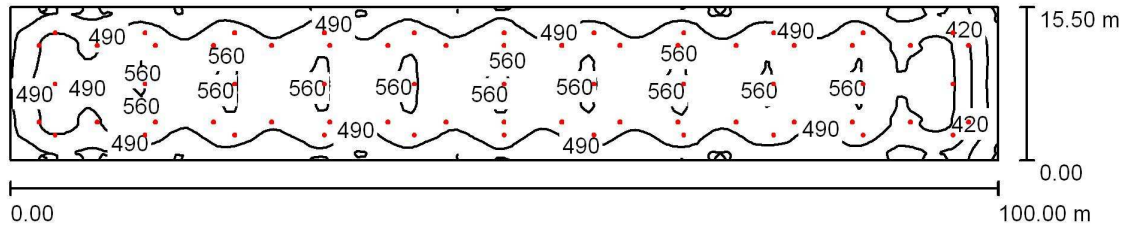
**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas – Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor corrección)	$\Phi$ Luminaria (lm)	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	8	SCHREDER FV32 5068 176 LEDS 500mA NW 331101 (1.000)	26688	33221	268.0
2	30	SCHREDER FV32 5068 88 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	10109	12584	98.0
			Total: 516781	Total: 643288	5084.0

Valor de eficiencia energética:  $3.64 \text{ W/m}^2 = 1.54 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $1395.00 \text{ m}^2$ )

**Tramo 8:**

Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 6.000 m,  
Escala 1: 715  
Factor mantenimiento: 0.70

Valores en Lux,

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	497	273	578	0.549
Suelo	31	476	278	539	0.583
Techo	59	170	214	202	0.727
Paredes	59	373	121	1019	/

$\rho$  [%] = Índice de reflexión  
 $E_m$  = Iluminancia media  
mínima/  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima

$E_{max}$  = Iluminancia máxima  
 $E_{max}$  = Iluminancia  
Iluminancia media

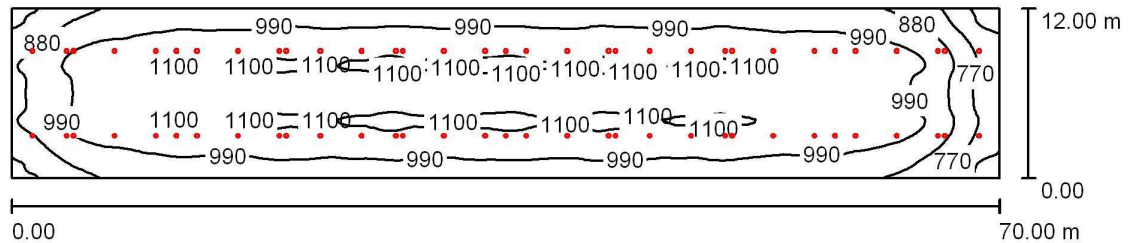
**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas – Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor corrección)	$\Phi$ Luminaria (lm)	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	33	SCHREDER FV32 5068 176 LEDS 500mA NW 331101 (1.000)	26688	33221	268.0
2	34	SCHREDER FV32 5068 88 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	10109	12584	98.0
			Total: 1224414	Total: 1524149	12176.0

Valor de eficiencia energética:  $7.86 \text{ W/m}^2 = 1.58 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $1550.00 \text{ m}^2$ )

**Tubo 2 carriles, definición por tramos (días nublados):****Tramo 1:**

Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 6.000 m,  
Escala 1:501  
Factor mantenimiento: 0.70

Valores en Lux,

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	1007	616	1122	0.612
Suelo	31	951	576	1057	0.606
Techo	59	359	256	393	0.714
Paredes	59	774	268	1385	/

$\rho$  [%] = Índice de reflexión  
 $E_m$  = Iluminancia media  
mínima/  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima

$E_{max}$  = Iluminancia máxima  
 $E_{max}$  = Iluminancia  
Iluminancia media

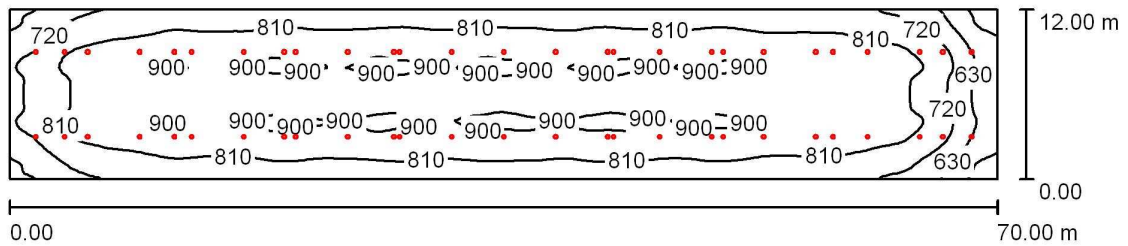
**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas – Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor corrección)	$\Phi$ Luminaria (lm)	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	48	SCHREDER FV32 5068 176 LEDS 500mA NW 331101 (1.000)	26688	33221	268.0
2	18	SCHREDER FV32 5068 88 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	10109	12584	98.0
			Total: 1462984	Total: 1821120	14628.0

Valor de eficiencia energética:  $17.41 \text{ W/m}^2 = 1.73 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $840.00 \text{ m}^2$ )

**Tramo 2:**

Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 6.000 m,  
Escala 1:501

Valores en Lux,

Factor mantenimiento: 0.70

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	824	496	917	0.603
Suelo	31	778	465	866	0.597
Techo	59	293	207	316	0.706
Paredes	59	632	216	113	/

$\rho$  [%] = Índice de reflexión  
 $E_m$  = Iluminancia media  
mínima/  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima

$E_{max}$  = Iluminancia máxima  
 $E_{max}$  = Iluminancia  
Iluminancia media

**Plano útil:**

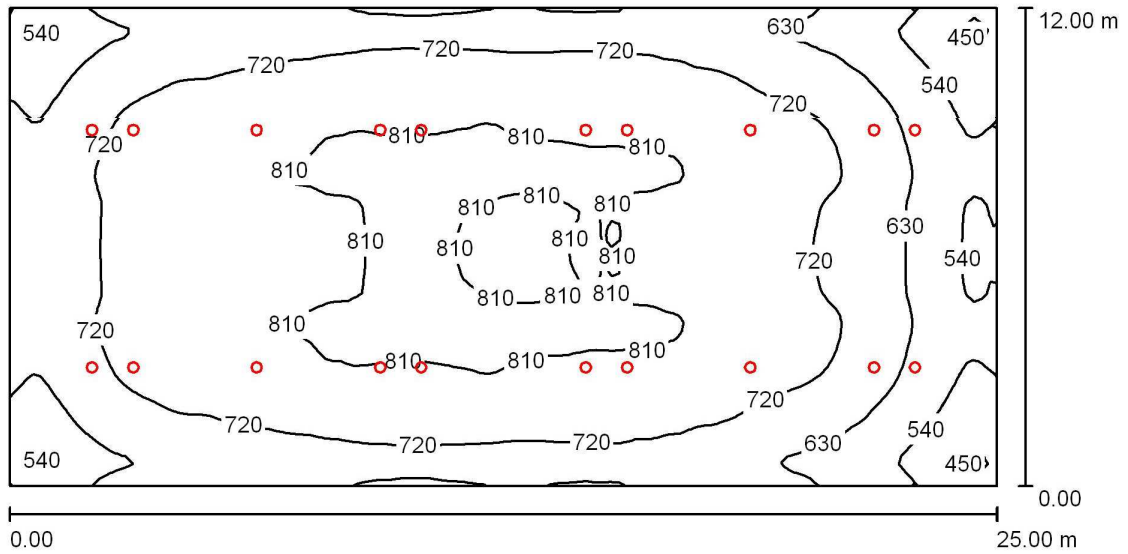
Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas – Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor corrección)	$\Phi$ Luminaria (lm)	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	38	SCHREDER FV32 5068 176 LEDS 500mA NW 331101 (1.000)	26688	33221	268.0
2	18	SCHREDER FV32 5068 88 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	10109	12584	98.0
			Total: 1196105	Total: 1488910	11948.0

Valor de eficiencia energética:  $14.22 \text{ W/m}^2 = 1.73 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $840.00 \text{ m}^2$ )

**Tramo 3:**



Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 6.000 m,  
Escala 1:179  
Factor mantenimiento: 0.70

Valores en Lux,

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	718	419	834	0.583
Suelo	31	672	396	777	0.590
Techo	59	260	188	287	0.725
Paredes	59	542	176	1022	/

$\rho$  [%] = Índice de reflexión  
 $E_m$  = Iluminancia media  
mínima/  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima

$E_{max}$  = Iluminancia máxima  
 $E_{max}$  = Iluminancia  
Iluminancia media

**Plano útil:**

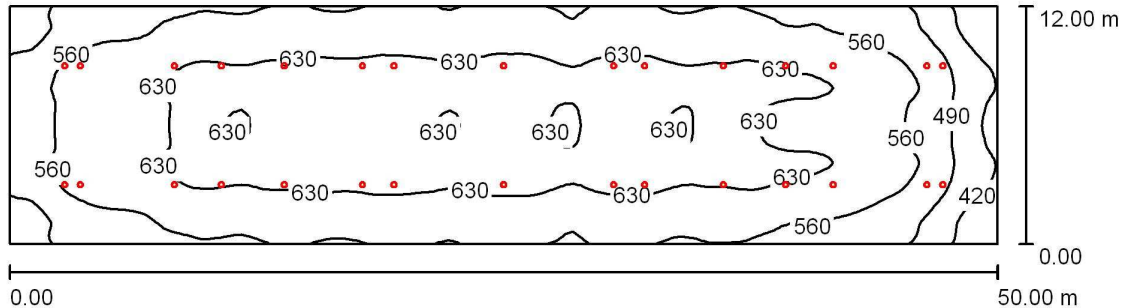
Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas – Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor corrección)	$\Phi$ Luminaria (lm)	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	12	SCHREDER FV32 5068 176 LEDS 500mA NW 331101 (1.000)	26688	33221	268.0
2	8	SCHREDER FV32 5068 88 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	10109	12584	98.0
			Total: 401128	Total: 499324	4000.0

Valor de eficiencia energética:  $13.33 \text{ W/m}^2 = 1.86 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $300.00 \text{ m}^2$ )

#### Tramo 4:



Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 6.000 m,  
Escala 1: 358  
Factor mantenimiento: 0.70

Valores en Lux,

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	591	357	667	0.604
Suelo	31	557	335	62	0.601
Techo	59	210	145	237	0.691
Paredes	59	448	150	1009	/

$\rho$  [%] = Índice de reflexión  
 $E_m$  = Iluminancia media  
mínima/  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima

$E_{max}$  = Iluminancia máxima  
 $E_{max}$  = Iluminancia  
Iluminancia media

#### Plano útil:

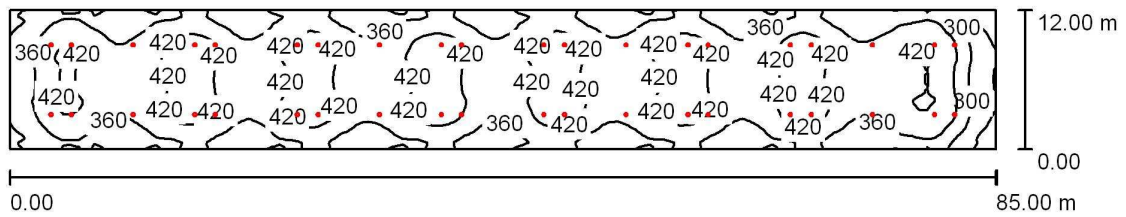
Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

#### Lista de piezas – Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor corrección)	$\Phi$ Luminaria (lm)	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	18	SCHREDER FV32 5068 176 LEDS 500mA NW 331101 (1.000)	26688	33221	268.0
2	14	SCHREDER FV32 5068 88 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	10109	12584	98.0
			Total: 621911	Total: 774154	6196.0

Valor de eficiencia energética:  $10.33 \text{ W/m}^2 = 1.75 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $600.00 \text{ m}^2$ )



**Tramo 5:**

Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 6.000 m,  
Escala 1: 608  
Factor mantenimiento: 0.70

Valores en Lux,

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	383	206	467	0.537
Suelo	31	364	20	422	0.576
Techo	59	136	96	153	0.707
Paredes	59	292	96	789	/

$\rho$  [%] = Índice de reflexión  
 $E_m$  = Iluminancia media  
mínima/  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima

$E_{max}$  = Iluminancia máxima  
 $E_{max}$  = Iluminancia  
Iluminancia media

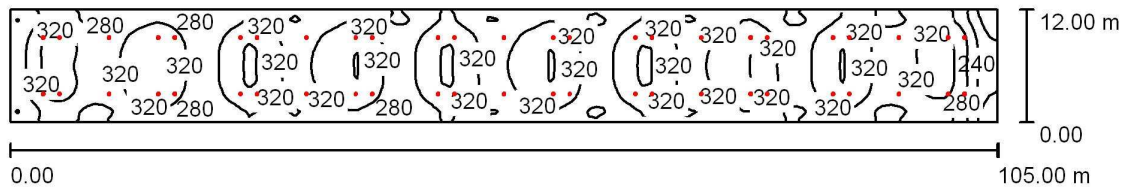
**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas – Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor corrección)	$\Phi$ Luminaria (lm)	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	16	SCHREDER FV32 5068 176 LEDS 500mA NW 331101 (1.000)	26688	33221	268.0
2	24	SCHREDER FV32 5068 88 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	10109	12584	98.0
			Total: 669628	Total: 833552	6640.0

Valor de eficiencia energética:  $6.51 \text{ W/m}^2 = 1.70 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $1020.00 \text{ m}^2$ )

**Tramo 6:**

Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 6.000 m,  
Escala 1:751  
Factor mantenimiento: 0.70

Valores en Lux,

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	313	172	368	0.551
Suelo	31	296	180	337	0.607
Techo	59	110	72	128	0.653
Paredes	59	239	75	594	/

$\rho$  [%] = Índice de reflexión  
 $E_m$  = Iluminancia media  
mínima/  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima

$E_{max}$  = Iluminancia máxima  
 $E_{max}$  = Iluminancia  
Iluminancia media

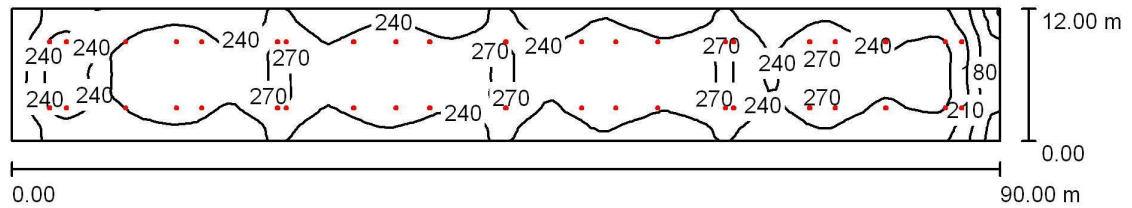
**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 32 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas – Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor corrección)	$\Phi$ Luminaria (lm)	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	20	20 SCHREDER FV32 5068 160 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	26688	33221	179.0
2	30	SCHREDER FV32 5068 88 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	10109	12584	98.0
			Total: 670888	Total: 835120	6520.0

Valor de eficiencia energética:  $5.17 \text{ W/m}^2 = 1.65 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base: 1260.00 m<sup>2</sup>)

**Tramo 7:**

Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 6.000 m,  
Escala 1: 644  
Factor mantenimiento: 0.70

Valores en Lux,

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	241	136	277	0.562
Suelo	31	228	139	258	0.611
Techo	59	85	57	97	0.671
Paredes	59	184	61	518	/

$\rho$  [%] = Índice de reflexión  
 $E_m$  = Iluminancia media  
mínima/  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima

$E_{max}$  = Iluminancia máxima  
 $E_{max}$  = Iluminancia  
Iluminancia media

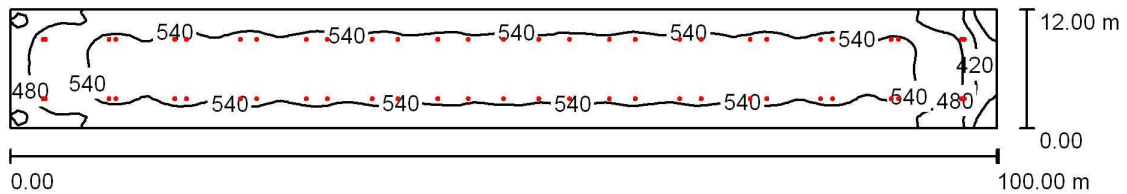
**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 32 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas – Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor corrección)	$\Phi$ Luminaria (lm)	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	44	SCHREDER FV32 5068 88 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	10109	12584	98.0
			Total: 444808	Total: 553696	4312.0

Valor de eficiencia energética:  $3.99 \text{ W/m}^2 = 1.66 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $1080.00 \text{ m}^2$ )

**Tramo 8:**

Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 6.000 m,  
Escala 1: 715  
Factor mantenimiento: 0.70

Valores en Lux,

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	528	312	585	0.590
Suelo	31	201	312	551	0.623
Techo	59	186	127	213	0.679
Paredes	59	406	133	954	/

$\rho$  [%] = Índice de reflexión  
 $E_m$  = Iluminancia media  
mínima/  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima

$E_{max}$  = Iluminancia máxima  
 $E_{max}$  = Iluminancia  
Iluminancia media

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 32 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas – Luminarias**

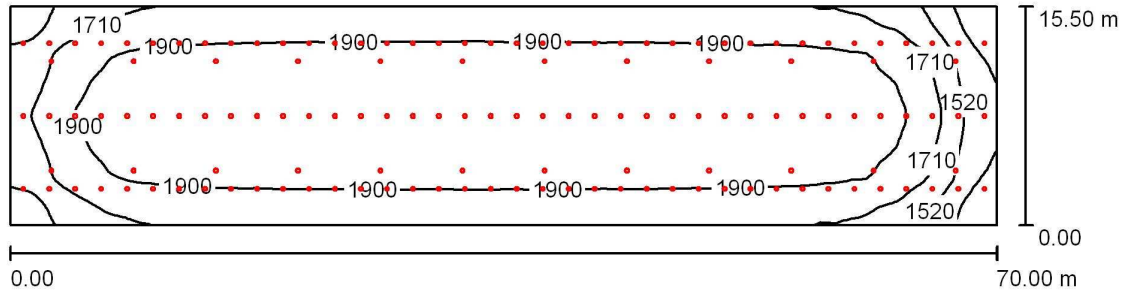
Nº	Pieza	Designación (Factor corrección)	$\Phi$ Luminaria (lm)	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	30	SCHREDER FV32 5068 176 LEDS 500mA NW 331101 (1.000)	26688	33221	268.0
2	28	SCHREDER FV32 5068 88 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	10109	12584	98.0
			Total: 1083695	Total: 1348982	10784.0

Valor de eficiencia energética:  $8.99 \text{ W/m}^2 = 1.70 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $1200.00 \text{ m}^2$ )

### c. Nivel de alumbrado diurno

#### Tubo 3 carriles, definición por tramos (días soleados):

##### Tramo 1:



Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 6.000 m,  
Escala 1:501

Valores en Lux,

Factor mantenimiento: 0.70

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	1873	1168	2085	0.624
Suelo	31	1786	1065	1981	0.596
Techo	59	647	503	693	0.778
Paredes	59	1412	487	3148	/

$\rho$  [%] = Índice de reflexión  
 $E_m$  = Iluminancia media  
mínima/  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima

$E_{max}$  = Iluminancia máxima  
 $E_{max}$  = Iluminancia  
Iluminancia media

#### Plano útil:

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

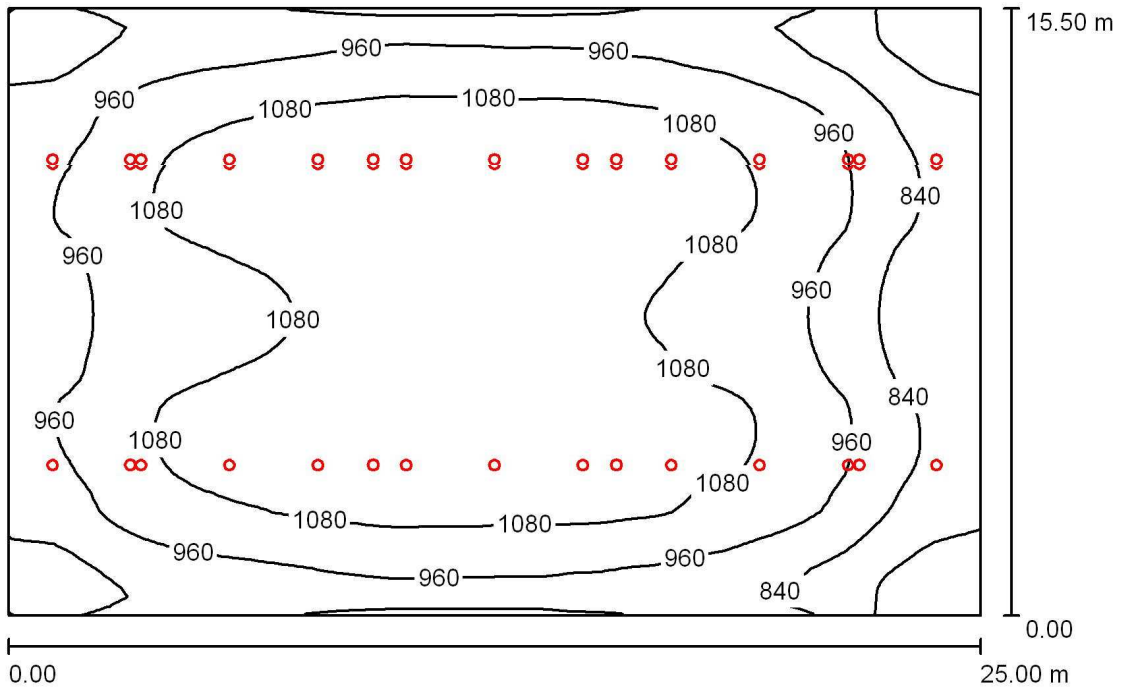
#### Lista de piezas – Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor corrección)	$\Phi$ Luminaria (lm)	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	114	SCHREDER FV32 5068 176 LEDS 500mA NW 331101 (1.000)	26688	33221	268.0
2	24	SCHREDER FV32 5068 88 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	10109	12584	98.0
			Total: 3285037	Total: 4089210	32904.0

Valor de eficiencia energética:  $30.33 \text{ W/m}^2 = 1.62 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $1085.00 \text{ m}^2$ )



**Tramo 3:**



Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 6.000 m,  
Escala 1:120  
Factor mantenimiento: 0.70

Valores en Lux,

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	1000	599	1179	0.599
Suelo	31	941	580	1100	0.616
Techo	59	347	238	398	0.687
Paredes	59	723	244	1978	/

$\rho$  [%] = Índice de reflexión  
 $E_m$  = Iluminancia media  
mínima/  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima

$E_{max}$  = Iluminancia máxima  
 $E_{max}$  = Iluminancia  
Iluminancia media

**Plano útil:**

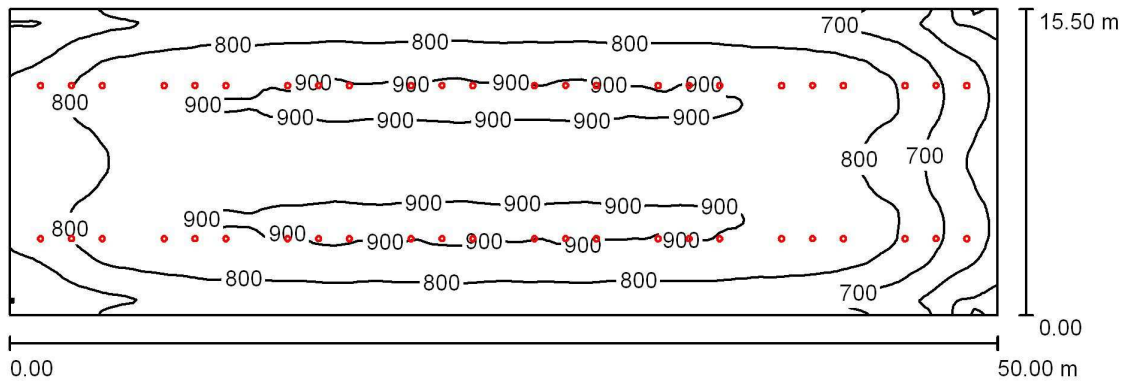
Altura: 0.850 m  
Trama: 64 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas – Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor corrección)	$\Phi$ Luminaria (lm)	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	22	SCHREDER FV32 5068 176 LEDS 500mA NW 331101 (1.000)	26688	33221	268.0
2	8	SCHREDER FV32 5068 88 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	10109	12584	98.0
			Total: 668007	Total: 831534	6680.0

Valor de eficiencia energética:  $17.24 \text{ W/m}^2 = 1.72 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $387.50 \text{ m}^2$ )

**Tramo 4:**



Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 6.000 m, Valores en Lux,  
 Escala 1: 358  
 Factor mantenimiento: 0.70

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	809	448	923	0.554
Suelo	31	769	407	871	0.611
Techo	59	276	199	306	0.720
Paredes	59	590	200	1178	/

$\rho$  [%] = Índice de reflexión  
 $E_m$  = Iluminancia media  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima/  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima

$E_{max}$  = Iluminancia máxima  
 $E_{max}$  = Iluminancia  
 Iluminancia media

**Plano útil:**

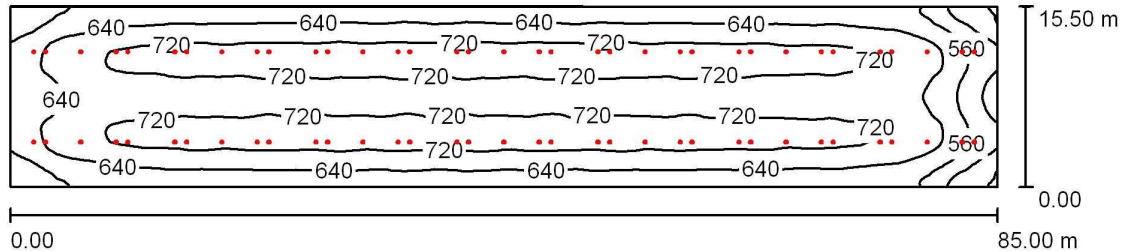
Altura: 0.850 m  
 Trama: 128 x 64 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas – Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor corrección)	$\Phi$ Luminaria (lm)	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	32	SCHREDER FV32 5068 176 LEDS 500mA NW 331101 (1.000)	26688	33221	268.0
2	16	SCHREDER FV32 5068 88 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	10109	12584	98.0
			Total: 1015759	Total: 1264416	10144.0

Valor de eficiencia energética:  $13.09 \text{ W/m}^2 = 1.62 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $775.00 \text{ m}^2$ )



**Tramo 5:**

Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 6.000 m,  
Escala 1: 608  
Factor mantenimiento: 0.70

Valores en Lux,

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	674	384	751	0.570
Suelo	31	643	392	711	0.610
Techo	59	229	164	245	0.71
Paredes	59	496	164	816	/

$\rho$  [%] = Índice de reflexión  
 $E_m$  = Iluminancia media  
mínima/  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima

$E_{max}$  = Iluminancia máxima  
 $E_{max}$  = Iluminancia  
Iluminancia media

**Plano útil:**

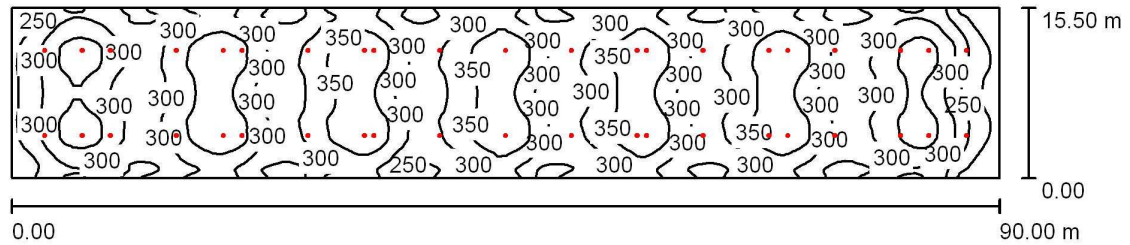
Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas – Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor corrección)	$\Phi$ Luminaria (lm)	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	42	SCHREDER FV32 5068 176 LEDS 500mA NW 331101 (1.000)	26688	33221	268.0
2	28	SCHREDER FV32 5068 88 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	10109	12584	98.0
			Total: 1403949	Total: 1747634	14000.0

Valor de eficiencia energética:  $10.63 \text{ W/m}^2 = 1.58 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $1317.50 \text{ m}^2$ )



**Tramo 7:**

Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 6.000 m,  
Escala 1: 644  
Factor mantenimiento: 0.70

Valores en Lux,

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	309	156	396	0.506
Suelo	31	295	157	355	0.533
Techo	59	104	69	118	0.658
Paredes	59	224	75	577	/

$\rho$  [%] = Índice de reflexión  
 $E_m$  = Iluminancia media  
mínima/  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima

$E_{max}$  = Iluminancia máxima  
 $E_{max}$  = Iluminancia  
Iluminancia media

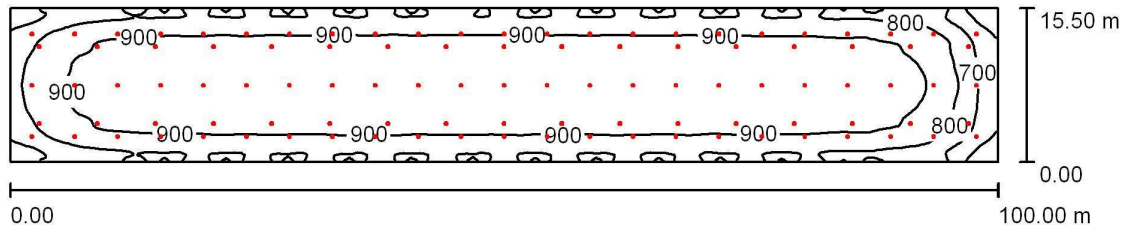
**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas – Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor corrección)	$\Phi$ Luminaria (lm)	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	14	SCHREDER FV32 5068 176 LEDS 500mA NW 331101 (1.000)	26688	33221	268.0
2	30	SCHREDER FV32 5068 88 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	10109	12584	98.0
			Total: 676908	Total: 842614	6692.0

Valor de eficiencia energética:  $4.80 \text{ W/m}^2 = 1.55 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $1395.00 \text{ m}^2$ )

**Tramo 8:**

Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 6.000 m, Valores en Lux,  
 Escala 1: 715  
 Factor mantenimiento: 0.70

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	881	519	974	0.589
Suelo	31	845	500	936	0.592
Techo	59	304	241	383	0.793
Paredes	59	669	230	1142	/

$\rho$  [%] = Índice de reflexión  
 $E_m$  = Iluminancia media  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima/  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima

$E_{max}$  = Iluminancia máxima  
 $E_{max}$  = Iluminancia  
 Iluminancia media

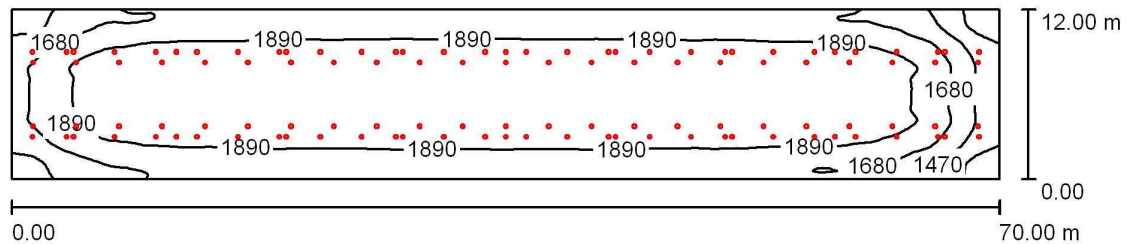
**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
 Trama: 128 x 64 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas – Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor corrección)	$\Phi$ Luminaria (lm)	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	69	SCHREDER FV32 5068 176 LEDS 500mA NW 331101 (1.000)	26688	33221	268.0
2	34	SCHREDER FV32 5068 88 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	10109	12584	98.0
			Total: 2185177	Total: 2720105	21824.0

Valor de eficiencia energética:  $14.08 \text{ W/m}^2 = 1.60 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $1550.00 \text{ m}^2$ )

**Tubo 2 carriles, definición por tramos (días nublados):****Tramo 1:**

Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 6.000 m,  
Escala 1:501  
Factor mantenimiento: 0.70

Valores en Lux,

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	1869	1108	2108	0.592
Suelo	31	1765	1028	1973	0.582
Techo	59	656	456	711	0.694
Paredes	59	1404	488	2591	/

$\rho$  [%] = Índice de reflexión  
 $E_m$  = Iluminancia media  
mínima/  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima

$E_{max}$  = Iluminancia máxima  
 $E_{max}$  = Iluminancia  
Iluminancia media

**Plano útil:**

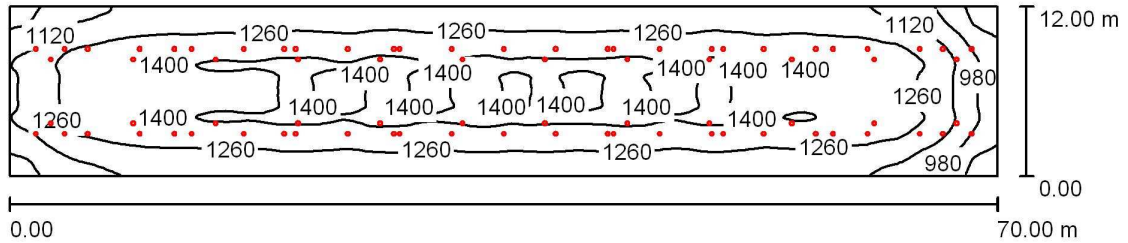
Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas – Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor corrección)	$\Phi$ Luminaria (lm)	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	94	SCHREDER FV32 5068 176 LEDS 500mA NW 331101 (1.000)	26688	33221	268.0
2	18	SCHREDER FV32 5068 88 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	10109	12584	98.0
			Total: 2690625	Total: 3349286	26956.0

Valor de eficiencia energética:  $32.09 \text{ W/m}^2 = 1.72 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $840.00 \text{ m}^2$ )

**Tramo 2:**



Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 6.000 m, Valores en Lux,  
 Escala 1:501  
 Factor mantenimiento: 0.70

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	1275	754	1438	0.591
Suelo	31	1203	703	1346	0.584
Techo	59	448	309	486	0.689
Paredes	59	960	325	1616	/

$\rho$  [%] = Índice de reflexión  
 $E_m$  = Iluminancia media  
 mínima/  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima

$E_{max}$  = Iluminancia máxima  
 $E_{max}$  = Iluminancia  
 Iluminancia media

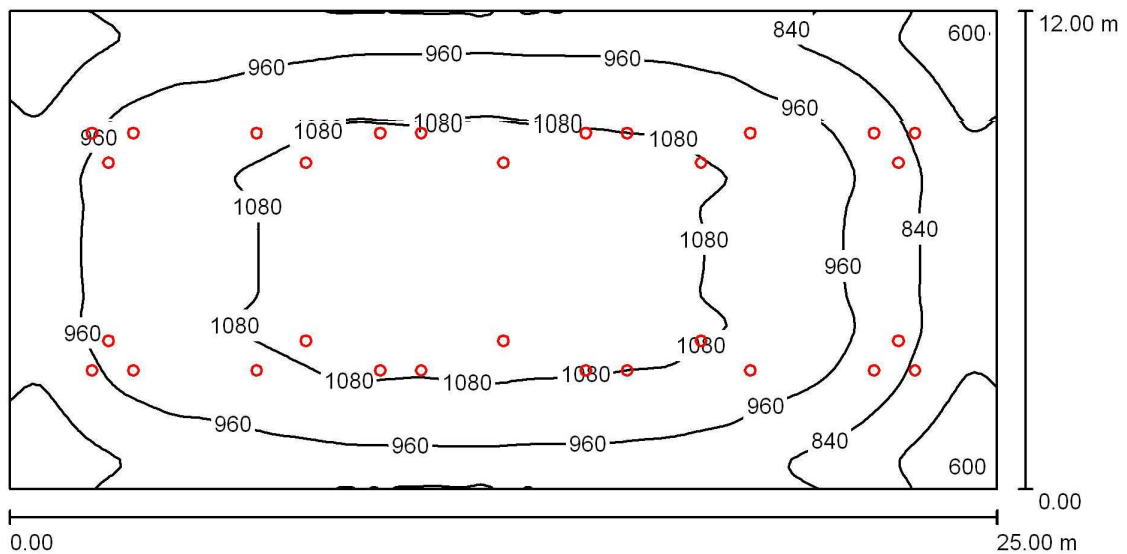
**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
 Trama: 128 x 64 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas – Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor corrección)	$\Phi$ Luminaria (lm)	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	62	SCHREDER FV32 5068 176 LEDS 500mA NW 331101 (1.000)	26688	33221	268.0
2	18	SCHREDER FV32 5068 88 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	10109	12584	98.0
			Total:1836613	Total: 2286214	18380.0

Valor de eficiencia energética:  $21.88 \text{ W/m}^2 = 1.72 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $840.00 \text{ m}^2$ )

**Tramo 3:**

Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 6.000 m,  
Escala 1:179  
Factor mantenimiento: 0.70

Valores en Lux,

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	971	559	1133	0.575
Suelo	31	908	529	1058	0.583
Techo	59	348	254	385	0.730
Paredes	59	724	232	1272	/

$\rho$  [%] = Índice de reflexión  
 $E_m$  = Iluminancia media  
mínima/  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima

$E_{max}$  = Iluminancia máxima  
 $E_{max}$  = Iluminancia  
Iluminancia media

**Plano útil:**

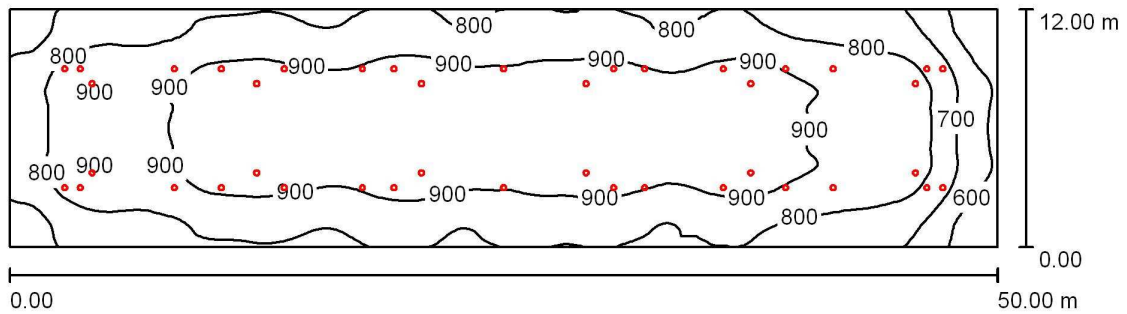
Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas – Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor corrección)	$\Phi$ Luminaria (lm)	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	12	SCHREDER FV32 5068 176 LEDS 500mA NW 331101 (1.000)	26688	33221	268.0
2	10	SCHREDER FV32 5068 120 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	13785	17160	129.0
3	8	SCHREDER FV32 5068 88 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	10109	12584	98.0
			Total: 538982	Total: 670924	5290.0

Valor de eficiencia energética:  $17.63 \text{ W/m}^2 = 1.82 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $300.00 \text{ m}^2$ )

#### Tramo 4:



Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 6.000 m,  
Escala 1: 358  
Factor mantenimiento: 0.70

Valores en Lux,

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	848	494	974	0.582
Suelo	31	799	463	910	0.579
Techo	59	297	198	326	0.667
Paredes	59	632	209	1225	/

$\rho$  [%] = Índice de reflexión  
 $E_m$  = Iluminancia media  
mínima/  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima

$E_{max}$  = Iluminancia máxima  
 $E_{max}$  = Iluminancia  
Iluminancia media

#### Plano útil:

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

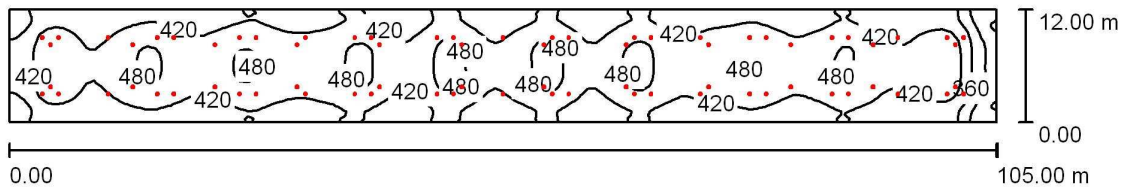
#### Lista de piezas – Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor corrección)	$\Phi$ Luminaria (lm)	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	18	SCHREDER FV32 5068 176 LEDS 500mA NW 331101 (1.000)	26688	33221	268.0
2	12	SCHREDER FV32 5068 192 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	22057	27456	212.0
3	14	SCHREDER FV32 5068 88 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	10109	12584	98.0
			Total: 886590	Total: 1103626	8740.0

Valor de eficiencia energética:  $14.57 \text{ W/m}^2 = 1.72 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $600.00 \text{ m}^2$ )





**Tramo 6:**

Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 6.000 m,  
Escala 1:751  
Factor mantenimiento: 0.70

Valores en Lux,

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	428	233	503	0.544
Suelo	31	406	244	463	0.601
Techo	59	150	97	183	0.647
Paredes	59	234	101	733	/

$\rho$  [%] = Índice de reflexión  
 $E_m$  = Iluminancia media  
mínima/  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima

$E_{max}$  = Iluminancia máxima  
 $E_{max}$  = Iluminancia  
Iluminancia media

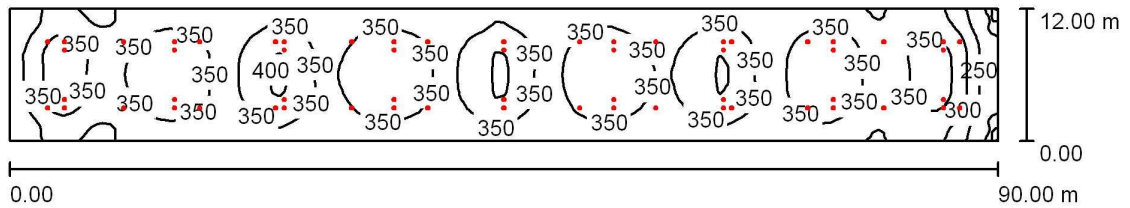
**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 32 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas – Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor corrección)	$\Phi$ Luminaria (lm)	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	20	20 SCHREDER FV32 5068 160 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	26688	33221	179.0
2	54	SCHREDER FV32 5068 88 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	10109	12584	98.0
			Total: 91350	Total: 1137136	8872.0

Valor de eficiencia energética:  $7.04 \text{ W/m}^2 = 1.64 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $1260.00 \text{ m}^2$ )

**Tramo 7:**

Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 6.000 m,  
Escala 1: 644  
Factor mantenimiento: 0.70

Valores en Lux,

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	342	184	409	0.538
Suelo	31	323	193	372	0.597
Techo	59	119	79	134	0.667
Paredes	59	257	86	684	/

$\rho$  [%] = Índice de reflexión  
 $E_m$  = Iluminancia media  
mínima/  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima

$E_{max}$  = Iluminancia máxima  
 $E_{max}$  = Iluminancia  
Iluminancia media

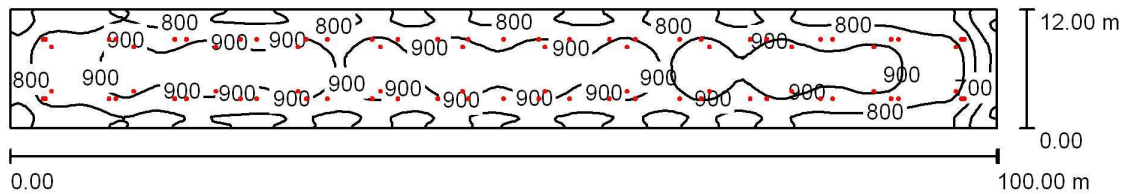
**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 32 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas – Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor corrección)	$\Phi$ Luminaria (lm)	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	62	SCHREDER FV32 5068 88 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	10109	12584	98.0
			Total: 626774	Total: 780208	6076.0

Valor de eficiencia energética:  $5.63 \text{ W/m}^2 = 1.65 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $1080.00 \text{ m}^2$ )

**Tramo 8:**

Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 6.000 m,  
Escala 1: 715  
Factor mantenimiento: 0.70

Valores en Lux,

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	849	484	968	0.571
Suelo	31	805	490	903	0.609
Techo	59	299	195	381	0.652
Paredes	59	639	206	1325	/

$\rho$  [%] = Índice de reflexión  
 $E_m$  = Iluminancia media  
mínima/  
 $E_{min}$  = Iluminancia mínima

$E_{max}$  = Iluminancia máxima  
 $E_{max}$  = Iluminancia  
Iluminancia media

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 32 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas – Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor corrección)	$\Phi$ Luminaria (lm)	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	54	SCHREDER FV32 5068 176 LEDS 500mA NW 331101 (1.000)	26688	33221	268.0
2	28	SCHREDER FV32 5068 88 LEDS 350mA NW 331101 (1.000)	10109	12584	98.0
			Total: 1724203	Total: 2146286	17216.0

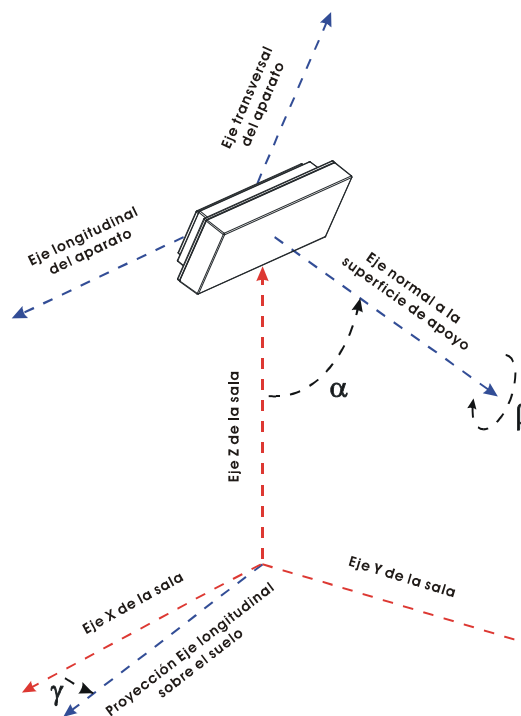
Valor de eficiencia energética:  $14.35 \text{ W/m}^2 = 1.69 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $1200.00 \text{ m}^2$ )

#### d. Alumbrado de seguridad

Siguiendo las normativas referentes a la instalación de emergencia (entre ellas el Código Técnico de la Edificación), no se tiene en cuenta la reflexión de paredes y techos. De esta forma, el programa DAISA efectúa un cálculo de mínimos. Asegura que el nivel de iluminación recibido sobre el suelo es siempre, igual o superior al calculado.

No es correcto utilizar este programa para efectuar informes con referencias que no estén introducidas en los catálogos Daisalux. En ningún caso se pueden extrapolar resultados a otras referencias de otros fabricantes por similitud en lúmenes declarados. Los mismos lúmenes emitidos por luminarias de distinto tipo pueden producir resultados de iluminación absolutamente distintos. La validez de los datos se basa de forma fundamental en los datos técnicos asociados a cada referencia: los lúmenes emitidos y la distribución de la emisión de cada tipo de aparato.

Definición de ejes y ángulos:

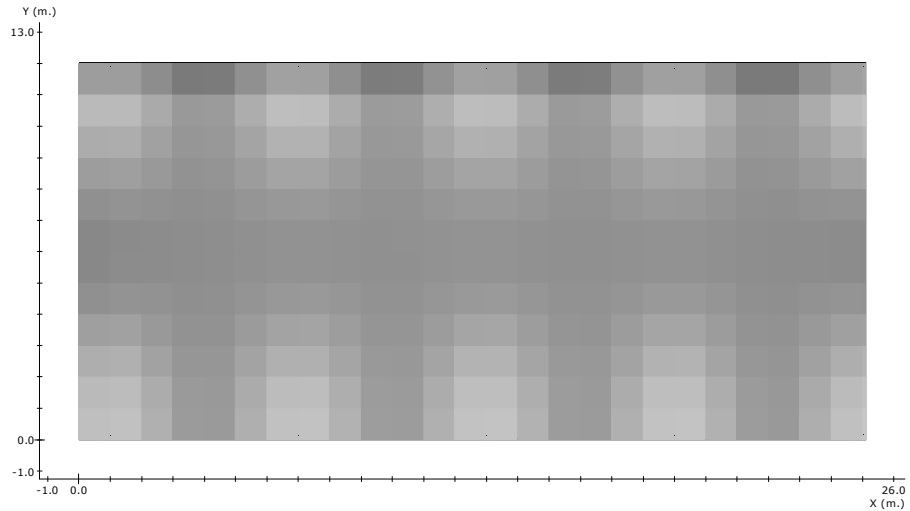


$\gamma$ : Ángulo que forman la proyección del eje longitudinal del aparato sobre el plano del suelo y el eje X del plano (Positivo en sentido contrario a las agujas del reloj cuando miramos desde el techo). El valor 0 del ángulo es cuando el eje longitudinal de la luminaria es paralelo al eje X de la sala.

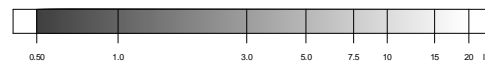
$\alpha$ : Ángulo que forma el eje normal a la superficie de fijación del aparato con el eje Z de la sala. (Un valor 90 es colocación en pared y 0 colocación en techo).

$\beta$ : Autogiro del aparato sobre el eje normal a su superficie de amarre.

**Tubo 3 carriles:**



Legenda:



Factor de Mantenimiento: 0.700  
 Resolución del Cálculo: 0,5 m.

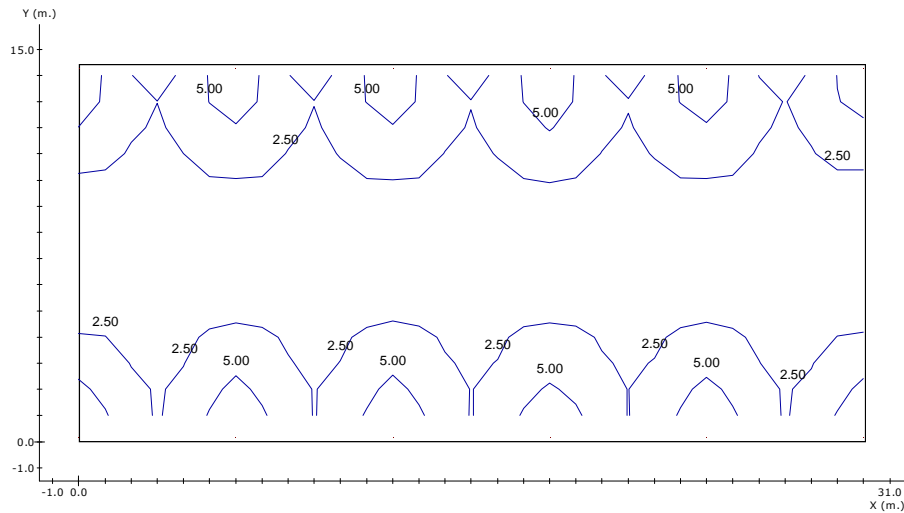
	Objetivo	Resultado
Superficie cubierta	Con 0,50 lx o más	100% de 434 m <sup>2</sup>
Lúmenes/m <sup>2</sup>	-----	15,76 lm/m <sup>2</sup>
Illuminación media	Recomendado 10 lx	3,10 lux

El cálculo de la iluminación de emergencia se ha realizado por semejanza y se ha estudiado en este caso un tramo de 30 metros, por tanto:

En 30 metros 6 emergencias por semejanza en 600 metros de túnel 120 emergencias por 2 carriles 240 emergencias.

$$\text{Potencia} = 240 \cdot 11 \text{ W} = \mathbf{2640 \text{ W}}$$

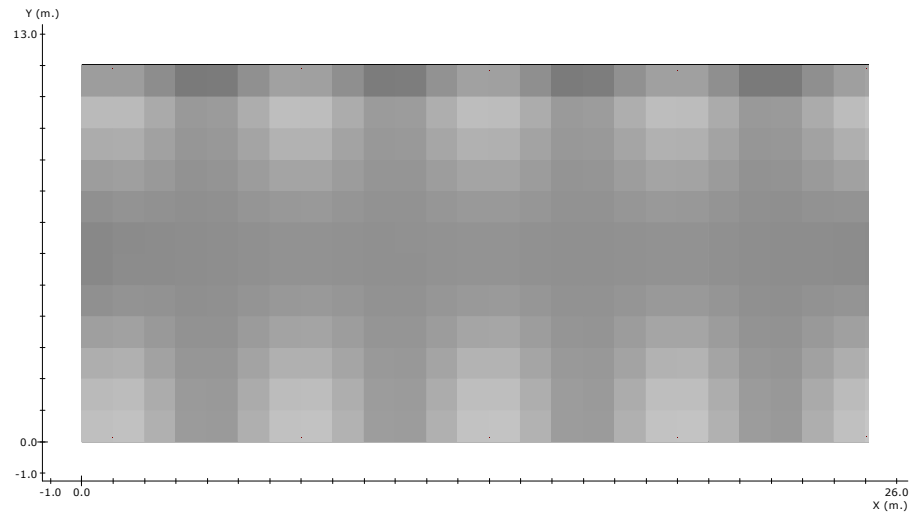
$$\text{Potencia salidas de emergencia y galerías} = 45 \cdot 11 \text{ W} = \mathbf{495 \text{ W}}$$



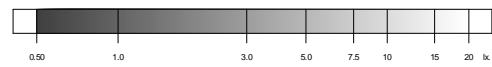
$$\text{Potencia total} = \mathbf{3135 \text{ W}}$$

Curvas Isolux en el plano 0,5 m

**Tubo 2 carriles:**



Legenda:



Factor de Mantenimiento: 0.700  
 Resolución del Cálculo: 0,5 m.

	Objetivo	Resultado
Superficie cubierta	Con 0,50 lx o más	100% de 312 m <sup>2</sup>
Lúmenes/m <sup>2</sup>	-----	18,27 lm/m <sup>2</sup>
Iluminación media	Recomendado 10 lUX	3,22 lux



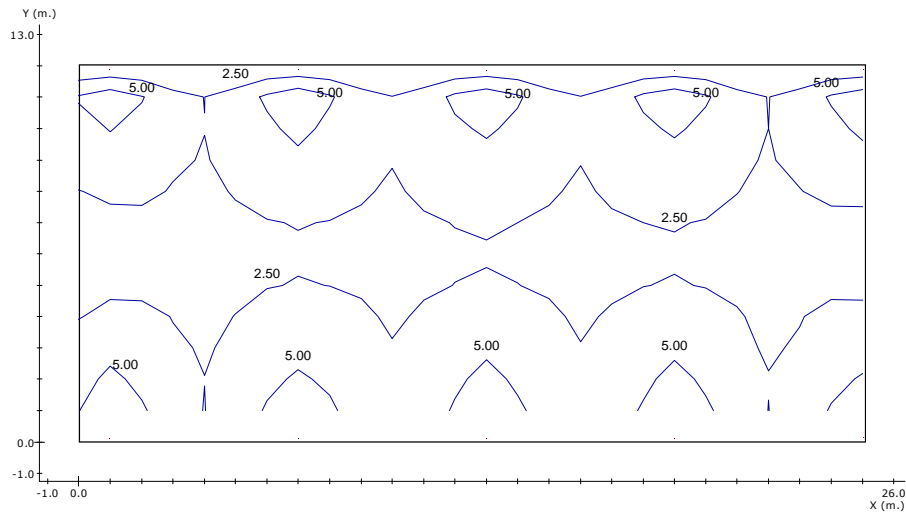
El cálculo de la iluminación de emergencia se ha realizado por semejanza y se ha estudiado en este caso un tramo de 30 metros, por tanto:

En 30 metros 6 emergencias por semejanza en 600 metros de túnel 120 emergencias por 2 carriles 240 emergencias.

Potencia =  $240 \cdot 11 \text{ W} = \mathbf{2640 \text{ W}}$

Potencia salidas de emergencia y galerías =  $45 \cdot 11 \text{ W} = \mathbf{495 \text{ W}}$

Potencia total =  $\mathbf{3135 \text{ W}}$

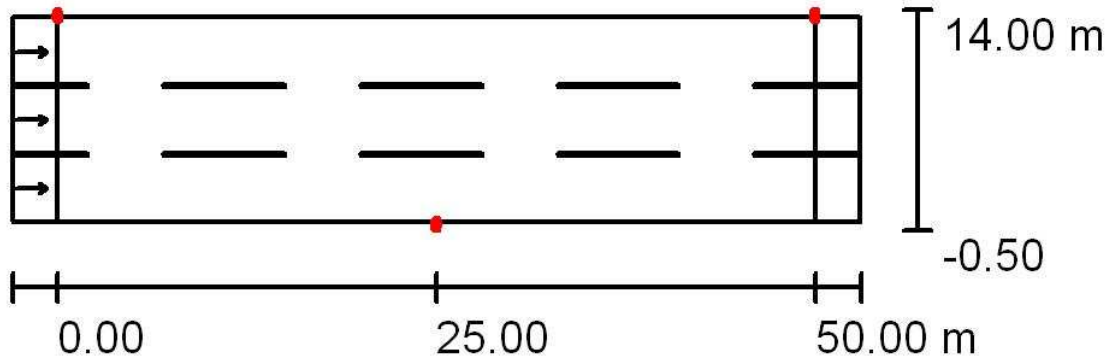


#### e. Alumbrado exterior

##### Acceso y salida tubo de 3 carriles:

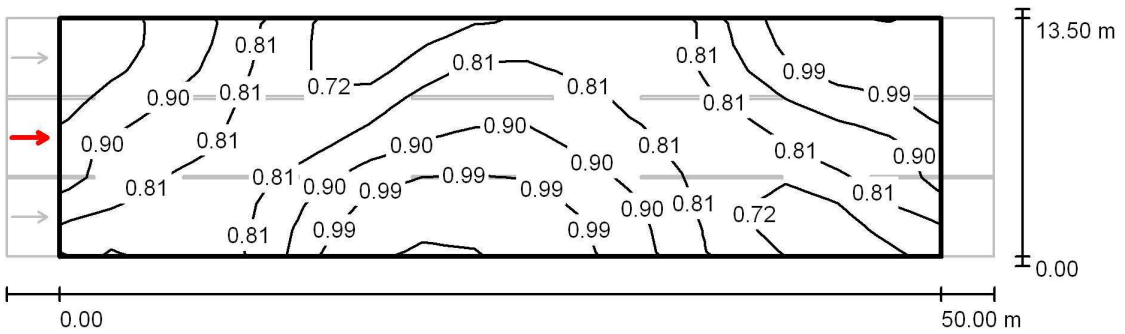
Calzada 1 (Anchura: 13.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R1,  $q_0$ : 0.100), Factor mantenimiento: 0.70

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SCHREDER TECEO 2 / 5121 / 96 LEDS 350mA WW / 331472  
 Flujo luminoso (Luminaria): 11075 lm  
 Flujo luminoso (Lámparas): 13056 lm  
 Potencia de las luminarias: 102.0 W  
 Organización: bilateral desplazado  
 Distancia entre mástiles: 50.000 m  
 Altura de montaje (1): 9.960m  
 Lámpara: 1 x 96 LEDS 350mA WW (Factor de corrección 1.000).

Calle 1 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1:401

Trama: 17 x 9 Puntos  
 Posición del observador: (-60.000 m, 6.750 m, 1.500 m)  
 Revestimiento de la calzada: R1, q0: 0.100

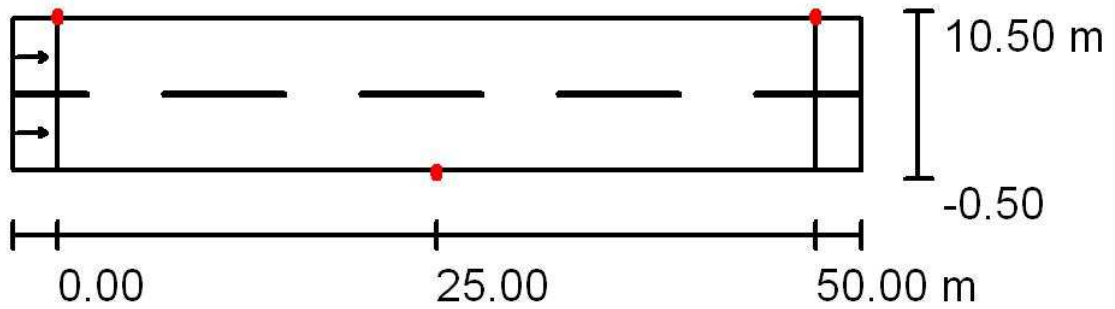
	Lm [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
Valores reales de calculo	0,86	0,75	0,80	2
Valores de consigna según clase ME4a	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15
Cumplido/No cumplido:	si	si	si	si

Tramo estudiado 50 m, tramo total 400 m por tanto  
 102 W · 17 luminarias = 1734 W x 2 tramos = 3468 W  
**Potencia total tramos Entrada y Salida = 3468 W**

**Acceso y salida tubo de 2 carriles:**

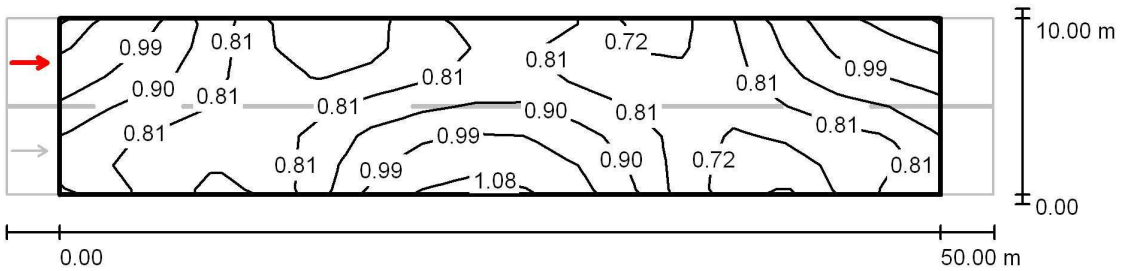
Factor mantenimiento: 0.70  
 Calzada 1 (Anchura: 13.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R1, q0: 0.100)

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SCHREDER TECEO 2 / 5121 / 96 LEDS 350mA WW / 331472  
 Flujo luminoso (Luminaria): 11075 lm  
 Flujo luminoso (Lámparas): 13056 lm  
 Potencia de las luminarias: 102.0 W  
 Organización: bilateral desplazado  
 Distancia entre mástiles: 50.000 m  
 Altura de montaje (1): 9.960m  
 Lámpara: 1 x 96 LEDS 350mA WW (Factor de corrección 1.000).

Calle 1 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m<sup>2</sup>, Escala 1:401

Trama: 17 x 9 Puntos  
 Posición del observador: (-60.000 m, 6.750 m, 1.500 m)  
 Revestimiento de la calzada: R1, q0: 0.100

	Lm [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	U1	Tl [%]
Valores reales de calculo	0,85	0,74	0,63	2
Valores de consigna según clase ME4a	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15
Cumplido/No cumplido:	si	si	si	si

Tramo estudiado 50 m, tramo total 400 m por tanto:  
 102 W · 17 luminarias = 1734 W x 2 tramos = 3468 W  
**Potencia total tramos Entrada y Salida = 3468 W**

## F. Instalación eléctrica

### a. Líneas

#### 1. Canalizaciones

Se construirán canalizaciones hormigonadas bajo tubo para la instalación de los nuevos cables de media tensión, así como otras desde los cuartos técnicos para la alimentación de las instalaciones interiores de los túneles. En todas ellas se instalarán a una distancia máxima de 40 metros arquetas para paso de cableado así como para el cambio de dirección del mismo. Los tubos serán corrugados de doble pared de  $\varnothing$  160 mm para la media tensión y de  $\varnothing$  110 mm para la baja tensión [REBT 2002].

Se instalarán bandejas metálicas sin tapa para alojar los circuitos de alimentación en los equipos por ambos hastiales de los túneles. Las bandejas serán de tres tipos:

- Media tensión.
- Alumbrado y fuerza (divididos por un separador).
- Alumbrado, fuerza y comunicaciones (divididos por dos separadores)

En los cuartos técnicos se instalarán bandejas plásticas libres de halógenos para la conducción del cableado. En estos cuartos también se construirán canalizaciones en el suelo para la conducción de los cables de media tensión.

Se utilizarán tubos de acero galvanizado para la conducción final del cableado a los equipos. También se utilizarán para alojar los circuitos de la iluminación de guiado a lo largo de los hastiales del túnel, así como sus cables de telemando correspondientes.

#### 2. Conductores activos y de puesta a tierra

Toda la instalación de B.T. por el interior del túnel irá sobre bandeja perforada a una altura de 6 metros. El cruce de calzada para la alimentación del lado del túnel opuesto al C.T. se realizará también por bandeja a la misma altura.

La bandeja presentará las características mínimas que se exigen en la instrucción ITC-BT-29, al ser una instalación con riesgo de incendio, la cual dicta que el grado de resistencia de penetración de objetos no será menor de 2.

El cable usado es RZ1- K(AS) 0,6/1KV, entubados según la ITC-BT-21, con una sección de neutro igual a la sección de las fases. Las secciones e intensidades de cada circuito se encuentran detalladas en el anexo de cálculos.

Los conductores de protección usados tendrán la misma sección que los conductores de fase al formar parte de la canalización de alimentación. A este conductor se le identificará por el color verde-amarillo.

Las derivaciones a las luminarias de emergencia se efectuarán bajo tubo protector y con la unión protectora correspondiente entre tubo y luminaria.

La caída de tensión permitida en la instalación, al ser un C.T. propio, es de 4,5 % en circuitos de alumbrado y 6,5 % para los demás usos.

Las luminarias instaladas son monofásicas, por lo que habrá que tener en cuenta el equilibrado de cargas ya descrito en su apartado correspondiente.

El enganche de la luminaria monofásica a la red trifásica se hará mediante cajas de derivación y la protección eléctrica ya viene incluida en la propia luminaria.

En ningún caso se permitirá la unión de conductores mediante conexiones y/o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que se deberá realizar siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse así mismo, la utilización de bridas de conexión. Siempre deberán realizarse en el interior de cajas de empalme y/o de derivación.

El alumbrado exterior tendrá su correspondiente toma de tierra según la reglamentación con lo cual la primera, la última y cada 5 farolas se instalará una toma de tierra (pica).

**b. Cálculos eléctricos****Método de cálculo de intensidades admisibles y caídas de tensión**

Los criterios empleados serán:

- Intensidad máxima admisible por el conductor. Protecciones fusibles.
- Caída de tensión máxima admisible en la línea.
- Determinación de la máxima intensidad de cortocircuito en la línea. Protección fusible.

Estas últimas comprobando que la intensidad sea la idónea para la que están calculados, y para la línea comprobando que en ella no se produzcan caídas de tensión superiores a las permitidas y que la sección de las misma permita la necesaria densidad de corriente.

**Intensidad máxima admisible por los cables y protecciones fusibles**

Con el criterio de densidad de corriente se establecen las instalaciones máximas admisibles para cada sección de conductor dependiendo de si es cobre o aluminio.

Con objeto de cumplir lo prescrito en el REBT y en particular las instrucciones ITC-BT-07, ITC-BT-09 y ITC-BT-19.

Las fórmulas para determinar la intensidad que circulará por los conductores son las siguientes

Circuito trifásico	Circuito Monofásico
$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi}$	$I = \frac{P}{U \times \cos \varphi}$

Donde:

I: Intensidad en A.

U: Tensión de servicio en V. 400/ 230 V

Cos  $\varphi$ : Factor de potencia. 0,9

P: Potencia en W.

**Conductividad eléctrica:**

$$K = \frac{1}{\rho}$$

$$\rho = \rho_{20} [1 + \alpha(T - 20)]$$

$$T = T_0 + \left[ (T_{\max} - T_0) \times \left( \frac{I}{I_{\max}} \right)^2 \right]$$

Siendo,

K = Conductividad del conductor a la temperatura T.

$\rho$  = Resistividad del conductor a la temperatura T.

$\rho_{20}$  = Resistividad del conductor a 20°C.

Cu = 0.018

Al = 0.029

$\alpha$  = Coeficiente de temperatura:

Cu = 0.00392

Al = 0.00403

T = Temperatura del conductor (°C).

$T_0$  = Temperatura ambiente ( $^{\circ}\text{C}$ ):

Cables enterrados =  $25^{\circ}\text{C}$

Cables al aire =  $40^{\circ}\text{C}$

$T_{\text{max}}$  = Temperatura máxima admisible del conductor ( $^{\circ}\text{C}$ ):

XLPE, EPR =  $90^{\circ}\text{C}$

PVC =  $70^{\circ}\text{C}$

$I$  = Intensidad prevista por el conductor (A).

$I_{\text{max}}$  = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

### Sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

Donde:

$I_b$ : Intensidad utilizada en el circuito.

$I_z$ : Intensidad admisible de la canalización según la norma UNE 20-460/5-523.

$I_n$ : Intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables,  $I_n$  es la intensidad de regulación escogida.

$I_2$ : Intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica  $I_2$  se toma igual:

- A la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos ( $1,45 I_n$  como máximo).

- A la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles ( $1,6 I_n$ ).

### Caídas de tensión en los nudos de la red

La caída de tensión permitida en la instalación, al ser un C.T. propio, es de 4,5 % en circuitos de alumbrado y 6,5 % para los demás usos. (ICT-BT 19)

Las fórmulas a emplear son las siguientes:

Circuito trifásico	Circuito Monofásico
$\Delta U = \sqrt{3}xI \left[ \left( \frac{Lx\text{Cos}\varphi}{KxSxn} \right) + \left( \frac{X_u xLx\text{Sen}\varphi}{1000xn} \right) \right]$	$\Delta U = 2xI \left[ \left( \frac{Lx\text{Cos}\varphi}{KxSxn} \right) + \left( \frac{X_u xLx\text{Sen}\varphi}{1000xn} \right) \right]$

Donde:

$\Delta U$ : Caída de tensión en V.

$I$ : Intensidad en A.

$L$ : Longitud en m.

$K$ : Conductividad

$S$ : Sección del conductor en  $\text{mm}^2$

$n$ : Número de conductores por fase

### Máximas corrientes de cortocircuito

La protección del conductor contra sobrecargas y cortocircuitos se realizará mediante fusibles instalados en el cuadro de baja del C.T.

Una vez calculado el valor de intensidad máxima de cortocircuito en la línea se establecerá el valor de la protección fusible acorde a la máxima intensidad admisible por el conductor y a la longitud de la línea.

### Formulas empleadas

$$I_{p_{cc}} I = \frac{C_t \times U}{\sqrt{3} \times Z_t}$$

Siendo,

$I_{p_{cc}}$ : intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en kA.

$C_t$ : Coeficiente de tensión obtenido de condiciones generales de c.c.

$U$ : Tensión trifásica en V, obtenida de condiciones generales de proyecto.

$Z_t$ : Impedancia total en mohm, aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio).

$$I_{p_{cc}} F = \frac{C_t \times U_f}{2 \times Z_t}$$

Siendo,

$I_{p_{cc}} F$ : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en kA.

$C_t$ : Coeficiente de tensión obtenido de condiciones generales de c.c.

$U_f$ : Tensión monofásica en V, obtenida de condiciones generales de proyecto.

$Z_t$ : Impedancia total en mohm, incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen mas la propia del conductor o línea).

La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_t = (R_t^2 + X_t^2)^{1/2}$$

Siendo,

$R_t$ :  $R_1 + R_2 + \dots + R_n$  (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$X_t$ :  $X_1 + X_2 + \dots + X_n$  (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$$R = L \times 1000 \times \frac{C_R}{K} \times S \times n \quad (\text{mohm})$$

$$R = X_U \times \frac{L}{n} \quad (\text{mohm})$$

$R$ : Resistencia de la línea en mohm.

$X$ : Reactancia de la línea en mohm.

$L$ : Longitud de la línea en m.

$C_R$ : Coeficiente de resistividad, extraído de condiciones generales de c.c.

$K$ : Conductividad del metal;  $K_{Cu} = 56$ ;  $K_{Al} = 35$ .

$S$ : Sección de la línea en  $\text{mm}^2$ .

$X_U$ : Reactancia de la línea, en mohm, por metro.

$n$ : nº de conductores por fase.

El tiempo máximo soportado por el conductor para una  $I_{pcc}$ :

$$t_m I_{pcc} = \frac{C_C \times S^2}{I_{pcc} F^2}$$

Siendo,

$t_m I_{pcc}$ : Tiempo máximo en sg que un conductor soporta una  $I_{pcc}$ .

$C_C$ : Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento.

$S$ : Sección de la línea en  $\text{mm}^2$ .

$I_{p_{cc}} F$ : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

Tiempo de fusión del fusible:

$$t_{ficc} = \frac{cte_{fusable}}{I_{pcc} F^2}$$

Siendo,

$t_{ficc}$ : tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito.

$I_{pcc} F$ : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

Longitud máxima del conductor protegido por fusible:

$$L_{max} = \frac{0,8 \times U_F}{2 \times I_{F5} \times \sqrt{(1,5 / K \cdot S \cdot n)^2 + (X_u / n \cdot 1000)^2}}$$

Siendo,

$L_{max}$ : Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusibles)

$U_F$ : Tensión de fase (V)

K: Conductividad - Cu: 56, Al: 35

S: Sección del conductor (mm<sup>2</sup>)

$X_u$ : Reactancia por unidad de longitud (mohm/m). En conductores aislados suele ser 0,08.

n: nº de conductores por fase

C<sub>t</sub> = 0,8: Es el coeficiente de tensión de condiciones generales de c.c.

C<sub>R</sub> = 1,5: Es el coeficiente de resistencia.

$I_{F5}$  = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 sg.

## 2. Resultados obtenidos

Todos los resultados obtenidos han sido detallados en el apartado de cálculo luminotécnico y realizados mediante el programa de cálculo de iluminación DIALux.

## G. Conclusión y firma:

Considerando que con lo anteriormente expuesto se habrá justificado suficientemente, el anejo de baja tensión, damos por concluido este quedando así mismo a disposición de los Organismos Oficiales que les sea de su competencia, para cuantas aclaraciones o correcciones estimasen oportunas.

**Coria, Marzo de 2015**

**El alumno.**

**Fdo: José Ignacio Alcoba Iglesias**



# **VI.- ANEJO DE GESTION DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN**

**Titulo: INSTALACION ELECTRICA DE UN TUNEL DE AUTOPISTA**

**Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR**

**D. ROBERTO REDONDO MELCHOR**

**Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS**

**Índice:**

<b>Anejo de gestión de residuos de la construcción y Demolición</b>	<b>2</b>
A. Introducción y objeto del anejo	2
a.Objeto	2
b.Contenido del documento	2
B. Normativa aplicada	3
C. Identificación de residuos y cantidades	3
a.Identificación de los residuos	3
b.Estimación de la cantidad de cada tipo de residuo que se genera en la obra	7
D. Medidas para la reducción de residuos en obra	10
a.Previsión de reutilización en la misma obra u otros emplazamientos	10
E. Reutilización, valorización o eliminación de residuos de obra	10
b. Operaciones de valorización “in situ”	11
c. Destino previsto para los residuos	12
d. Valoración del coste previsto para la correcta gestión de los RCDs	14
F. Medidas para la separación de residuos en la obra	16
a.Instalaciones para el almacenamiento, manejo y otras operaciones de gestión	16
G.-Pliego condiciones administrativas para la Gestión de residuos en la obra del Proyecto	16
a.-Definición de los agentes que intervienen en la Gestión	17
b.- Obligaciones de los agentes en la Gestión	17
b.1.- Obligaciones del productor	17
b.2.- Obligaciones del poseedor	18
b.3.- Obligaciones del gestor	18
c.- Desarrollo de los trabajos de la Gestión de Residuos	18
d.- Coste de la Gestión	19
H. Conclusión y firma	19

### **III. -Anejo de gestión de residuos de la construcción y demolición.**

#### **A. -Introducción y objeto del anejo**

##### **a. -Objeto**

El Real Decreto 105/2008 de 1 de Febrero establece las disposiciones relativas a la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, de acuerdo con el artículo 1.2 de la Ley 10/1998, de 21 de Abril, de Residuos con el objetivo final de prevenir la incidencia ambiental de los mismos y contribuir a un desarrollo sostenible de la actividad de construcción.

Entre las obligaciones que impone el mencionado RD 105/2008 al titular de la licencia de obra destaca la inclusión en el proyecto de un estudio que incluya, entre otros aspectos, la estimación de las cantidades de residuos que se prevé se producirán, así como las medidas de prevención y gestión de los mismos.

De acuerdo con lo indicado anteriormente, se redacta el presente Estudio de Gestión de Residuos de Construcción que tiene las siguientes características:

Es proporcionar una herramienta adecuada para gestionar los residuos procedentes de la obra de "Instalación Eléctrica de Túnel de Autopista", ubicadas en el Termino Municipal de Coria-Cáceres, así podremos predecir y conocer el alcance de los residuos que se puedan generar y qué se debe hacer con ellos, de tal forma que en la obra se puedan segregar, reciclar o gestionar adecuadamente a través de Centros Autorizados para la Gestión de Residuos.

##### **b. -Contenido del documento**

De acuerdo con el RD 105/2008, se presenta el presente Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición, conforme a lo dispuesto en el art. 3, con el siguiente contenido:

- Identificación de los residuos (según Orden MAM/304/2002).
- Estimación de la cantidad que se generará (en t y m<sup>3</sup>).
- Medidas de segregación "in situ".
- Previsión de reutilización en la misma obra u otros emplazamientos (indicar cuáles).
- Operaciones de valorización "in situ".
- Destino previsto para los residuos.
- Instalaciones para el almacenamiento, manejo u otras operaciones de gestión.
- Valoración del coste previsto para la correcta gestión de los RCDs, que formará parte del presupuesto del proyecto.

## **B. -Normativa aplicada**

En la redacción del presente plan, se ha tenido presente las reglamentaciones siguientes:

Real Decreto 105/2008., de 1 de febrero, que regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición. (RCDs).

Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero o sus modificaciones

Ley 5/2010, de 23 de junio, de prevención y calidad ambiental de la Comunidad Autónoma de Extremadura.

Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos.

Real Decreto 852/1997, de 20 de junio, por el que se modifica el reglamento para la ejecución de la ley 20/1986, de 14 de mayo, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos.

Real Decreto 108/1991, de 1 de febrero, sobre la prevención y reducción de la contaminación del medio ambiente producida por el amianto.

Plan Director de Gestión Integrada de Residuos de la Comunidad Autónoma de Extremadura (aprobado por el Consejo de Gobierno, de 5 de diciembre de 2000)

## **C. -Identificación de residuos y cantidades**

### **a. -Identificación de los residuos**

Los residuos a generar son codificados con arreglo a la Lista Europea de Residuos publicada por Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero o sus modificaciones posteriores.

Se identifican dos categorías de Residuos de Construcción y Demolición (RCD):

- RCDs de Nivel I.- Residuos generados por el desarrollo de las obras de infraestructura de ámbito local o supramunicipal contenidas en los diferentes planes de actuación urbanística o planes de desarrollo de carácter regional, siendo resultado de los excedentes de excavación de los movimientos de tierra generados en el transcurso de dichas obras. Se trata, por tanto, de las tierras y materiales pétreos, no contaminados, procedentes de obras de excavación.

- RCDs de Nivel II.- residuos generados principalmente en las actividades propias del sector de la construcción, de la demolición, de la reparación domiciliar y de la implantación de servicios. Son residuos no peligrosos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas.

Los residuos inertes no son solubles ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente ni de ninguna otra manera, ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las que entran en contacto de forma que puedan dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana. Se

contemplan los residuos inertes procedentes de obras de construcción y demolición, incluidos los de obras menores de construcción y reparación domiciliaria sometidas a licencia municipal o no.

Los residuos generados serán tan solo los marcados a continuación de la Lista

Europea establecida en la Orden MAM/304/2002. No se consideraran incluidos en el cómputo general los materiales que no superen 1 m<sup>3</sup> de aporte y no sean considerados peligrosos y requieran por tanto un tratamiento especial.

A.1 RCDs Nivel I		
<b>1. TIERRAS Y PÉTROS DE LA EXCAVACIÓN</b>		
√	17 05 04	Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03
	17 05 06	Lodos de drenaje distintos de los especificados en el código 17 05 06
	17 05 08	Balasto de vías férreas distinto del especificado en el código 17 05 07

A.2 RCDs Nivel II		
RCD: Naturaleza no pétreo		
<b>1. Madera, vidrio y plástico</b>		
	17 02 01	Madera
	17 02 02	Vidrio
√	17 02 03	Plástico
<b>2. Mezclas bituminosas, alquitrán de hulla y otros productos alquitranados</b>		
	17 03 02	Mezclas bituminosas distintas a las del código 17 03 01
<b>3. Metales (Incluidas sus aleaciones)</b>		
√	17 04 01	Cobre, bronce, latón
√	17 04 02	Aluminio

	17 04 03	Plomo
	17 04 04	Zinc
√	17 04 05	Hierro y Acero
	17 04 06	Estaño
	17 04 07	Metales mezclados
√	17 04 11	Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10
<b>4. Materiales de construcción a partir del yeso.</b>		
	17 08 02	Materiales de construcción a partir de yeso distintos a los del código 17 08 01
<b>5. Fracciones recogidas selectivamente.</b>		
	20 01 01	Papel

RCD: Naturaleza pétreo

**1. Residuos de la transformación física y química de minerales no metálicos**

	01 04 08	Residuos de grava y rocas trituradas distintos de los mencionados en el código 01 04 07
√	01 04 09	Residuos de arena y arcilla
<b>2.Hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos</b>		
√	17 01 01	Hormigón
√	17 01 02	Ladrillos
	17 04 03	Tejas y materiales cerámicos
	17 04 07	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintas de las especificadas en el código 1 7 01 06.
<b>3. otros Residuos de Construcción y Demolición.</b>		
	17 09 04	RDCs mezclados distintos a los de los códigos 17 09 01, 02 y 03

RCD: Potencialmente peligrosos y otros		
<b>1. Residuos municipales.</b>		
	20 02 01	Residuos biodegradables
	20 03 01	Mezcla de residuos municipales
<b>2. Potencialmente peligrosos y otros.</b>		
	07 07 01	Sobrantes de desencofrantes
	08 01 11	Sobrantes de pintura o barnices
	13 02 05	Aceites usados (minerales no clorados de motor,...)
	13 07 03	Hidrocarburos con agua
	14 06 03	Sobrantes de disolventes no halogenados
	15 01 10	Envases vacíos de metal o plástico contaminado
	15 01 11	Aerosoles vacíos
	15 02 02	Absorbentes contaminados (trapos,...)
	16 01 07	Filtros de aceite
	16 06 01	Baterías de plomo
	16 06 03	Pilas botón
	16 06 04	Pilas alcalinas y salinas
	17 01 06	mezcla de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos con sustancias peligrosas (SP's)
	17 02 04	Madera, vidrio o plástico con sustancias peligrosas o contaminadas por ellas
	17 03 01	Mezclas bituminosas que contienen alquitrán de hulla
	17 03 03	Alquitrán de hulla y productos alquitranados
	17 04 09	Residuos metálicos contaminados con sustancias peligrosas
	17 04 10	Cables que contienen hidrocarburos, alquitrán de hulla y otras SP's
	17 05 03	Tierras y piedras que contienen SP's

	17 05 05	Lodos de drenaje que contienen sustancias peligrosas
	17 05 07	Balastro de vías férreas que contienen sustancias peligrosas
	17 06 01	Materiales de aislamiento que contienen Amianto
	17 06 03	Otros materiales de aislamiento que contienen sustancias peligrosas
	17 06 04	Materiales de aislamientos distintos de los 17 06 01 y 03
	17 06 05	Materiales de construcción que contienen Amianto
	17 08 01	Materiales de construcción a partir de yeso contaminados con SP's
	17 09 01	Residuos de construcción y demolición que contienen mercurio
	17 09 02	Residuos de construcción y demolición que contienen PCB's
	17 09 03	Otros residuos de construcción y demolición que contienen SP's
	17 09 04	RDCs mezclados distintos códigos 17 09 01, 02 y 03
	20 01 21	Tubos fluorescentes

**b. -Estimación de la cantidad de cada tipo de residuo que se genera en la obra**

La estimación se realizará en función de las categorías del punto b. Identificación de los residuos en obra nueva y en ausencia de datos más contrastados se manejan parámetros estimativos estadísticos de 20cm de altura de mezcla de residuos por m<sup>2</sup> construido, con una densidad tipo del orden de 1,5 a 0,5 t/m<sup>3</sup>. En base a estos datos, la estimación completa de residuos en la obra es:

S° m <sup>2</sup> superficie construída	V m <sup>3</sup> volumen residuos (S x 0,2)	d densidad tipo entre 1,5 y 0,5 tn/m <sup>3</sup>	Tn tot toneladas de residuo (v x d)
16700	3340	0,60	2004



Con el dato estimado de RCDs por metro cuadrado de construcción, se consideran los siguientes pesos y volúmenes en función de la tipología de residuo:

A.1 RCDs Nivel I				
		t	t/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
Evaluación teórica del peso por tipología de RDC		Toneladas de cada tipo de RDC	Densidad tipo (entre 1,5 y 0,5)	Volumen de Residuos
1. TIERRAS Y PÉTROS DE LA EXCAVACIÓN				
Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03		2004	0,6	1202.4

A.2RCDs Nivel II				
		t	t/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
Evaluación teórica del peso por tipología de RDC		Toneladas de cada tipo de RDC	Densidad tipo (entre 1,5 y 0,5)	Volumen de Residuos
1. RCD: Naturaleza no pétreo				
<b>Madera</b>		0,00	0,60	0,00
<b>Vidrio</b>		0,00	1,50	0,00
<b>Plástico</b>		0,01	0,90	0,01
<b>Asfalto</b>		0,00	1,30	0,00
<b>Metales</b>		0,01	1,50	0,01
<b>Yeso</b>		0,00	1,2	0,00
<b>Papel</b>		0,00	0,9	0,00
<b>TOTAL ESTIMACIÓN</b>		0,02		0,02
2. RCD: Naturaleza pétreo				

<b>Arena Grava y otros áridos</b>		15,00	1,50	10,00
<b>Hormigón</b>		0,00	1,50	0,00
<b>Ladrillos , azulejos y otros cerámicos</b>		0,50	1,50	0,33
<b>Piedra</b>		0,00	1,50	0,00
<b>TOTAL ESTIMACIÓN</b>		15,50		10,33
3. RCD: Potencialmente peligrosos y otros				
<b>Basuras</b>		0,01	0,90	0,01
<b>Potencialmente peligrosos y otros</b>		0,00	0,50	0,00
<b>TOTAL ESTIMACIÓN</b>		0,01		0,01

Cuadro resumen:

	Superficie Construida total	Volumen de residuos (S x 0,20) m <sup>3</sup>	Presupuesto estimado de la obra €
1. RCD: Naturaleza no pétreo			
<b>Madera</b>		0,00	
<b>Vidrio</b>		0,00	
<b>Plástico</b>		0,01	
<b>Asfalto</b>		0,00	
<b>Metales</b>		0,01	
<b>Yeso</b>		0,00	
<b>Papel</b>		0,00	
<b>TOTAL ESTIMACIÓN</b>		<b>0,02 m<sup>3</sup></b>	
2. RCD: Naturaleza pétreo			
<b>Arena Grava y otros áridos</b>		10,00	
<b>Hormigón</b>		0,00	

<b>Ladrillos , azulejos y otros cerámicos</b>		0,33	
<b>Piedra</b>		0,00	
<b>TOTAL ESTIMACIÓN</b>		<b>10,33 m<sup>3</sup></b>	<b>Presupuesto proyecto €</b>
3. RCD: Potencialmente peligrosos y otros			
<b>Basuras</b>		0,01	
<b>Potencialmente peligrosos y otros</b>		0,00	
<b>TOTAL ESTIMACIÓN</b>		<b>0,01</b>	
<b>GESTION DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)</b>	<b>16700 m<sup>2</sup></b>	<b>3340 m<sup>3</sup></b>	<b>Partida alzada en presupuesto €</b>

Los contenedores o sacos industriales empleados cumplirán las especificaciones de la Consejería de Industria, Energía y Medio Ambiente de la Junta de Extremadura.

#### **D. -Medidas para la reducción de residuos en obra**

##### **a. -Previsión de reutilización en la misma obra u otros emplazamientos**

Se marcan las operaciones previstas y el destino previsto inicialmente para los materiales (propia obra o externo):

	OPERACIÓN PREVISTA	DESTINO INICIAL
	No hay previsión de reutilización en la misma obra o en emplazamientos externos, simplemente serán transportados a vertedero autorizado	
X	Reutilización de tierras procedentes de la excavación	Propia obra
X	Reutilización de residuos minerales o pétreos en	Propia obra

	áridos reciclados o en urbanización	
	Reutilización de materiales cerámicos	
	Reutilización de materiales no pétreos: madera, vidrio...	
	Reutilización de materiales metálicos	
	Otros (indicar)	

## E. -Reutilización, valorización o eliminación de residuos de obra

### a. -Medidas de segregación “in situ”

En base al artículo 5.5 del RD 105/2008, los residuos de construcción y demolición deberán separarse en fracciones, cuando, de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obras upere las siguientes cantidades:

Hormigón	160,00 t
Ladrillos, tejas y cerámicos	80,00 t
Metales	4,00 t
Madera	2,00 t
Vidrio	2,00 t
Plásticos	1,00 t
Papel y cartón	1,00 t

Medidas empleadas (se marcan las casillas según lo aplicado):

	Eliminación previa de elementos desmontables y/o peligrosos
	Derribo separativo / segregación en obra nueva (ej.: pétreos, madera, metales, plásticos + cartón + envases, orgánicos, peligrosos...). Solo en caso de superar las fracciones establecidas en el artículo 5.5 del RD 105/2008
√	Derribo integral o recogida de escombros en obra nueva “todo mezclado”, y

	posterior tratamiento en planta
--	---------------------------------

### b. -Operaciones de valorización “in situ”

Se marcan las operaciones previstas y el destino previsto inicialmente para los materiales (propia obra o externo):

	OPERACIÓN PREVISTA
√	No hay previsión de reutilización en la misma obra o en emplazamientos externos, simplemente serán transportados a vertedero autorizado
	Utilización principal como combustible o como otro medio de generar energía
	Recuperación o regeneración de disolventes
	Reciclado o recuperación de sustancias orgánicas que utilizan no disolventes
	Reciclado o recuperación de metales o compuestos metálicos
	Reciclado o recuperación de otras materias orgánicas
	Regeneración de ácidos y bases
	Tratamiento de suelos, para una mejora ecológica de los mismos
	Acumulación de residuos para su tratamiento según el Anexo II.B de la Comisión 96/350/CE
	Otros (indicar)

### c. -Destino previsto para los residuos

Las empresas de Gestión y tratamiento de residuos estarán en todo caso autorizadas por la Comunidad Autónoma de Extremadura para la gestión de residuos.

Las empresas de Gestión y tratamiento de residuos deberán estar autorizadas para la gestión de residuos no peligrosos, en caso de que así lo exija la autoridad competente en materia de residuos, indicándose por parte del poseedor de los residuos el destino previsto para estos residuos. (NO será preciso ya que se reutilizan en la propia obra.

	DESTINO PREVISTO
	Vertedero.
	Planta Transferencia.
	Tratamiento Físico-Químico.
	Entrega a gestor autorizado.

	Restauración/Verted.
--	----------------------

Terminología:

RCD: Residuos de la Construcción y la Demolición, RSU: Residuos Sólidos Urbanos

RNP: Residuos NO peligrosos, RP: Residuos peligrosos

A.1 RCDs Nivel I		
<b>1. TIERRAS Y PÉTROS DE LA EXCAVACIÓN</b>		
√	17 05 04	Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03

Tratamiento	Destino	Cantidad
Sin tratamiento esp.	Restauración / Vertedero	52,50

A.2 RCDs Nivel II		
RCD: Naturaleza no pétreo		
<b>1. Madera, vidrio y plástico</b>		
√	17 02 03	Plástico
<b>2. Mezclas bituminosas, alquitrán de hulla y otros productos alquitranados</b>		
	17 03 02	Mezclas bituminosas distintas a las del código 17 03 01
<b>3. Metales (Incluidas sus aleaciones)</b>		
√	17 04 01	Cobre, bronce, latón
√	17 04 02	Aluminio

Tratamiento	Destino	Cantidad
Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,01
Reciclado	Planta de reciclaje RCD	0,00
Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,00
Reciclado	Gestor autorizado	0,00

√	17 04 05	Hierro y Acero
√	17 04 11	Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10

	RNPs	
Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,01
Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,01

RCD: Naturaleza pétreo		
<b>1. Residuos de la transformación física y química de minerales no metálicos</b>		
√	01 04 09	Residuos de arena y arcilla
<b>2.Hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos</b>		
√	17 01 01	Hormigón
√	17 01 02	Ladrillos

Tratamiento	Destino	Cantidad
Reciclado	Planta de reciclaje RCD	3,00
Reciclado/Vertedero	Planta de reciclaje RCD	0,00
Reciclado	Planta de reciclaje RCD	0,18

#### d. -Valoración del coste previsto para la correcta gestión de los RCDs

##### CON CARÁCTER GENERAL

Prescripciones a incluir en el pliego de prescripciones técnicas del proyecto, en relación con el almacenamiento, manejo y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición en obra.

- Gestión de residuos de construcción y demolición: La gestión de residuos se realizará según RD 105/2008 y orden 2690/2006 de la CAM, realizándose su identificación con arreglo a la Lista Europea de Residuos publicada por Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero o sus modificaciones posteriores. La segregación, tratamiento y gestión de residuos se realizará mediante el tratamiento correspondiente por parte de empresas homologadas mediante contenedores o sacos industriales que

cumplirán de la Consejería de Empleo, Empresa e Innovación de Gobierno de Extremadura.

- Certificación de los medios empleados: Es obligación del contratista proporcionar a la Dirección Facultativa de la obra los certificados de los contenedores empleados así como de los puntos de vertido final, ambos emitidos por entidades autorizadas y homologadas por la Consejería de Industria, Energía y Medio Ambiente de la Junta de Extremadura.

- Limpieza de las obras: Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus alrededores tanto de escombros como de materiales sobrantes, retirar las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como ejecutar todos los trabajos y adoptar las medidas que sean apropiadas para que la obra presente buen aspecto.

#### CON CARÁCTER PARTICULAR

Prescripciones a incluir en el pliego de prescripciones técnicas del proyecto (se marcan aquellas que sean de aplicación a la obra):

	<p>Para los derribos: se realizarán actuaciones previas tales como apeos, apuntalamientos, estructuras auxiliares...para las partes o elementos peligroso, referidos tanto a la propia obra como a los edificios colindantes</p> <p>Como norma general, se procurará actuar retirando los elementos contaminados y/o peligrosos tan pronto como sea posible, así como los elementos a conservar o valiosos (cerámicos, mármoles...).</p> <p>Seguidamente se actuará desmontando aquellas partes accesibles de las instalaciones, carpinterías y demás elementos que lo permitan</p>
√	<p>El depósito temporal de los escombros, se realizará bien en sacos industriales iguales o inferiores a 1m<sup>3</sup>, contadores metálicos específicos con la ubicación y condicionado que establezcan las ordenanzas municipales. Dicho depósito en acopios, también deberá estar en lugares debidamente señalizados y segregados del resto de residuos</p>
√	<p>El depósito temporal para RCDs valorizables (maderas, plásticos, metales, chatarra...) que se realice en contenedores o acopios, se deberá señalar y segregar del resto de residuos de un modo adecuado.</p>
√	<p>Los contenedores deberán estar pintados en colores que destaquen su visibilidad, especialmente durante la noche, y contar con una banda de material reflectante de al menos 15cm a lo largo de toso su perímetro.</p> <p>En los mismos deberá figurar la siguiente información: Razón social, CIF, teléfono del titular del contenedor / envase y el número de inscripción en el registro de transportistas de residuos, creado en el art. 43 de la Ley 5/2003 de 20 de marzo de Residuos de la CAM.</p> <p>Esta información también deberá quedar reflejada en los sacos</p>



	industriales y otros medios de contención y almacenaje de residuos.
√	El responsable de la obra a la que presta servicio el contenedor adoptará las medidas necesarias para evitar el depósito de residuos ajenos a la misma. Los contadores permanecerán cerrados, o cubiertos al menos, fuera del horario de trabajo, para evitar el depósito de residuos ajenos a la obra a la que prestan servicio.
√	En el equipo de obra deberán establecerse los medios humanos, técnicos y procedimientos para la separación de cada tipo de RCD.
√	<p>Se atenderán los criterios municipales establecidos (ordenanzas, condiciones de licencia de obras...), especialmente si obligan a la separación en origen de determinadas materias objeto de reciclaje o deposición.</p> <p>En este último caso se deberá asegurar por parte del contratista realizar una evaluación económica de las condiciones en las que es viable esta operación, tanto por las posibilidades reales de ejecutarla como por disponer de plantas de reciclaje o gestores de RCDs adecuados.</p> <p>La Dirección de Obra será la responsable de tomar la última decisión y de su justificación ante las autoridades locales o autonómicas pertinentes.</p>
√	<p>Se deberá asegurar en la contratación de la gestión de los RCDs que el destino final (planta de reciclaje, vertedero, cantera, incineradora...) son centros con la autorización autonómica de la Consejería de Medio Ambiente, así mismo se deberá contratar sólo transportistas o gestores autorizados por dicha Consejería e inscritos en el registro pertinente</p> <p>Se llevará a cabo un control documental en el que quedarán reflejados los avales de retirada y entrega final de cada transporte de residuos</p>
√	<p>La gestión tanto documental como operativa de los residuos peligrosos que se hallen en una obra de derribo o de nueva planta se regirán conforme a la legislación nacional y autonómica vigente y a los requisitos de las ordenanzas municipales</p> <p>Asimismo los residuos de carácter urbano generados en las obras (restos de comidas, envases...) serán gestionados acorde con los preceptos marcados por la legislación y autoridad municipal correspondiente.</p>
√	<p>Para el caso de los residuos con amianto se seguirán los pasos marcados por la Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos para poder considerarlos como peligroso o no peligrosos.</p> <p>En cualquier caso siempre se cumplirán los preceptos dictados por el RD 108/1991 de 1 de febrero sobre la prevención y reducción de la contaminación del medio ambiente producida por el amianto, así como la</p>

	legislación laboral al respecto.
√	Los restos de lavado de canaletas / cubas de hormigón serán tratadas como escombros
√	Se evitará en todo momento la contaminación con productos tóxicos o peligrosos de los plásticos y restos de madera para su adecuada segregación, así como la contaminación de los acopios o contenedores de escombros con componentes peligrosos
√	Las tierras superficiales que pueden tener un uso posterior para jardinería o recuperación de los suelos degradados serán retiradas y almacenadas durante el menor tiempo posible en caballones de altura no superior a 2 metros. Se evitará la humedad excesiva, la manipulación y la contaminación con otros materiales.
	Otros (indicar)

## VALORACIÓN DEL COSTE

Teniendo en cuenta el tipo de residuos que se generarán en la obra, se prevé una pequeña partida alzada para dicho cometido, ya que el 90 % de los residuos son aprovechados en la obra.

### F.-Medidas para la separación de residuos en la obra

#### a. -Instalaciones para el almacenamiento, manejo y otras operaciones de gestión

Se confeccionarán planos de las instalaciones previstas para el almacenamiento, manejo y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición en la obra, planos que posteriormente podrán ser objeto de adaptación a las características particulares de la obra y sus sistemas de ejecución, siempre con el acuerdo de la dirección facultativa de la obra.

En los planos de especificará la situación y dimensiones de:

	Bajantes de escombros
√	Acopios y/o contenedores de los distintos RCDs (tierras, pétreos, maderas, plásticos, metales, vidrios, cartones...
	Zonas o contenedor para lavado de canaletas / cubetas de hormigón
	Almacenamiento de residuos y productos tóxicos potencialmente peligrosos
√	Contenedores para residuos urbanos

	Planta móvil de reciclaje "in situ"
√	Ubicación de los acopios provisionales de materiales para reciclar como áridos, vidrios, madera o materiales cerámicos.

### **G.-Pliego de condiciones administrativas para la Gestión de residuos en la obra del Proyecto.**

El presente pliego se redacta como ampliación del Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares del Proyecto y junto con las correspondientes Prescripciones Técnicas Particulares, que forman parte de este estudio, tiene carácter contractual.

En lo no dispuesto en los apartados de este pliego, será de aplicación supletoria el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares del Proyecto objeto de este estudio.

#### **a. -Definición de los agentes que intervienen en la Gestión.**

El artículo 2 del RD 105/2008 establece las definiciones de los distintos agentes que intervienen en la producción y gestión de los residuos generados en las obras de construcción y demolición. A efectos del presente estudio y en base al artículo mencionado antes se define como:

**PRODUCTOR:** El titular de la licencia de obras o propietario del inmueble o solar sobre el que se ejecuta la obra.

**POSEEDOR:** El contratista principal adjudicatario de la ejecución de la obra y los subcontratistas y trabajadores autónomos en caso de que existieran. En ningún caso tendrán la consideración de poseedor de residuos de construcción y demolición los trabajadores por cuenta ajena.

**GESTOR:** El encargado o responsable, con la correspondiente autorización, de las operaciones de reutilización, valorización o eliminación de los residuos cuya actividad se realiza fundamentalmente fuera del ámbito territorial de la obra, con independencia de que actúe como agente final o intermedio en el proceso.

#### **b.- Obligaciones de los agentes en la Gestión.**

##### **b.1. - Obligaciones del productor**

Según la legislación vigente deberá exigir, disponer y conservar por un periodo de cinco años la documentación correspondiente a cada año natural que acredite que los residuos de construcción y demolición producidos en sus obras han sido gestionados de acuerdo a la normativa y legislación aplicables.

Si fuera necesario por exigirlo la autoridad competente, constituir la fianza o garantía financiera equivalente que asegure el cumplimiento de los requisitos

establecidos en la licencia de obras con relación a los residuos de construcción y demolición.

## **b.2. - Obligaciones del poseedor**

Entregar al productor un Plan de Gestión de Residuos en el que refleje como llevará a cabo las actividades para el adecuado cumplimiento de la gestión de los residuos de construcción que se generen, incluyendo las posibles operaciones de reutilización de estos dentro de la obra.

El Plan de Gestión de Residuos, deberá ser aprobado por la Dirección Facultativa, y aceptado por el productor, adquiriendo valor contractual desde entonces.

Cuando no preceda gestionarlos por sí mismo y sin perjuicio de sus responsabilidades derivadas de los requerimientos del proyecto aprobado y del presente estudio, estará obligado a entregarlos a un gestor de residuos o a participar en un acuerdo voluntario o convenio de colaboración para su gestión.

Acreditar mediante documento fehaciente todas y cada una de las partidas de residuos entregadas al gestor en el que figure, al menos, la identificación de la obra, del productor y del poseedor, el número de licencia de obras si procede, la cantidad y el tipo de residuo entregado y la identificación del gestor.

Cuando el gestor al que se realicen las entregas efectúe únicamente operaciones de recogida, almacenamiento y transporte, en el documento de entrega deberá figurar además, el gestor encargado de las operaciones finales de valorización o eliminación de residuos.

Hacerse cargo directamente de la gestión dentro de la obra de los residuos derivados de su actividad.

Mantener limpia la obra y sus alrededores tanto de escombros como de materiales sobrantes, retirar las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como ejecutar todos los trabajos y adoptar las medidas que sean apropiadas para que la obra presente buen aspecto.

## **b.3- Obligaciones del gestor**

Extender al poseedor o al gestor intermediario que le entregue residuos de construcción y demolición, los documentos acreditativos de la gestión de los residuos recibidos.

Cuando realice actividades exclusivas de recogida, almacenamiento y transporte, deberá entregar al poseedor o al gestor que le entregó los residuos, los certificados de las operaciones de gestión subsiguientes a que fueron destinados los mismos.

Si careciera de autorización para gestionar residuos peligrosos, deberá disponer de un procedimiento debidamente homologado por la autoridad competente que asegure que con anterioridad al proceso de tratamiento se detectarán, separarán y almacenarán adecuadamente y, en su caso, se derivarán a gestores autorizados.

**c.- Desarrollo de los trabajos de la Gestión de Residuos.**

Las actividades de la gestión se realizarán según lo indicado en el pliego de prescripciones técnicas incluido en el presente estudio, atendiendo a la normativa vigente y demás documentos del proyecto. Igualmente se atenderá a las indicaciones relacionadas con los residuos de construcción y demolición que recogen los planes de residuos locales o autonómicos.

El poseedor deberá garantizar que el personal de la obra conozca sus obligaciones relacionadas con la manipulación de los residuos.

Los residuos deberán ser separados, clasificados y almacenados adecuadamente en la medida en la que se vayan generando para evitar que se mezclen con otros.

Durante la ejecución de las actividades de gestión de residuos se cumplirán todas las medidas de seguridad aplicables.

Si la legislación aplicable lo exigiese, durante el desarrollo de las actividades in situ de valorización de residuos previstas en el presente estudio, se requerirán las autorizaciones previas necesarias de la autoridad competente. La Dirección Facultativa deberá aprobar los medios para dicha valorización.

**d.- Coste de la Gestión.**

Los costes de la gestión de residuos del proyecto serán asumidos por el poseedor y están reflejado en el correspondiente apartado de mediciones y presupuesto.

Para la estimación de los volúmenes de residuos que se generan en la obra, con el fin de definir las partidas presupuestarias se han utilizado los índices globales recogidos en el borrador del II Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición (II PNRCD) que figura como Anexo 6 del Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR) 2007-2015.)

Si fuese necesario, el poseedor podrá ajustar los volúmenes y precios finales indicados en este estudio a la realidad de los volúmenes y precios finales de contratación y especificar los costes de gestión de los residuos de construcción y demolición por categoría de residuos clasificados conforme a la Lista Europea de Residuos publicada por Orden MAM/304/2002.

En ningún caso, el presupuesto total de la gestión de residuos podrá superar los valores máximos de porcentaje del PEM del proyecto indicados en otros documentos del proyecto o en normativas, planes u otra documentación de carácter local, nacional o autonómico aplicables.

## **H.-Conclusión y firma**

Con todo lo anteriormente descrito, se entiende que queda suficientemente desarrollado el Plan de Gestión de Residuos para el proyecto reflejado en su encabezado.

**Coria, Marzo de 2015**

**El alumno.**

**Fdo: José Ignacio Alcoba Iglesias.**

# **VII.- ANEJO DE CÁLCULOS**

**Título: INSTALACION ELECTRICA DE UN TUNEL DE AUTOPISTA  
Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
D. ROBERTO REDONDO MELCHOR  
Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS**

**Índice:**

VII.	ANEJO DE CÁLCULOS	2
A.	Cálculo Factor de Ponderación del Túnel	2
a.	En función del Tráfico	2
b.	En función de la Composición del Tráfico	2
C.	En Función del Guiado Visual	3
D.	En Función de la Comodidad en la Conducción	3
E.	Clase de Alumbrado	3
B	Cálculo Luminancia en la zona de acceso al túnel	4
C.	Cálculos Alta Tensión	6
A.	Línea Subterránea	6
B.	Centros de Seccionamiento	8
C.	Centro de Transformación	16
D.	Cálculos de Baja Tensión	26
E.	Cálculos Grupo Electrónico	48
F.	CONCLUSIÓN Y FIRMA	56



## A. CÁLCULO FACTOR DE PONDERACIÓN

### a. En función del tráfico

El túnel de la EX-A1 tiene una densidad de tráfico inferior a 2000 veh/día < 2000 veh/día → < 83,33 veh/hora → < 41,66 veh/hora/carril en el Tubo de 2 carriles y tráfico inferior a 2000 veh/día < 2000 veh/día → < 83,33 veh/hora → < 21,77 veh/hora/carril en el Tubo de 3 carriles. Este dato lo proporciona el peticionario.

INTENSIDAD DE TRÁFICO (vehículos/hora por carril)		FACTOR DE PONDERACIÓN
UNIDIRECCINAL	BIDIRECCIONAL	
<60	<30	0
60-100	30-60	1
100-180	60-100	2
180-350	100-180	3
350-650	180-350	4
650-1200	350-650	5
>1200	650-1200	6
	>1200	7

Tabla 6.2 Factores de ponderación en función de la intensidad de tráfico

Factor de ponderación = 0

### b. En función de la composición del tráfico

El tráfico de camiones presenta un porcentaje bastante alto debido a la proximidad del túnel con el país vecino Portugal.

COMPOSICIÓN DEL TRÁFICO	FACTOR DE PONDERACIÓN
Tráfico motorizado	0
Tráfico motorizado (porcentaje de camiones >15%)	1
Tráfico mixto	2

Tabla 6.3 Factores de ponderación en función de la composición del tráfico

Factor de ponderación = 1

### c. En función del guiado visual

Debido a que el túnel es de nueva construcción y se utilizan materiales para que el guiado visual sea correcto, además de la instalación de bandas de guiado visual a una altura de 0,70 m en ambos lados del

túnel.

GUIADO VISUAL	FACTOR DE PONDERACIÓN
Guiado visual bueno	0
Guiado visual pobre	2

Tabla 6.4 Factores de ponderación en función del guiado visual

Factor de ponderación = 0

#### d. En función de la comodidad en la conducción

Al tratarse de un túnel de poca longitud 600 m y al recibir el conductor una completa información durante todo el trayecto del mismo, se requiere una baja comodidad.

COMODIDAD EN LA CONDUCCIÓN	FACTOR DE PONDERACIÓN
Se requiere baja comodidad	0
Se requiere media comodidad	2
Se requiere alta comodidad	4

Tabla 6.5 Factores de ponderación en función de la comodidad en la conducción

Factor de ponderación = 0

#### e. Clase de alumbrado

SUMA DE FACTORES DE PONDERACIÓN	FACTOR DE PONDERACIÓN
0-3	1
4-5	2
6-7	3
8-9	4
10-11	5
12-13	6
14-15	7

Tabla 6.6 Clases de alumbrado para túneles largos

$F_p$  (función del tráfico) +  $F_p$  (composición tráfico) +  $F_p$  (guiado visual) +  $F_p$  (comodidad) = 1

*Clase de alumbrado = 1*

## B. CÁLCULO LUMINANCIA EN LA ZONA DE ACCESO AL TÚNEL

La luminancia de la zona de acceso L20 es la luminancia media contenida en un campo cónico de visión que subtende un ángulo del 20%, con el vértice en la posición del ojo del conductor, situado a una distancia anterior al túnel igual a la distancia de parada, y orientado el cono hacia el portal de túnel sobre un punto situado a una altura de 1/4 de la boca del túnel.

Dicha luminancia de la zona de acceso depende de las condiciones atmosféricas del lugar donde está situado el túnel. El cálculo de la luminancia de la zona de acceso L20 se obtiene a partir de un croquis de los alrededores de la zona del túnel y se utiliza la fórmula siguiente:

$L20 = a * Lc + b * Lr + c * Le + d * Lth$  en donde:

a = % de cielo.

Lc = Luminancia de cielo.

b = % de carretera.

Lr = Luminancia de carretera.

c = % de entorno.

Le = Luminancia del entorno.

d = % de boca de túnel.

Lth = Luminancia de zona de umbral.

con:  $a + b + c + d = 1$

En la fórmula la incógnita a determinar es el valor de la **luminancia de la zona de umbral (Lth)**. Cuando nos encontramos con distancias de paradas superiores a 100 m, como en este túnel, el tanto por ciento de boca de entra de túnel es bajo (< al 10%) y como Lth tiene también un valor bajo respecto a los otros valores de luminancia se puede despreciar la contribución de Lth.

Como no se dispone de valores de entornos o alrededores utilizamos los de las tablas de las "Recomendaciones para la iluminación de carreteras y túneles".

Sentido de conducción	Cielo	Carretera	Entorno		Kcd/m <sup>2</sup>	
	(Lc) Kcd/m <sup>2</sup>	(Lr) Kcd/m <sup>2</sup>	Rocas	Edificios	Nieve	Hierba
N	8	3	3	8	15 (M,H)	2
E-O	12	4	2	6	10 (M) 15 (H)	2
S	16	5	1	4	5 (M) 15 (H)	2

Tabla B: Valores de las luminancias de cielo, carretera y alrededores

Boca Este:

Lc (cielo) = 12 kcd/m<sup>2</sup>

a = 8 %

Lr (carretera) = 4 kcd/m<sup>2</sup>

b = 36 %

$L_e$  (entorno) = 2 kcd/m<sup>2</sup>

$c = 52 \%$

Boca Oeste:

$L_c$  (cielo) = 12 kcd/m<sup>2</sup>

$a = 7 \%$

$L_r$  (carretera) = 4 kcd/m<sup>2</sup>

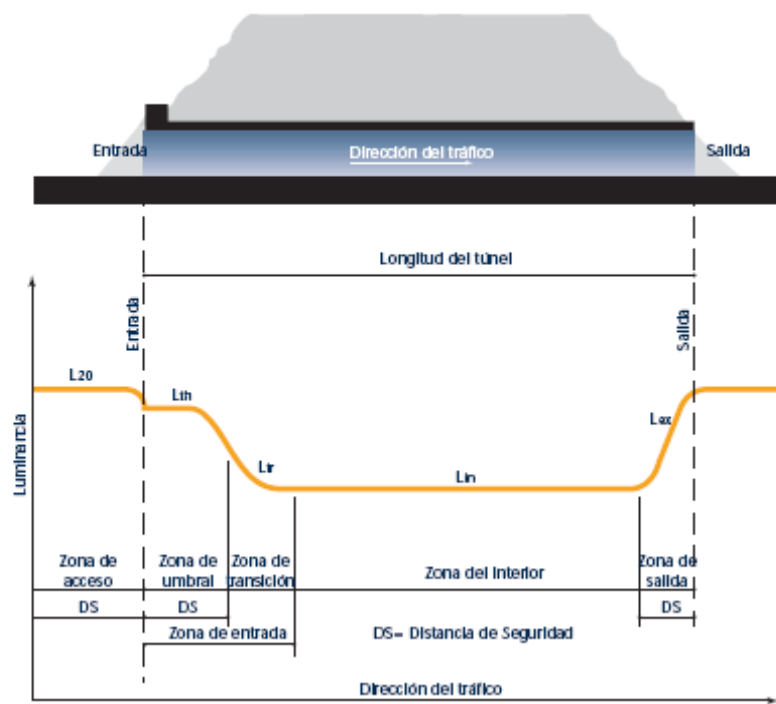
$b = 33 \%$

$L_e$  (entorno) = 2 kcd/m<sup>2</sup>

$c = 55 \%$

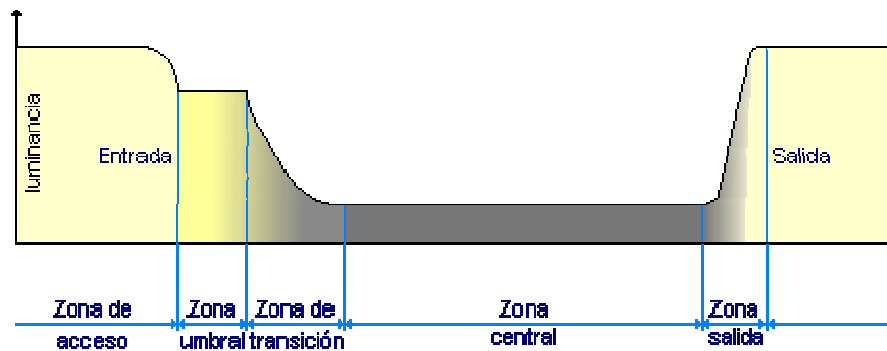
**L20 boca Este= 3,44 kcd/m<sup>2</sup>**

**L20 boca Oeste= 3,26 kcd/m<sup>2</sup>**



Fuente: [HTTP://WWW.SCRIBD.COM/DOC/17456327/LIGHTING-HANDBOOK-INDAL-GUIDE-ESPANOL](http://www.scribd.com/doc/17456327/LIGHTING-HANDBOOK-INDAL-GUIDE-ESPANOL)





## C. CÁLCULOS DE ALTA TENSIÓN

### a. Línea Subterránea

#### Fórmulas Generales

Emplearemos las siguientes:

$$I = S \times 1000 / 1,732 \times U = \text{Amperios (A)}$$

$$e = 1.732 \times I [(L \times \text{Cos}\phi / k \times s \times n) + (X_u \times L \times \text{Sen}\phi / 1000 \times n)] = \text{voltios (V)}$$

En donde:

I = Intensidad en Amperios.

e = Caída de tensión en Voltios.

S = Potencia de cálculo en kVA.

U = Tensión de servicio en voltios.

s = Sección del conductor en mm<sup>2</sup>.

L = Longitud de cálculo en metros.

K = Conductividad a 20°. Cobre 56. Aluminio 35. Aluminio-Acero 28. Aleación Aluminio 31.

Cos  $\phi$  = Coseno de  $\phi$ . Factor de potencia.

X<sub>u</sub> = Reactancia por unidad de longitud en mΩ/m.

n = N° de conductores por fase.

### Red Alta Tensión 1 y 2

**Las características generales de la red son:**

Tensión(V): 20000

C.d.t. máx.(%): 5

Cos  $\varphi$  : 0,8

Coef. Simultaneidad: 1

Temperatura cálculo conductividad eléctrica (°C):

- Conductores aislados: 20
- Conductores desnudos: 50

**A continuación se presentan los resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:**

Linea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu (m $\Omega$ /m)	Canal.	Designación	Polar.	I. Cálculo (A)	Sección (mm <sup>2</sup> )	D.tubo (mm)	I. Admisi. (A)/Fci
1	1	2	19	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	28,87	3x150	175	245/1
2	2	3	300	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	28,87	3x150	175	245/1

Nudo	C.d.t. (V)	Tensión Nudo (V)	C.d.t. (%)	Carga Nudo
1	0	20.000	0	28,868 A(1.000 kVA)
2	-0,23	19.999,77	0,001	0 A(0 kVA)
3	-3,866	19.996,135	0,019*	-28,868 A(-1.000 KVA)

NOTA:

- \* Nudo de mayor c.d.t.

**A continuación se muestran las pérdidas de potencia activa en kW.**

Linea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Pérdida Potencia Activa Rama. $3RI^2$ (kW)	Pérdida Potencia Activa Total Itinerario. $3RI^2$ (kW)
1	1	2	0,009	
2	2	3	0,143	0,152

**Caída de tensión total en los distintos itinerarios:**

$$1-2-3 = 0.02 \%$$

**b. Centros de Seccionamiento.****1. CORTOCIRCUITOS.****1.1. Observaciones.**

Para el cálculo de la intensidad primaria de cortocircuito se tendrá en cuenta una potencia de cortocircuito de 350 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Cía suministradora.

**1.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.**

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las siguientes expresiones:

- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de Alta Tensión:

$$I_{ccp} = S_{cc} / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

$S_{cc}$  = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.

$U_p$  = Tensión compuesta primaria en kV.

$I_{ccp}$  = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

- Intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de Baja Tensión (despreciando la impedancia de la red de Alta Tensión):

$$I_{ccs} = (100 \cdot S) / (1,732 \cdot U_{cc} (\%) \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

$S$  = Potencia del transformador en kVA.

$U_{cc} (\%)$  = Tensión de cortocircuito en % del transformador.

$U_s$  = Tensión compuesta en carga en el secundario en V.

$I_{ccs}$  = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

**1.3. Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.**

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

S <sub>cc</sub> (MVA)	U <sub>p</sub> (kV)	I <sub>ccp</sub> (kA)
350	20	10.1

## 2. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.

Las características del embarrado son:

Intensidad asignada : 400 A.

Límite térmico, 1 s. : 12.5 kA eficaces.

Límite electrodinámico : 31.25 kA cresta.

Por lo tanto dicho embarrado debe soportar la intensidad nominal sin superar la temperatura de régimen permanente (comprobación por densidad de corriente), así como los esfuerzos electrodinámicos y térmicos que se produzcan durante un cortocircuito.

### 2.1. Comprobación por densidad de corriente.

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor que constituye el embarrado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin sobrepasar la densidad de corriente máxima en régimen permanente. Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por SchneSF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza lo indicado para la intensidad asignada de 400 A.

### 2.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.

La resistencia mecánica de los conductores deberá verificar, en caso de cortocircuito que:

$$\sigma_{\text{máx}} \geq (I_{\text{ccp}}^2 \cdot L^2) / (60 \cdot d \cdot W), \text{ siendo:}$$

$\sigma_{\text{máx}}$  = Valor de la carga de rotura de tracción del material de los conductores. Para cobre semiduro 2800 Kg / cm<sup>2</sup>.

$I_{\text{ccp}}$  = Intensidad permanente de cortocircuito trifásico, en kA.

$L$  = Separación longitudinal entre apoyos, en cm.

$d$  = Separación entre fases, en cm.

$W$  = Módulo resistente de los conductores, en cm<sup>3</sup>.

Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por SchneSF6 conforme a la normativa vigente se garantiza el cumplimiento de la expresión anterior.

### 2.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.

La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina:



$$I_{th} = \alpha \cdot S \cdot \sqrt{(\Delta T / t)}, \text{ siendo:}$$

$I_{th}$  = Intensidad eficaz, en A.

$\alpha = 13$  para el Cu.

S = Sección del embarrado, en  $\text{mm}^2$ .

$\Delta T$  = Elevación o incremento máximo de temperatura,  $150^\circ\text{C}$  para Cu.

t = Tiempo de duración del cortocircuito, en s.

Puesto que se utilizan celdas bajo envoltente metálica fabricadas por SchneSF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza que:

$$I_{th} \geq 12.5 \text{ kA durante } 1 \text{ s.}$$

### 3. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE SECCIONAMIENTO.

Para el cálculo de la superficie mínima de las rejillas de entrada de aire en el edificio del centro de transformación, se utiliza la siguiente expresión:

$$S_r = (W_{cu} + W_{fe}) / (0,24 \cdot k \cdot \sqrt{(h \cdot \Delta T^3)}), \text{ siendo:}$$

$W_{cu}$  = Pérdidas en el cobre del transformador, en kW.

$W_{fe}$  = Pérdidas en el hierro del transformador, en kW.

k = Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada de aire, 0,5.

h = Distancia vertical entre centros de las rejillas de entrada y salida, en m.

$\Delta T$  = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada,  $15^\circ\text{C}$ .

$S_r$  = Superficie mínima de la rejilla de entrada de ventilación del transformador, en  $\text{m}^2$ .

No obstante, puesto que se utilizan edificios prefabricados de Schneider éstos han sufrido ensayos de homologación en cuanto al dimensionado de la ventilación del centro de transformación.

### 4. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.

#### 4.1. Investigación de las características del suelo.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina una resistividad media superficial de  $50 \Omega\text{m}$ .

#### **4.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.**

En instalaciones de Alta Tensión de tercera categoría los parámetros de la red que intervienen en los cálculos de faltas a tierras son:

##### Tipo de neutro.

El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, o a través de impedancia (resistencia o reactancia), lo cual producirá una limitación de las corrientes de falta a tierra.

##### Tipo de protecciones en el origen de la línea.

Cuando se produce un defecto, éste es eliminado mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un relé de intensidad, el cual puede actuar en un tiempo fijo (relé a tiempo independiente), o según una curva de tipo inverso (relé a tiempo dependiente).

Asimismo pueden existir reenganches posteriores al primer disparo que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a 0,5 s.

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora, se tiene:

- Intensidad máxima de defecto a tierra,  $I_{dm\acute{a}x}$  (A): 300.
- Duración de la falta.

Desconexión inicial:

Tiempo máximo de eliminación del defecto (s): 0.7.

#### **4.3. Diseño de la instalación de tierra.**

Para los cálculos a realizar se emplearán los procedimientos del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA.

##### TIERRA DE PROTECCIÓN.

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero pueden estarlo por defectos de aislamiento, averías o causas fortuitas, tales como chasis y bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

##### TIERRA DE SERVICIO.

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador y la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Para la puesta a tierra de servicio se utilizarán picas en hilera de diámetro 14 mm. y longitud 2 m., unidas mediante conductor desnudo de Cu de  $50 \text{ mm}^2$  de sección. El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a  $37 \Omega$ .

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo se realizará con cable de Cu de 50 mm<sup>2</sup>, aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

#### 4.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.

Las características de la red de alimentación son:

- Tensión de servicio,  $U = 20000 \text{ V}$ .
- Puesta a tierra del neutro:
  - Desconocida.
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión,  $U_{bt} = 10000 \text{ V}$ .
- Características del terreno:
  - $\rho$  terreno ( $\Omega\text{m}$ ): 50.
  - $\rho_H$  hormigón ( $\Omega\text{m}$ ): 3000.

#### TIERRA DE PROTECCIÓN.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas ( $R_t$ ), la intensidad y tensión de defecto ( $I_d$ ,  $U_E$ ), se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra,  $R_t$ :

$$R_t = K_r \cdot \rho \text{ (}\Omega\text{)}$$

- Intensidad de defecto,  $I_d$ :

$$I_d = I_{d\text{máx}} \text{ (A)}$$

- Aumento del potencial de tierra,  $U_E$ :

$$U_E = R_t \cdot I_d \text{ (V)}$$

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 40-25/5/82.
- Geometría: Anillo.
- Dimensiones (m): 4x2.5.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 8.

- Longitud de las picas (m): 2.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia,  $K_r (\Omega/\Omega\text{m}) = 0.092$ .
- De la tensión de paso,  $K_p (V/((\Omega\text{m})A)) = 0.0211$ .
- De la tensión de contacto exterior,  $K_c (V/((\Omega\text{m})A)) = 0.042$ .

Sustituyendo valores en las expresiones anteriores, se tiene:

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0.092 \cdot 50 = 4.6 \Omega.$$

$$I_d = I_{d\text{máx}} = 300 \text{ A.}$$

$$U_E = R_t \cdot I_d = 4.6 \cdot 300 = 1380 \text{ V.}$$

#### TIERRA DE SERVICIO.

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 5/32.
- Geometría: Picas en hilera.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 3.
- Longitud de las picas (m): 2.
- Separación entre picas (m): 3.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia,  $K_r (\Omega/\Omega\text{m}) = 0.135$ .

Sustituyendo valores:

$$R_{t\text{NEUTRO}} = K_r \cdot \rho = 0.135 \cdot 50 = 6.75 \Omega.$$

#### 4.5. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas. Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según la expresión:

$$U'p = Kp \cdot \rho \cdot Id = 0.0211 \cdot 50 \cdot 300 = 316.5 \text{ V.}$$

#### 4.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.

En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro.

Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo.

Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, estará sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

Asimismo la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior.

$$U'p (\text{acc}) = Kc \cdot \rho \cdot Id = 0.042 \cdot 50 \cdot 300 = 630 \text{ V.}$$

#### 4.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.

Para la obtención de los valores máximos admisibles de la tensión de paso exterior y en el acceso, se utilizan las siguientes expresiones:

$$Up = 10 \cdot Uca \cdot (1 + (2 \cdot Rac + 6 \cdot \rho_s \cdot Cs) / 1000) \text{ V.}$$

$$Up (\text{acc}) = 10 \cdot Uca \cdot (1 + (2 \cdot Rac + 3 \cdot \rho_s \cdot Cs + 3 \cdot \rho_H) / 1000) \text{ V.}$$

$$Cs = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot hs + 0,106)].$$

$$t = t' + t'' \text{ s.}$$

Siendo:

$Up$  = Tensión de paso admisible en el exterior, en voltios.

$Up (\text{acc})$  = Tensión en el acceso admisible, en voltios.

$Uca$  = Tensión de contacto aplicada admisible según ITC-RAT 13 (Tabla 1), en voltios.

$Rac$  = Resistencias adicionales, como calzado, aislamiento de la torre, etc, en  $\Omega$ .

$Cs$  = Coeficiente reductor de la resistencia superficial del suelo.

$hs$  = Espesor de la capa superficial del terreno, en m.

$\rho$  = Resistividad natural del terreno, en  $\Omega\text{xm}$ .

$\rho_S$  = Resistividad superficial del suelo, en  $\Omega\text{xm}$ .

$\rho_H$  = Resistividad del hormigón, 3000  $\Omega\text{xm}$ .

t = Tiempo de duración de la falta, en segundos.

t' = Tiempo de desconexión inicial, en segundos.

t'' = Tiempo de la segunda desconexión, en segundos.

Según el punto 8.2. el tiempo de duración de la falta es:

$$t' = 0.7 \text{ s.}$$

$$t = t' = 0.7 \text{ s.}$$

Sustituyendo valores:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_S \cdot C_s) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 6 \cdot 50 \cdot 1) / 1000) = 8755.6 \text{ V.}$$

$$U_p (\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_S \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 3 \cdot 50 \cdot 1 + 3 \cdot 3000) / 1000) = 23375.8 \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_S) / (2 \cdot h_s + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 50 / 50) / (2 \cdot 0 + 0,106)] = 1$$

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tensión de paso en el exterior y de paso en el acceso.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Tensión de paso en el exterior	$U_p = 316.5 \text{ V.}$	$\leq$	$U_p = 8755.6 \text{ V.}$
Tensión de paso en el acceso	$U_p (\text{acc}) = 630 \text{ V.}$	$\leq$	$U_p (\text{acc}) = 23375.8 \text{ V.}$

Tensión e intensidad de defecto.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Aumento del potencial de tierra	$U_E = 1380 \text{ V.}$	$\leq$	$U_{bt} = 10000 \text{ V.}$
Intensidad de defecto	$I_d = 300 \text{ A.}$	$>$	

#### 4.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio para su reducción o eliminación.

No obstante, para garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima ( $D_{n-p}$ ), entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio.

$$D_{n-p} \geq (\rho \cdot I_d) / (2000 \cdot \pi) = (50 \cdot 300) / (2000 \cdot \pi) = 2.39 \text{ m.}$$

Siendo:

$\rho$  = Resistividad del terreno en  $\Omega\text{m}$ .

$I_d$  = Intensidad de defecto en A.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo de servicio se realizará con cable de Cu de  $50 \text{ mm}^2$ , aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

#### b. Centro de Transformación

##### 1. Intensidad en Alta Tensión.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito primario  $I_p$  viene dada por la expresión:

$$I_p = S / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

$S$  = Potencia del transformador en kVA.

$U_p$  = Tensión compuesta primaria en kV.

$I_p$  = Intensidad primaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	$U_p$ (kV)	$I_p$ (A)
trafo 1	1000	20	28.87

##### 2. Intensidad en Baja Tensión

En un transformador trifásico la intensidad del circuito secundario  $I_s$  viene dada por la expresión:

$$I_s = (S \cdot 1000) / (1,732 \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.

$U_s$  = Tensión compuesta secundaria en V.

$I_s$  = Intensidad secundaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	$U_s$ (V)	$I_s$ (A)
trafo 1	1000	400	1443.42

### 3. Cortocircuitos

#### 3.1. Observaciones.

Para el cálculo de la intensidad primaria de cortocircuito se tendrá en cuenta una potencia de cortocircuito de 350 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Cía suministradora **IBERDROLA**.

#### 3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las siguientes expresiones:

- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de Alta Tensión:

$$I_{ccp} = S_{cc} / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

$S_{cc}$  = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.

$U_p$  = Tensión compuesta primaria en kV.

$I_{ccp}$  = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

- Intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de Baja Tensión (despreciando la impedancia de la red de Alta Tensión):

$$I_{ccs} = (100 \cdot S) / (1,732 \cdot U_{cc} (\%) \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.

$U_{cc} (\%)$  = Tensión de cortocircuito en % del transformador.

$U_s$  = Tensión compuesta en carga en el secundario en V.

$I_{ccs}$  = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.



### 3.3. Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Sc <sub>c</sub> (MVA)	U <sub>p</sub> (kV)	I <sub>ccp</sub> (kA)
350	20	10.1

### 3.4. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Transformador	Potencia (kVA)	U <sub>s</sub> (V)	U <sub>cc</sub> (%)	I <sub>ccs</sub> (kA)
trafo 1	1000	400	5	28.87

## 4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.

Las características del embarrado son:

Intensidad asignada: 400 A.

Límite térmico, 1 s: 12.5 kA eficaces.

Límite electrodinámico: 31.25 kA cresta.

Por lo tanto dicho embarrado debe soportar la intensidad nominal sin superar la temperatura de régimen permanente (comprobación por densidad de corriente), así como los esfuerzos electrodinámicos y térmicos que se produzcan durante un cortocircuito.

### 4.1. Comprobación por densidad de corriente.

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor que constituye el embarrado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin sobrepasar la densidad de corriente máxima en régimen permanente. Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por SchneSF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza lo indicado para la intensidad asignada de 400 A.

#### 4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.

La resistencia mecánica de los conductores deberá verificar, en caso de cortocircuito que:

$$\sigma_{\text{máx}} \geq (I_{\text{ccp}}^2 \cdot L^2) / (60 \cdot d \cdot W), \text{ siendo:}$$

$\sigma_{\text{máx}}$  = Valor de la carga de rotura de tracción del material de los conductores. Para cobre semiduro 2800 Kg / cm<sup>2</sup>.

$I_{\text{ccp}}$  = Intensidad permanente de cortocircuito trifásico, en kA.

$L$  = Separación longitudinal entre apoyos, en cm.

$d$  = Separación entre fases, en cm.

$W$  = Módulo resistente de los conductores, en cm<sup>3</sup>.

Dado que se utilizan celdas bajo envoltorio metálica fabricadas por SchneSF6 conforme a la normativa vigente se garantiza el cumplimiento de la expresión anterior.

#### 4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.

La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina:

$$I_{\text{th}} = \alpha \cdot S \cdot \sqrt{(\Delta T / t)}, \text{ siendo:}$$

$I_{\text{th}}$  = Intensidad eficaz, en A.

$\alpha$  = 13 para el Cu.

$S$  = Sección del embarrado, en mm<sup>2</sup>.

$\Delta T$  = Elevación o incremento máximo de temperatura, 150°C para Cu.

$t$  = Tiempo de duración del cortocircuito, en s.

Puesto que se utilizan celdas bajo envoltorio metálica fabricadas por SchneSF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza que:

$$I_{\text{th}} \geq 12.5 \text{ kA durante } 1 \text{ s.}$$

### 5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.

Los transformadores están protegidos tanto en AT como en BT. En Alta tensión la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, y en baja tensión la protección se incorpora en los cuadros de BT.

#### Protección trafo 1.

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor automático

dotado de relé electrónico con captadores toroidales de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor y así efectuar la protección a sobrecargas, cortocircuito.

### **Protección en Baja Tensión.**

En el circuito de baja tensión de cada transformador según RU6302 se instalará un Cuadro de Distribución de 4 salidas con posibilidad de extensionamiento. Se instalarán fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad exigida a esa salida, y un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión, calculada en el apartado 3.4.

La descarga del trafo al cuadro de Baja Tensión se realizará con conductores XLPE 0,6/1kV 240 mm<sup>2</sup> Al unipolares instalados al aire cuya intensidad admisible a 40°C de temperatura ambiente es de 390 A.

Para el trafo 1, cuya potencia es de 1000 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 4 conductores por fase y 2 para el neutro.

## **6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.**

Para el cálculo de la superficie mínima de las rejillas de entrada de aire en el edificio del centro de transformación, se utiliza la siguiente expresión:

$$S_r = (W_{cu} + W_{fe}) / (0,24 \cdot k \cdot \sqrt{(h \cdot \Delta T^3)}), \text{ siendo:}$$

$W_{cu}$  = Pérdidas en el cobre del transformador, en kW.

$W_{fe}$  = Pérdidas en el hierro del transformador, en kW.

$k$  = Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada de aire, 0,5.

$h$  = Distancia vertical entre centros de las rejillas de entrada y salida, en m.

$\Delta T$  = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, 15°C.

$S_r$  = Superficie mínima de la rejilla de entrada de ventilación del transformador, en m<sup>2</sup>.

No obstante, puesto que se utilizan edificios prefabricados de Schneider éstos han sufrido ensayos de homologación en cuanto al dimensionado de la ventilación del centro de transformación.

## **7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.**

El pozo de recogida de aceite será capaz de alojar la totalidad del volumen que contiene el transformador, y así es dimensionado por el fabricante al tratarse de un edificio prefabricado.

## **8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.**

### **8.1. Investigación de las características del suelo.**

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina

una resistividad media superficial de  $50 \Omega\text{m}$ .

## **8.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.**

En instalaciones de Alta Tensión de tercera categoría los parámetros de la red que intervienen en los cálculos de faltas a tierras son:

### Tipo de neutro.

El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, o a través de impedancia (resistencia o reactancia), lo cual producirá una limitación de las corrientes de falta a tierra.

### Tipo de protecciones en el origen de la línea.

Cuando se produce un defecto, éste es eliminado mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un relé de intensidad, el cual puede actuar en un tiempo fijo (relé a tiempo independiente), o según una curva de tipo inverso (relé a tiempo dependiente).

Asimismo pueden existir reenganches posteriores al primer disparo que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a 0,5 s.

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora, se tiene:

- Intensidad máxima de defecto a tierra,  $I_{dm\acute{a}x}$  (A): 300.
- Duración de la falta.

Desconexión inicial:

Tiempo máximo de eliminación del defecto (s): 0.7.

## **8.3. Diseño de la instalación de tierra.**

Para los cálculos a realizar se emplearán los procedimientos del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA.

### TIERRA DE PROTECCIÓN.

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero pueden estarlo por defectos de aislamiento, averías o causas fortuitas, tales como chasis y bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

### TIERRA DE SERVICIO.

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador y la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Para la puesta a tierra de servicio se utilizarán picas en hilera de diámetro 14 mm. y longitud 2 m., unidas

mediante conductor desnudo de Cu de 50 mm<sup>2</sup> de sección. El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37  $\Omega$ .

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo se realizará con cable de Cu de 50 mm<sup>2</sup>, aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

#### 8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.

Las características de la red de alimentación son:

- Tensión de servicio,  $U = 20000 \text{ V}$ .
- Puesta a tierra del neutro:
  - Desconocida.
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión,  $U_{bt} = 10000 \text{ V}$ .
- Características del terreno:
  - $\rho$  terreno ( $\Omega\text{m}$ ): 50.
  - $\rho_H$  hormigón ( $\Omega\text{m}$ ): 3000.

#### TIERRA DE PROTECCIÓN.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas ( $R_t$ ), la intensidad y tensión de defecto ( $I_d$ ,  $U_E$ ), se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra,  $R_t$ :

$$R_t = K_r \cdot \rho \text{ (}\Omega\text{)}$$

- Intensidad de defecto,  $I_d$ :

$$I_d = I_{d\text{máx}} \text{ (A)}$$

- Aumento del potencial de tierra,  $U_E$ :

$$U_E = R_t \cdot I_d \text{ (V)}$$

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 50-25/5/82.
- Geometría: Anillo.
- Dimensiones (m): 5x2.5.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.

- Número de picas: 8.
- Longitud de las picas (m): 2.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia,  $K_r (\Omega/\Omega\text{m}) = 0.085$ .
- De la tensión de paso,  $K_p (V/((\Omega\text{m})A)) = 0.0191$ .
- De la tensión de contacto exterior,  $K_c (V/((\Omega\text{m})A)) = 0.0386$ .

Sustituyendo valores en las expresiones anteriores, se tiene:

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0.085 \cdot 50 = 4.25 \Omega.$$

$$I_d = I_{d\text{máx}} = 300 \text{ A.}$$

$$U_E = R_t \cdot I_d = 4.25 \cdot 300 = 1275 \text{ V.}$$

#### TIERRA DE SERVICIO.

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 5/32.
- Geometría: Picas en hilera.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 3.
- Longitud de las picas (m): 2.
- Separación entre picas (m): 3.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia,  $K_r (\Omega/\Omega\text{m}) = 0.135$ .

Sustituyendo valores:

$$R_{t\text{NEUTRO}} = K_r \cdot \rho = 0.135 \cdot 50 = 6.75 \Omega.$$

#### 8.5. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas. Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá dada por las

características del electrodo y la resistividad del terreno según la expresión:

$$U'p = Kp \cdot \rho \cdot Id = 0.0191 \cdot 50 \cdot 300 = 286.5 \text{ V.}$$

### 8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.

En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro.

Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo.

Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, estará sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

Asimismo la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior.

$$U'p (\text{acc}) = Kc \cdot \rho \cdot Id = 0.0386 \cdot 50 \cdot 300 = 579 \text{ V.}$$

### 8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.

Para la obtención de los valores máximos admisibles de la tensión de paso exterior y en el acceso, se utilizan las siguientes expresiones:

$$Up = 10 \cdot Uca \cdot (1 + (2 \cdot Rac + 6 \cdot \rho_s \cdot Cs) / 1000) \text{ V.}$$

$$Up (\text{acc}) = 10 \cdot Uca \cdot (1 + (2 \cdot Rac + 3 \cdot \rho_s \cdot Cs + 3 \cdot \rho_H) / 1000) \text{ V.}$$

$$Cs = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot hs + 0,106)].$$

$$t = t' + t'' \text{ s.}$$

Siendo:

$Up$  = Tensión de paso admisible en el exterior, en voltios.

$Up (\text{acc})$  = Tensión en el acceso admisible, en voltios.

$Uca$  = Tensión de contacto aplicada admisible según ITC-RAT 13 (Tabla 1), en voltios.

$Rac$  = Resistencias adicionales, como calzado, aislamiento de la torre, etc, en  $\Omega$ .

$C_s$  = Coeficiente reductor de la resistencia superficial del suelo.

$h_s$  = Espesor de la capa superficial del terreno, en m.

$\rho$  = Resistividad natural del terreno, en  $\Omega\text{m}$ .

$\rho_s$  = Resistividad superficial del suelo, en  $\Omega\text{m}$ .

$\rho_H$  = Resistividad del hormigón, 3000  $\Omega\text{m}$ .

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

$t'$  = Tiempo de desconexión inicial, en segundos.

$t''$  = Tiempo de la segunda desconexión, en segundos.

Según el punto 8.2. el tiempo de duración de la falta es:

$$t' = 0.7 \text{ s.}$$

$$t = t' = 0.7 \text{ s.}$$

Sustituyendo valores:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 6 \cdot 50 \cdot 1) / 1000) = 8755.6 \text{ V.}$$

$$U_p (\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 3 \cdot 50 \cdot 1 + 3 \cdot 3000) / 1000) = 23375.8 \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 50 / 50) / (2 \cdot 0 + 0,106)] = 1$$

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tensión de paso en el exterior y de paso en el acceso.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Tensión de paso en el exterior	$U'_p = 286.5 \text{ V.}$	$\leq$	$U_p = 8755.6 \text{ V.}$
Tensión de paso en el acceso	$U'_p (\text{acc}) = 579 \text{ V.}$	$\leq$	$U_p (\text{acc}) = 23375.8 \text{ V.}$

Tensión e intensidad de defecto.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
----------	-----------------	-----------	-----------------



Aumento del potencial de tierra	$U_E = 1275 \text{ V.}$	$\leq$	$U_{bt} = 10000 \text{ V.}$
Intensidad de defecto	$I_d = 300 \text{ A.}$	$>$	

### 8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio para su reducción o eliminación.

No obstante, para garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima ( $D_{n-p}$ ), entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio.

$$D_{n-p} \geq (\rho \cdot I_d) / (2000 \cdot \pi) = (50 \cdot 300) / (2000 \cdot \pi) = 2.39 \text{ m.}$$

Siendo:

$\rho$  = Resistividad del terreno en  $\Omega\text{m}$ .

$I_d$  = Intensidad de defecto en A.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo de servicio se realizará con cable de Cu de  $50 \text{ mm}^2$ , aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

## D. Cálculos de Baja Tensión

### • Demanda de potencia

La suma de consumos de todos los receptores de la instalación, según desglose detallado, asciende a **570,20 kW**. Una vez aplicados los factores correctores indicados por el REBT, así como los factores de simultaneidad considerados para cada caso, se obtiene una potencia máxima prevista de **481,10 kW**.

### ▪ Relación de consumos

#### Relación de consumos

#### Alumbrado:

- A1

200 W

### Relación de consumos

• A10	100 W
• A100	1.758 W
• A11	350 W
• A12	3.234 W
• A13	3.234 W
• A14	3.332 W
• A15	100 W
• A16	100 W
• A17	100 W
• A18	4.556 W
• A19	4.824 W
• A2	200 W
• A20	4.556 W
• A21	4.824 W
• A22	4.556 W
• A23	4.824 W
• A24	2.680 W
• A25	2.680 W
• A26	2.680 W
• A27	2.680 W
• A28	2.680 W
• A29	2.680 W
• A3	400 W
• A30	2.680 W
• A31	2.680 W
• A32	2.680 W
• A33	2.680 W
• A34	2.680 W
• A35	2.412 W
• A36	3.752 W
• A37	3.752 W
• A38	3.752 W
• A39	3.752 W
• A4	60 W
• A40	3.752 W
• A41	3.752 W
• A42	1.608 W
• A43	1.608 W
• A44	1.608 W
• A45	1.608 W
• A46	1.608 W
• A47	1.608 W
• A48	2.412 W
• A49	2.412 W
• A5	882 W
• A50	2.412 W
• A51	2.412 W
• A52	2.412 W
• A53	2.412 W
• A54	1.734 W
• A55	1.734 W
• A56	3.135 W
• A57	100 W
• A58	350 W
• A59	2.744 W
• A6	100 W
• A60	2.744 W
• A61	2.744 W
• A62	2.744 W
• A63	2.744 W
• A64	2.744 W
• A65	4.020 W
• A66	3.752 W
• A67	3.752 W

### Relación de consumos

• A68	3.752 W
• A69	4.020 W
• A7	1.734 W
• A70	3.752 W
• A71	2.144 W
• A72	1.876 W
• A73	2.144 W
• A74	1.876 W
• A75	2.144 W
• A76	2.144 W
• A77	2.350 W
• A78	2.171 W
• A79	2.073 W
• A8	1.734 W
• A80	2.073 W
• A81	2.350 W
• A82	2.171 W
• A83	2.948 W
• A84	3.216 W
• A85	3.216 W
• A86	3.216 W
• A87	2.948 W
• A88	3.216 W
• A89	1.530 W
• A9	3.135 W
• A90	1.318 W
• A91	1.189 W
• A92	1.189 W
• A93	1.530 W
• A94	1.318 W
• A95	1.758 W
• A96	1.758 W
• A97	1.758 W
• A98	1.758 W
• A99	1.758 W
• Total alumbrado:	235.122 W
<b>Fuerza:</b>	
• F1	3.500 W
• F10	13.750 W
• F11	13.750 W
• F12	13.750 W
• F13	13.750 W
• F14	13.750 W
• F15	13.750 W
• F16	13.750 W
• F17	13.750 W
• F18	350 W
• F19	13.750 W
• F2	3.500 W
• F20	13.750 W
• F21	13.750 W
• F22	13.750 W
• F23	13.750 W
• F24	13.750 W
• F3	3.500 W
• F4	60.000 W
• F5	57.165 W
• F6	360 W
• F7	100 W
• F8	350 W
• F9	13.750 W
• Total fuerza:	335.075 W
<b>Resumen:</b>	
• Alumbrado:	235.122 W

### Relación de consumos

• Fuerza:	335.075 W
• <b>TOTAL</b>	<b>570.197 W</b>

---

- Anejo de cuadros resumen por circuitos

## Listado de circuitos

Circuito	P	U <sub>n</sub>	I <sub>b</sub>	I <sub>z</sub>	Fct·I <sub>zt</sub>	I <sub>cc máx</sub>	I <sub>cc mín</sub>	I <sub>PROT.</sub>	Sección	Cable e instalación	T <sub>TRAB</sub>	K	L <sub>CDT</sub>	CDT <sub>circ</sub>	CDT <sub>acum</sub>	P <sub>máxCAL</sub>	P <sub>máxCDT</sub>
L CBT	481.101	400	705,25	876,10	4x0,624x351	30,00	22,337		4x(3x240/120)	RV-K/u/71-D (12,85m);	67,1	48,96	12,85	0,0822	0,0822	597.645	26.329.691
DCSC	128.917	400	193,61	244,79	0,91x269	28,56	17,827	200	(4x95)+TTx50	RZ1-K (AS)/u/4-B1 (7,85m);	71,3	48,29	7,85	0,1379	0,2201	162.993	4.129.890
DC3C	198.334	400	289,30	390,21	2x0,728x268	28,56	21,044	315	2x(4x120)+TTx120	SZ1-K (AS+)/m/5-B2 (8,85m);	67,5	48,90	8,85	0,0935	0,1757	267.508	9.370.854
DC2C	153.850	400	223,81	293,02	0,91x322	28,56	18,445	250	(4x120)+TTx70	RZ1-K (AS)/u/30-C (7,85m);	69,2	48,63	7,85	0,1294	0,2116	201.426	5.252.863
DCF1	3.468	400	5,01	47,32	0,91x52	27,12	6,772	25	(4x6)+TTx6	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	40,6	53,68	3,15	0,0212	0,1969	32.784	706.852
CF2	60.032	400	86,65	133,77	0,91x147	27,12	18,019	100	(4x35)+TTx16	RZ1-K (AS)/u/30-C (2,15m);	61	49,97	2,15	0,0462	0,2219	92.679	5.622.564
CF3	46.632	400	67,31	108,29	0,91x119	27,12	16,964	80	(4x25)+TTx16	RZ1-K (AS)/u/30-C (2,15m);	59,3	50,26	2,15	0,0499	0,2257	75.026	4.038.795
CF5	48.564	400	70,10	108,29	0,91x119	25,21	14,848	80	(4x25)+TTx16	RZ1-K (AS)/u/30-C (2,15m);	60,9	49,98	2,15	0,0523	0,2639	75.026	3.983.172
CF6	37.382	400	53,96	108,29	0,91x119	25,21	14,848	63	(4x25)+TTx16	RZ1-K (AS)/u/30-C (2,15m);	52,4	51,46	2,15	0,0391	0,2507	75.026	4.101.440
DCF4	3.468	400	5,01	47,32	0,91x52	25,21	6,421	10	(4x6)+TTx6	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	40,6	53,68	3,15	0,0212	0,2328	32.784	700.985
D10	9.800	400	14,15	47,32	0,91x52	27,12	6,772	25	(4x6)+TTx6	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	44,5	52,93	3,15	0,0608	0,2365	32.784	696.970

## Listado de circuitos

D11	300	400	0,43	47,32	0,91x52	27,12	6,772	25	(4x6)+TTx6	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	40	53,78	3,15	0,0018	0,1776	32.784	708.279
F8	350	230	1,59	53,76	0,96x56	24,45	0,083	25 (1,7)	(2x6)+TTx6	RZ1-K (AS)/u/71-D (306,7m);	25,1	56,87	306,70	1,1893	1,3650	11.870	1.861
D25	41.250	400	62,02	87,36	0,91x96	27,12	12,718	63	(4x16)+TTx16	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	65,2	49,27	3,15	0,1031	0,2788	58.104	2.530.532
D26	41.250	400	62,02	64,61	0,91x71	27,12	9,785	63	(4x10)+TTx10	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	86,1	46,07	3,15	0,1764	0,3521	42.973	1.478.805
A56	3.135	230	13,63	72,80	0,91x80	21,39	0,254	16	(2x10)+TTx10	RZ1-K (AS)/u/30-C (166,7m);	41,8	53,44	166,70	3,6971	3,9087	16.744	3.636
D31	450	400	0,65	20,02	0,91x22	25,21	1,929	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	40,1	53,77	3,15	0,0110	0,2226	13.870	175.569
D32	8.232	400	11,88	36,40	0,91x40	25,21	4,658	20	(4x4)+TTx4	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	45,3	52,76	3,15	0,0768	0,2885	25.219	459.378
D33	8.232	400	11,88	36,40	0,91x40	25,21	4,658	20	(4x4)+TTx4	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	45,3	52,76	3,15	0,0768	0,2885	25.219	459.378
F8	350	230	1,59	53,76	0,96x56	21,39	0,083	10	(2x6)+TTx6	RZ1-K (AS)/u/71-D (306,7m);	25,1	56,87	306,70	1,1893	1,4009	11.870	1.851
D47	41.250	400	62,02	87,36	0,91x96	25,21	11,469	63	(4x16)+TTx16	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	65,2	49,27	3,15	0,1031	0,3147	58.104	2.516.172
D48	41.250	400	62,02	64,61	0,91x71	25,21	9,041	63	(4x10)+TTx10	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	86,1	46,07	3,15	0,1764	0,3880	42.973	1.470.413
D27	41.250	400	62,02	87,36	0,91x96	27,12	12,718	63	(4x16)+TTx16	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	65,2	49,27	3,15	0,1031	0,2788	58.104	2.530.532
A9	3.135	230	13,63	72,80	0,91x80	24,45	0,255	25 (14)	(2x10)+TTx10	RZ1-K (AS)/u/30-C (166,7m);	41,8	53,44	166,70	3,6971	3,8728	16.744	3.667

Listado de circuitos																	
D.CASC	450	400	0,65	47,32	0,91x52	27,12	6,772	25	(4x6)+TTx6	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	40	53,78	3,15	0,0027	0,1785	32.784	708.265
A10	100	230	0,43	53,76	0,96x56	10,42	0,084	10	(2x6)+TTx6	RZ1-K (AS)/u/71-D (302,85m);	25	56,89	302,85	0,3355	0,5139	12.365	1.288
A11	350	230	1,52	53,76	0,96x56	10,42	0,080	10	(2x6)+TTx6	RZ1-K (AS)/u/71-D (317,85m);	25,1	56,87	317,85	1,2325	1,4110	12.365	1.227
A12	3.234	400	4,67	20,02	0,91x22	17,19	0,039	10 (4,8)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (162,85m);	42,7	53,26	162,85	4,1204	4,3569	13.870	3.346
A13	3.234	400	4,67	20,02	0,91x22	17,19	0,146	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (42,85m);	42,7	53,26	42,85	1,0842	1,3207	13.870	12.717
A14	3.332	400	4,81	20,02	0,91x22	17,19	0,039	10 (4,9)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (162,85m);	42,9	53,23	162,85	4,2478	4,4843	13.870	3.344
A15	100	400	0,14	20,02	0,91x22	17,19	0,042	10 (0,15)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (152,85m);	40	53,78	152,85	0,1184	0,2960	13.870	3.650
A12	100	400	0,14	20,02	0,91x22	17,19	0,223	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (27,85m);	40	53,78	27,85	0,0216	0,1991	13.870	20.032
A17	100	400	0,14	20,02	0,91x22	17,19	0,042	10 (0,15)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (152,85m);	40	53,78	152,85	0,1184	0,2960	13.870	3.650
A57	100	230	0,43	53,76	0,96x56	3,15	0,081	10	(2x6)+TTx6	RZ1-K (AS)/u/71-D (302,85m);	25	56,89	302,85	0,3355	0,5581	12.365	1.275
A58	350	230	1,52	53,76	0,96x56	3,15	0,077	10	(2x6)+TTx6	RZ1-K (AS)/u/71-D (317,85m);	25,1	56,87	317,85	1,2325	1,4551	12.365	1.215
A59	2.744	400	3,96	20,02	0,91x22	13,09	0,039	10 (4,1)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (162,85m);	42	53,40	162,85	3,4865	3,7749	13.870	3.315
A60	2.744	400	3,96	20,02	0,91x22	13,09	0,145	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (42,85m);	42	53,40	42,85	0,9174	1,2059	13.870	12.597

## Listado de circuitos

A61	2.744	400	3,96	20,02	0,91x22	13,09	0,039	10 (4,1)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (162,85m);	42	53,40	162,85	3,4865	3,7749	13.870	3.315
A62	2.744	400	3,96	20,02	0,91x22	13,09	0,042	10 (4,1)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (152,85m);	42	53,40	152,85	3,2724	3,5609	13.870	3.531
A63	2.744	400	3,96	20,02	0,91x22	13,09	0,219	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (27,85m);	42	53,40	27,85	0,5963	0,8848	13.870	19.381
A64	2.744	400	3,96	20,02	0,91x22	13,09	0,042	10 (4,1)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (152,85m);	42	53,40	152,85	3,2724	3,5609	13.870	3.531
D1	9.450	400	14,21	25,48	0,91x28	25,03	3,056	16	(4x2,5)+TTx2,5	RZ1-K (AS)/u/4-B1 (3,15m);	55,5	50,91	3,15	0,1463	0,3664	16.947	405.660
D12	13.936	400	20,11	64,61	0,91x71	25,68	8,608	32	(4x10)+TTx10	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	44,8	52,85	3,15	0,0519	0,2738	44.763	1.147.661
D13	14.204	400	20,50	64,61	0,91x71	25,68	8,608	32	(4x10)+TTx10	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	45	52,82	3,15	0,0530	0,2749	44.763	1.146.890
D14	8.040	400	11,60	27,30	0,91x30	25,68	3,027	16	(4x2,5)+TTx2,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	49	52,07	3,15	0,1217	0,3436	18.914	282.686
D15	8.040	400	11,60	27,30	0,91x30	25,68	3,027	16	(4x2,5)+TTx2,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	49	52,07	3,15	0,1217	0,3436	18.914	282.686
D16	8.040	400	11,60	47,32	0,91x52	25,68	6,169	25	(4x6)+TTx6	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	43	53,20	3,15	0,0496	0,2715	32.784	693.150
D17	7.772	400	11,22	36,40	0,91x40	25,68	4,515	20	(4x4)+TTx4	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	44,7	52,87	3,15	0,0724	0,2943	25.219	459.224
D18	11.256	400	16,25	64,61	0,91x71	25,32	8,237	32	(4x10)+TTx10	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	43,2	53,17	3,15	0,0417	0,2674	44.763	1.153.595
D19	11.256	400	16,25	47,32	0,91x52	25,32	5,967	25	(4x6)+TTx6	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	45,9	52,66	3,15	0,0702	0,2958	32.784	685.427



## Listado de circuitos

D20	4.824	400	6,96	20,02	0,91x22	25,32	1,881	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	46	52,63	3,15	0,1204	0,3461	13.870	171.263
D21	4.824	400	6,96	20,02	0,91x22	25,32	1,881	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	46	52,63	3,15	0,1204	0,3461	13.870	171.263
D22	7.236	400	10,44	36,40	0,91x40	25,32	4,403	20	(4x4)+TTx4	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	44,1	52,99	3,15	0,0673	0,2929	25.219	459.860
D23	7.236	400	10,44	36,40	0,91x40	25,32	4,403	20	(4x4)+TTx4	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	44,1	52,99	3,15	0,0673	0,2929	25.219	459.860
A54	1.734	400	2,50	44,16	0,96x46	16,31	0,051	10	(4x6)+TTx16	RZ1-K (AS)/u/71-D (502,85m);	25,2	56,84	502,85	1,5979	1,8308	30.595	4.631
A55	1.734	400	2,50	44,16	0,96x46	16,31	0,051	10	(4x6)+TTx16	RZ1-K (AS)/u/71-D (502,85m);	25,2	56,84	502,85	1,5979	1,8308	30.595	4.631
D34	11.524	400	16,63	64,61	0,91x71	23,55	7,709	32	(4x10)+TTx10	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	43,3	53,14	3,15	0,0427	0,3066	44.763	1.142.647
D35	11.524	400	16,63	47,32	0,91x52	23,55	5,695	20	(4x6)+TTx6	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	46,2	52,60	3,15	0,0719	0,3358	32.784	678.608
D36	6.164	400	8,90	20,02	0,91x22	23,55	1,856	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	49,9	51,92	3,15	0,1559	0,4198	13.870	167.451
D37	6.164	400	8,90	20,02	0,91x22	23,55	1,856	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	49,9	51,92	3,15	0,1559	0,4198	13.870	167.451
D38	6.594	400	9,52	36,40	0,91x40	23,55	4,258	20	(4x4)+TTx4	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	43,4	53,12	3,15	0,0611	0,3250	25.219	456.887
D39	6.594	400	9,52	36,40	0,91x40	23,55	4,258	20	(4x4)+TTx4	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	43,4	53,12	3,15	0,0611	0,3250	25.219	456.887
D4	460	230	2,08	30,03	0,91x33	21,00	3,056	16	(2x2,5)+TTx2,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	40,2	53,74	3,15	0,0408	0,2609	6.631	70.789

Listado de circuitos																	
D40	9.380	400	13,54	47,32	0,91x52	23,55	5,695	25	(4x6)+TTx6	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	44,1	53,00	3,15	0,0581	0,3088	32.784	685.805
D41	9.380	400	13,54	47,32	0,91x52	23,55	5,695	25	(4x6)+TTx6	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	44,1	53,00	3,15	0,0581	0,3088	32.784	685.805
D42	4.037	400	5,83	20,02	0,91x22	23,55	1,856	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	44,2	52,97	3,15	0,1001	0,3508	13.870	171.364
D43	4.037	400	5,83	20,02	0,91x22	23,55	1,856	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	44,2	52,97	3,15	0,1001	0,3508	13.870	171.364
D44	5.274	400	7,61	36,40	0,91x40	23,55	4,258	20	(4x4)+TTx4	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	42,2	53,36	3,15	0,0487	0,2994	25.219	460.347
D45	5.274	400	7,61	36,40	0,91x40	23,55	4,258	20	(4x4)+TTx4	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	42,2	53,36	3,15	0,0487	0,2994	25.219	460.347
D5	1.842	400	2,66	47,32	0,91x52	25,03	6,268	25	(4x6)+TTx6	RZ1-K (AS)/u/30-C (3,15m);	40,2	53,75	3,15	0,0113	0,2314	32.784	700.615
A7	1.734	400	2,50	44,16	0,96x46	17,19	0,051	10	(4x6)+TTx16	RZ1-K (AS)/u/71-D (502,85m);	25,2	56,84	502,85	1,5979	1,7949	30.595	4.669
A8	1.734	400	2,50	44,16	0,96x46	17,19	0,051	10	(4x6)+TTx16	RZ1-K (AS)/u/71-D (502,85m);	25,2	56,84	502,85	1,5979	1,7949	30.595	4.669
F10	13.750	400	20,67	47,32	0,91x52	23,16	0,164	25	(4x6)+TTx6	RZ1-K (AS)/u/30-C (154,85m);	49,5	51,98	154,85	4,2668	4,5456	31.473	20.048
F11	13.750	400	20,67	47,32	0,91x52	23,16	0,162	25	(4x6)+TTx6	RZ1-K (AS)/u/30-C (156,85m);	49,5	51,98	156,85	4,3219	4,6007	31.473	19.792
F12	13.750	400	20,67	27,30	0,91x30	20,92	0,384	25	(4x2,5)+TTx2,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (26,85m);	68,7	48,71	26,85	1,8951	2,2472	18.157	44.607
F13	13.750	400	20,67	27,30	0,91x30	20,92	0,413	25	(4x2,5)+TTx2,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (24,85m);	68,7	48,71	24,85	1,7539	2,1061	18.157	48.197

## Listado de circuitos

F14	13.750	400	20,67	27,30	0,91x30	20,92	0,448	25	(4x2,5)+TTx2,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (22,85m);	68,7	48,71	22,85	1,6128	1,9649	18.157	52.415
F15	13.750	400	20,67	47,32	0,91x52	23,16	0,164	25	(4x6)+TTx6	RZ1-K (AS)/u/30-C (154,85m);	49,5	51,98	154,85	4,2668	4,5456	31.473	20.048
F16	13.750	400	20,67	47,32	0,91x52	23,16	0,162	25	(4x6)+TTx6	RZ1-K (AS)/u/30-C (156,85m);	49,5	51,98	156,85	4,3219	4,6007	31.473	19.792
F17	13.750	400	20,67	47,32	0,91x52	23,16	0,166	25	(4x6)+TTx6	RZ1-K (AS)/u/30-C (152,85m);	49,5	51,98	152,85	4,2117	4,4905	31.473	20.310
F20	13.750	400	20,67	47,32	0,91x52	21,61	0,163	25	(4x6)+TTx6	RZ1-K (AS)/u/30-C (154,85m);	49,5	51,98	154,85	4,2668	4,5815	31.473	19.932
F21	13.750	400	20,67	27,30	0,91x30	21,61	0,373	25	(4x2,5)+TTx2,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (27,85m);	68,7	48,71	27,85	1,9656	2,2803	18.157	43.267
F22	13.750	400	20,67	27,30	0,91x30	19,62	0,345	25	(4x2,5)+TTx2,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (29,85m);	68,7	48,71	29,85	2,1068	2,4948	18.157	39.890
F23	13.750	400	20,67	27,30	0,91x30	19,62	0,345	25	(4x2,5)+TTx2,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (29,85m);	68,7	48,71	29,85	2,1068	2,4948	18.157	39.890
F24	13.750	400	20,67	27,30	0,91x30	19,62	0,315	25	(4x2,5)+TTx2,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (32,85m);	68,7	48,71	32,85	2,3185	2,7065	18.157	36.247
F4	60.000	400	90,21	106,47	0,91x117	25,03	5,627	100	(4x25)+TTx16	RZ1-K (AS)/u/59-B1 (14,7m);	75,9	47,58	14,70	0,4636	0,6837	70.814	812.739
F5	57.165	400	85,95	106,47	0,91x117	25,03	5,931	100	(4x25)+TTx16	RZ1-K (AS)/u/59-B1 (13,7m);	72,6	48,09	13,70	0,4073	0,6274	70.814	881.430
F9	13.750	400	20,67	47,32	0,91x52	23,16	0,166	25	(4x6)+TTx6	RZ1-K (AS)/u/30-C (152,85m);	49,5	51,98	152,85	4,2117	4,4905	31.473	20.310
F19	13.750	400	20,67	47,32	0,91x52	21,61	0,166	25	(4x6)+TTx6	RZ1-K (AS)/u/30-C (152,85m);	49,5	51,98	152,85	4,2117	4,5264	31.473	20.193

Listado de circuitos																	
A1	200	230	0,87	21,84	0,91x24	9,62	0,022	10 (0,88)	(2x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (292,85m);	40,1	53,77	292,85	2,7455	2,9769	5.023	311
A100	1.758	400	2,54	20,02	0,91x22	12,17	0,037	10 (2,6)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (172,85m);	40,8	53,63	172,85	2,3610	2,6604	13.870	3.128
A18	4.556	400	6,58	36,40	0,91x40	19,45	0,070	20 (6,7)	(4x4)+TTx4	RZ1-K (AS)/u/30-C (242,85m);	41,6	53,47	242,85	3,2334	3,5072	25.219	5.955
A19	4.824	400	6,96	36,40	0,91x40	19,45	0,088	20 (7,1)	(4x4)+TTx4	RZ1-K (AS)/u/30-C (192,85m);	41,8	53,43	192,85	2,7207	2,9945	25.219	7.493
A2	200	230	0,87	21,84	0,91x24	9,62	0,022	10 (0,88)	(2x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (292,85m);	40,1	53,77	292,85	2,7455	2,9769	5.023	311
A20	4.556	400	6,58	27,30	0,91x30	19,45	0,074	16 (6,7)	(4x2,5)+TTx2,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (142,85m);	42,9	53,22	142,85	3,0571	3,3309	18.914	6.298
A21	4.824	400	6,96	36,40	0,91x40	19,45	0,074	16 (7,1)	(4x4)+TTx4	RZ1-K (AS)/u/30-C (227,85m);	41,8	53,43	227,85	3,2144	3,4893	25.219	6.341
A22	4.556	400	6,58	27,30	0,91x30	19,45	0,061	16 (6,7)	(4x2,5)+TTx2,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (172,85m);	42,9	53,22	172,85	3,6991	3,9740	18.914	5.204
A23	4.824	400	6,96	27,30	0,91x30	19,45	0,080	16 (7,1)	(4x2,5)+TTx2,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (132,85m);	43,3	53,16	132,85	3,0141	3,2890	18.914	6.762
A24	2.680	400	3,87	20,02	0,91x22	9,25	0,099	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (62,85m);	41,9	53,42	62,85	1,3138	1,6574	13.870	8.479
A25	2.680	400	3,87	20,02	0,91x22	9,25	0,080	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (77,85m);	41,9	53,42	77,85	1,6273	1,9709	13.870	6.845
A26	2.680	400	3,87	20,02	0,91x22	9,25	0,117	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (52,85m);	41,9	53,42	52,85	1,1048	1,4483	13.870	10.083
A27	2.680	400	3,87	20,02	0,91x22	9,25	0,128	10 (4,0)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (47,85m);	41,9	53,42	47,85	1,0002	1,3438	13.870	11.137

## Listado de circuitos

A28	2.680	400	3,87	20,02	0,91x22	9,25	0,099	10 (4,0)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (62,85m);	41,9	53,42	62,85	1,3138	1,6574	13.870	8.479
A29	2.680	400	3,87	20,02	0,91x22	9,25	0,160	10 (4,0)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (37,85m);	41,9	53,42	37,85	0,7912	1,1348	13.870	14.079
A3	400	230	1,74	20,93	0,91x23	9,62	0,340	10	(2x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/4-B1 (17,85m);	40,3	53,72	17,85	0,3351	0,5664	4.814	5.096
A30	2.680	400	3,87	20,02	0,91x22	16,07	0,045	10 (4,0)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (142,85m);	41,9	53,42	142,85	2,9860	3,2575	13.870	3.795
A31	2.680	400	3,87	20,02	0,91x22	16,07	0,033	10 (4,0)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (192,85m);	41,9	53,42	192,85	4,0311	4,3027	13.870	2.811
A32	2.680	400	3,87	27,30	0,91x30	16,07	0,044	10 (4,0)	(4x2,5)+TTx2,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (242,85m);	41	53,59	242,85	3,0363	3,3078	18.914	3.732
A33	2.680	400	3,87	20,02	0,91x22	12,87	0,048	10 (4,0)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (132,85m);	41,9	53,42	132,85	2,7770	3,0713	13.870	4.059
A34	2.680	400	3,87	20,02	0,91x22	12,87	0,037	10 (4,0)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (172,85m);	41,9	53,42	172,85	3,6131	3,9074	13.870	3.120
A35	2.412	400	3,48	27,30	0,91x30	12,87	0,046	16 (3,6)	(4x2,5)+TTx2,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (227,85m);	40,8	53,63	227,85	2,5621	2,8564	18.914	3.959
A36	3.752	400	5,42	27,30	0,91x30	19,02	0,055	16 (5,5)	(4x2,5)+TTx2,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (192,85m);	42	53,40	192,85	3,3874	3,6548	18.914	4.688
A37	3.752	400	5,42	36,40	0,91x40	19,02	0,070	20 (5,5)	(4x4)+TTx4	RZ1-K (AS)/u/30-C (242,85m);	41,1	53,57	242,85	2,6577	2,9251	25.219	5.975
A38	3.752	400	5,42	20,02	0,91x22	19,02	0,045	10 (5,5)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (142,85m);	43,7	53,08	142,85	4,2075	4,4748	13.870	3.774
A39	3.752	400	5,42	27,30	0,91x30	15,72	0,061	16 (5,5)	(4x2,5)+TTx2,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (172,85m);	42	53,40	172,85	3,0361	3,3319	18.914	5.195

Listado de circuitos																	
A4	60	230	0,26	20,93	0,91x23	9,62	0,340	10	(2x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/59-B1 (17,85m);	40	53,78	17,85	0,0502	0,2816	4.814	5.102
A40	3.752	400	5,42	20,02	0,91x22	15,72	0,048	10 (5,5)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (132,85m);	43,7	53,08	132,85	3,9129	4,2088	13.870	4.031
D19	3.752	400	5,42	27,30	0,91x30	15,72	0,046	16 (5,5)	(4x2,5)+TTx2,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (227,85m);	42	53,40	227,85	4,0022	4,2980	18.914	3.941
A42	1.608	400	2,32	20,02	0,91x22	5,99	0,079	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (77,85m);	40,7	53,65	77,85	0,9722	1,3182	13.870	6.871
A43	1.608	400	2,32	20,02	0,91x22	5,99	0,114	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (52,85m);	40,7	53,65	52,85	0,6600	1,0060	13.870	10.121
A44	1.608	400	2,32	20,02	0,91x22	5,99	0,097	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (62,85m);	40,7	53,65	62,85	0,7849	1,1309	13.870	8.510
A45	1.608	400	2,32	20,02	0,91x22	5,99	0,125	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (47,85m);	40,7	53,65	47,85	0,5976	0,9436	13.870	11.178
A46	1.608	400	2,32	20,02	0,91x22	5,99	0,155	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (37,85m);	40,7	53,65	37,85	0,4727	0,8187	13.870	14.131
A47	1.608	400	2,32	20,02	0,91x22	5,99	0,097	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (62,85m);	40,7	53,65	62,85	0,7849	1,1309	13.870	8.510
A48	2.412	400	3,48	20,02	0,91x22	12,62	0,044	10 (3,6)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (142,85m);	41,5	53,49	142,85	2,6840	2,9769	13.870	3.781
A49	2.412	400	3,48	27,30	0,91x30	12,62	0,044	16 (3,6)	(4x2,5)+TTx2,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (242,85m);	40,8	53,63	242,85	2,7308	3,0237	18.914	3.716
A5	882	230	3,83	30,03	0,91x33	9,62	0,069	10 (3,9)	(2x2,5)+TTx2,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (152,85m);	40,8	53,63	152,85	3,8019	4,0333	6.907	990
A50	2.412	400	3,48	20,02	0,91x22	12,62	0,033	10 (3,6)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (192,85m);	41,5	53,49	192,85	3,6234	3,9163	13.870	2.801

## Listado de circuitos

A51	2.412	400	3,48	27,30	0,91x30	12,62	0,046	16 (3,6)	(4x2,5)+TTx2,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (227,85m);	40,8	53,63	227,85	2,5621	2,8550	18.914	3.961
A52	2.412	400	3,48	20,02	0,91x22	12,62	0,048	10 (3,6)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (132,85m);	41,5	53,49	132,85	2,4961	2,7890	13.870	4.065
A53	2.412	400	3,48	20,02	0,91x22	12,62	0,037	10 (3,6)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (172,85m);	41,5	53,49	172,85	3,2476	3,5405	13.870	3.125
A6	100	230	0,43	20,93	0,91x23	9,62	0,463	10	(2x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/59-B1 (12,85m);	40	53,78	12,85	0,0602	0,2916	4.814	7.087
A65	4.020	400	5,80	36,40	0,91x40	17,94	0,070	20 (5,9)	(4x4)+TTx4	RZ1-K (AS)/u/30-C (242,85m);	41,3	53,54	242,85	2,8493	3,1559	25.219	5.916
A66	3.752	400	5,42	27,30	0,91x30	17,94	0,055	16 (5,5)	(4x2,5)+TTx2,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (192,85m);	42	53,40	192,85	3,3874	3,6940	18.914	4.645
A67	3.752	400	5,42	27,30	0,91x30	17,94	0,074	16 (5,5)	(4x2,5)+TTx2,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (142,85m);	42	53,40	142,85	2,5092	2,8158	18.914	6.270
A68	3.752	400	5,42	27,30	0,91x30	14,99	0,046	16 (5,5)	(4x2,5)+TTx2,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (227,85m);	42	53,40	227,85	4,0022	4,3380	18.914	3.904
A69	4.020	400	5,80	27,30	0,91x30	14,99	0,061	16 (5,9)	(4x2,5)+TTx2,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (172,85m);	42,3	53,35	172,85	3,2564	3,5922	18.914	5.141
A70	3.752	400	5,42	20,02	0,91x22	14,99	0,048	10 (5,5)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (132,85m);	43,7	53,08	132,85	3,9129	4,2488	13.870	3.993
A71	2.144	400	3,09	20,02	0,91x22	5,90	0,097	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (62,85m);	41,2	53,55	62,85	1,0485	1,4683	13.870	8.343
A72	1.876	400	2,71	20,02	0,91x22	5,90	0,079	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (77,85m);	40,9	53,61	77,85	1,1352	1,5550	13.870	6.743
A73	2.144	400	3,09	20,02	0,91x22	5,90	0,114	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (52,85m);	41,2	53,55	52,85	0,8817	1,3015	13.870	9.922

## Listado de circuitos

A74	1.876	400	2,71	20,02	0,91x22	5,90	0,125	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (47,85m);	40,9	53,61	47,85	0,6978	1,1176	13.870	10.970
A75	2.144	400	3,09	20,02	0,91x22	5,90	0,097	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (62,85m);	41,2	53,55	62,85	1,0485	1,4683	13.870	8.343
A76	2.144	400	3,09	20,02	0,91x22	5,90	0,155	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (37,85m);	41,2	53,55	37,85	0,6314	1,0513	13.870	13.854
A77	2.350	400	3,39	20,02	0,91x22	12,17	0,044	10 (3,5)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (142,85m);	41,4	53,51	142,85	2,6142	2,9393	13.870	3.753
A78	2.171	400	3,13	20,02	0,91x22	12,17	0,033	10 (3,2)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (192,85m);	41,2	53,55	192,85	3,2580	3,5830	13.870	2.782
A79	2.073	400	2,99	20,02	0,91x22	12,17	0,026	10 (3,1)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (242,85m);	41,1	53,57	242,85	3,9159	4,2409	13.870	2.210
A80	2.073	400	2,99	20,02	0,91x22	12,17	0,048	10 (3,1)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (132,85m);	41,1	53,57	132,85	2,1422	2,4672	13.870	4.040
A81	2.350	400	3,39	20,02	0,91x22	12,17	0,037	10 (3,5)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (172,85m);	41,4	53,51	172,85	3,1633	3,4883	13.870	3.102
A82	2.171	400	3,13	20,02	0,91x22	12,17	0,028	10 (3,2)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (227,85m);	41,2	53,55	227,85	3,8492	4,1743	13.870	2.355
A83	2.948	400	4,26	27,30	0,91x30	14,99	0,055	16 (4,3)	(4x2,5)+TTx2,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (192,85m);	41,2	53,55	192,85	2,6543	2,9631	18.914	4.655
A84	3.216	400	4,64	27,30	0,91x30	14,99	0,044	16 (4,7)	(4x2,5)+TTx2,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (242,85m);	41,4	53,50	242,85	3,6494	3,9582	18.914	3.693
A85	3.216	400	4,64	20,02	0,91x22	14,99	0,045	10 (4,7)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (142,85m);	42,7	53,26	142,85	3,5938	3,9026	13.870	3.751
A86	3.216	400	4,64	27,30	0,91x30	14,99	0,061	16 (4,7)	(4x2,5)+TTx2,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (172,85m);	41,4	53,50	172,85	2,5975	2,9063	18.914	5.189



## Listado de circuitos

A87	2.948	400	4,26	20,02	0,91x22	14,99	0,048	10 (4,3)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (132,85m);	42,3	53,35	132,85	3,0590	3,3678	13.870	4.039
A88	3.216	400	4,64	27,30	0,91x30	14,99	0,046	16 (4,7)	(4x2,5)+TTx2,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (227,85m);	41,4	53,50	227,85	3,4240	3,7328	18.914	3.937
A89	1.530	400	2,21	20,02	0,91x22	5,90	0,079	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (77,85m);	40,6	53,67	77,85	0,9248	1,2756	13.870	6.864
A90	1.318	400	1,90	20,02	0,91x22	5,90	0,114	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (52,85m);	40,5	53,70	52,85	0,5405	0,8913	13.870	10.117
A91	1.189	400	1,72	20,02	0,91x22	5,90	0,097	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (62,85m);	40,4	53,71	62,85	0,5797	0,9305	13.870	8.510
A92	1.189	400	1,72	20,02	0,91x22	5,90	0,125	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (47,85m);	40,4	53,71	47,85	0,4414	0,7922	13.870	11.178
A93	1.530	400	2,21	20,02	0,91x22	5,90	0,155	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (37,85m);	40,6	53,67	37,85	0,4496	0,8005	13.870	14.118
A94	1.318	400	1,90	20,02	0,91x22	5,90	0,097	10	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (62,85m);	40,5	53,70	62,85	0,6428	0,9936	13.870	8.507
A95	1.758	400	2,54	20,02	0,91x22	12,17	0,044	10 (2,6)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (142,85m);	40,8	53,63	142,85	1,9512	2,2506	13.870	3.785
A96	1.758	400	2,54	20,02	0,91x22	12,17	0,026	10 (2,6)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (242,85m);	40,8	53,63	242,85	3,3171	3,6165	13.870	2.226
A97	1.758	400	2,54	20,02	0,91x22	12,17	0,033	10 (2,6)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (192,85m);	40,8	53,63	192,85	2,6342	2,9335	13.870	2.803
A98	1.758	400	2,54	20,02	0,91x22	12,17	0,028	10 (2,6)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (227,85m);	40,8	53,63	227,85	3,1122	3,4116	13.870	2.373
A99	1.758	400	2,54	20,02	0,91x22	12,17	0,048	10 (2,6)	(4x1,5)+TTx1,5	RZ1-K (AS)/u/30-C (132,85m);	40,8	53,63	132,85	1,8146	2,1140	13.870	4.070

## Listado de circuitos

Código	P	U <sub>n</sub>	I <sub>b</sub>	I <sub>z</sub>	Fct·I <sub>zt</sub>	I <sub>cc máx</sub>	I <sub>cc mín</sub>	Norma	Ref. 52-B2	Ref. 52-B1	Tabla 2 conductores	Tabla 3 conductores	Material	Material	Material	Material	Material	Material
F1	3.150	230	14,27	28,21	0,91×31	4,93	0,943	16 (2×2,5)+TT×2,5			RZ1-K (AS)/u/59-B1 (7,85m);	52,8	51,40	7,85	0,7278	1,0942	6.229	26.546
F2	3.150	230	14,27	28,21	0,91×31	4,93	0,746	16 (2×2,5)+TT×2,5			RZ1-K (AS)/u/59-B1 (10,85m);	52,8	51,40	10,85	1,0059	1,3723	6.229	19.208
F3	3.150	230	14,27	28,21	0,91×31	4,93	0,501	16 (2×2,5)+TT×2,5			RZ1-K (AS)/u/59-B1 (17,85m);	52,8	51,40	17,85	1,6547	2,0211	6.229	11.676
F6	360	230	1,63	28,21	0,91×31	4,93	0,746	16 (2×2,5)+TT×2,5			RZ1-K (AS)/u/59-B1 (10,85m);	40,2	53,75	10,85	0,1099	0,3709	6.229	20.434
F7	100	230	0,45	28,21	0,91×31	4,93	0,697	16 (2×2,5)+TT×2,5			RZ1-K (AS)/u/59-B1 (11,85m);	40	53,78	11,85	0,0333	0,2943	6.229	18.721

## Identificación de los métodos de instalación

Cable e instalación	Descripción	Norma	Ref. 52-B2	Ref. 52-B1	Tabla 2 conductores	Tabla 3 conductores
RV-K/u/71-D	RV 0,6/1 kV Cu unip. enterrados bajo tubo	UNE 20460-5-523:2004	Ref 71	D	52-C2, col.7 Cu	52-C4, col.7 Cu
RZ1-K (AS)/u/4-B1	RZ1-K (AS) unip. en montaje superficial bajo tubo	UNE 20460-5-523:2004	Ref 4	B1	52-C2, col.4 Cu	52-C4, col.4 Cu
SZ1-K (AS+)/m/5-B2	SZ1-K (AS+) multip. en montaje superficial bajo tubo	UNE 20460-5-523:2004	Ref 5	B2	52-C2, col.5 Cu	52-C4, col.5 Cu
RZ1-K (AS)/u/30-C	RZ1-K (AS) unip. en bandeja continua	UNE 20460-5-523:2004	Ref 30	C	52-C2, col.6 Cu	52-C4, col.6 Cu
RZ1-K (AS)/u/71-D	RZ1-K (AS) unip. enterrados bajo tubo	UNE 20460-5-523:2004	Ref 71	D	52-C2, col.7 Cu	52-C4, col.7 Cu
RZ1-K (AS)/u/59-B1	RZ1-K (AS) unip. empotrados bajo tubo	UNE 20460-5-523:2004	Ref 59	B1	52-C2, col.4 Cu	52-C4, col.4 Cu

## Leyenda

P	=	Potencia activa máxima prevista (W)
U <sub>n</sub>	=	Tensión nominal (V)
I <sub>b</sub>	=	Intensidad de diseño o máxima prevista (A)
I <sub>z</sub>	=	Intensidad máxima admisible para las condiciones del circuito (A)
Fct·I <sub>zt</sub>	=	Factores correctores por intensidad máxima admisible tabulada en norma (A)
I <sub>cc máx</sub>	=	Intensidad de cortocircuito máxima al inicio del circuito (kA)
I <sub>cc mín</sub>	=	Intensidad de cortocircuito mínima al final del circuito (kA)

### Leyenda

Sección	=	Sección de los conductores del circuito (mm <sup>2</sup> )
T <sub>TRAB</sub>	=	Temperatura de trabajo cuando circula la intensidad de diseño (°C)
K	=	Conductividad usada para el cálculo de la caída de tensión (m/□·mm <sup>2</sup> )
L <sub>CDT</sub>	=	Longitud hasta el receptor con mayor caída de tensión del circuito (m)
CDT <sub>circ</sub>	=	Caída de tensión más desfavorable del circuito (%)
CDT <sub>acum</sub>	=	Caída de tensión acumulada más desfavorable del circuito (%)
P <sub>máxCAL</sub>	=	Potencia máxima admisible por calentamiento (W)
P <sub>máxCDT</sub>	=	Potencia máxima admisible por caída de tensión (W)

- Anejo de cuadros resumen por tramos

Acometida									
Tramo	L	U <sub>n</sub>	P	I <sub>b</sub>	S <sub>CAL</sub>	S <sub>CDT</sub>	S <sub>ADP</sub>	CDT <sub>tramo</sub>	CDT <sub>acum</sub>
L CBT	12,85	400	481.101	705,25	4x185	4x41,42	4x240	0,0822	0,0822
DC2C	7,85	400	153.850	223,81	95	64,51	120	0,1294	0,2116
DCF4	3,15	400	3.468	5,01	1,5	4,77	6	0,0212	0,2328
A55	502,85	400	1.734	2,50	6	2,25	6	1,5979	1,8308
A54	502,85	400	1.734	2,50	6	2,25	6	1,5979	1,8308
D48	3,15	400	41.250	62,02	10	3,06	10	0,1764	0,3880
F22	29,85	400	13.750	20,67	2,5	0,92	2,5	2,1068	2,4948
F24	32,85	400	13.750	20,67	2,5	1,01	2,5	2,3185	2,7065
F23	29,85	400	13.750	20,67	2,5	0,92	2,5	2,1068	2,4948
D47	3,15	400	41.250	62,02	10	10,20	16	0,1031	0,3147
F19	152,85	400	13.750	20,67	2,5	4,17	6	4,2117	4,5264
F21	27,85	400	13.750	20,67	2,5	0,85	2,5	1,9656	2,2803
F20	154,85	400	13.750	20,67	2,5	4,22	6	4,2668	4,5815
F8	306,70	230	350	1,59	6	1,14	6	1,1893	1,4009
CF6	2,15	400	37.382	53,96	10	17,60	25	0,0391	0,2507
D45	3,15	400	5.274	7,61	1,5	2,65	4	0,0487	0,2994
A98	227,85	400	1.758	2,54	1,5	1,11	1,5	3,1122	3,4116
A100	172,85	400	1.758	2,54	1,5	0,84	1,5	2,3610	2,6604
A99	132,85	400	1.758	2,54	1,5	0,65	1,5	1,8146	2,1140
D44	3,15	400	5.274	7,61	1,5	2,86	4	0,0487	0,2994
A96	242,85	400	1.758	2,54	1,5	1,19	1,5	3,3171	3,6165
A97	192,85	400	1.758	2,54	1,5	0,94	1,5	2,6342	2,9335
A95	142,85	400	1.758	2,54	1,5	0,70	1,5	1,9512	2,2506
D43	3,15	400	4.037	5,83	1,5	0,59	1,5	0,1001	0,3508
A92	47,85	400	1.189	1,72	1,5	0,16	1,5	0,4414	0,7922
A94	62,85	400	1.318	1,90	1,5	0,23	1,5	0,6428	0,9936
A93	37,85	400	1.530	2,21	1,5	0,16	1,5	0,4496	0,8005
D42	3,15	400	4.037	5,83	1,5	0,78	1,5	0,1001	0,3508
A90	52,85	400	1.318	1,90	1,5	0,20	1,5	0,5405	0,8913
A91	62,85	400	1.189	1,72	1,5	0,21	1,5	0,5797	0,9305
A89	77,85	400	1.530	2,21	1,5	0,34	1,5	0,9248	1,2756
D40	3,15	400	9.380	13,54	1,5	5,12	6	0,0581	0,3088
A83	192,85	400	2.948	4,26	1,5	1,59	2,5	2,6543	2,9631
A85	142,85	400	3.216	4,64	1,5	1,29	1,5	3,5938	3,9026
A84	242,85	400	3.216	4,64	1,5	2,18	2,5	3,6494	3,9582
D41	3,15	400	9.380	13,54	1,5	4,77	6	0,0581	0,3088
A86	172,85	400	3.216	4,64	1,5	1,56	2,5	2,5975	2,9063
A88	227,85	400	3.216	4,64	1,5	2,05	2,5	3,4240	3,7328
A87	132,85	400	2.948	4,26	1,5	1,10	1,5	3,0590	3,3678
CF5	2,15	400	48.564	70,10	16	22,56	25	0,0523	0,2639
D34	3,15	400	11.524	16,63	1,5	6,36	10	0,0427	0,3066
A66	192,85	400	3.752	5,42	1,5	2,02	2,5	3,3874	3,6940
A67	142,85	400	3.752	5,42	1,5	1,50	2,5	2,5092	2,8158
A65	242,85	400	4.020	5,80	1,5	2,73	4	2,8493	3,1559
D35	3,15	400	11.524	16,63	1,5	5,85	6	0,0719	0,3358
A69	172,85	400	4.020	5,80	1,5	1,96	2,5	3,2564	3,5922
A70	132,85	400	3.752	5,42	1,5	1,41	1,5	3,9129	4,2488
A68	227,85	400	3.752	5,42	1,5	2,40	2,5	4,0022	4,3380
D39	3,15	400	6.594	9,52	1,5	3,34	4	0,0611	0,3250
A81	172,85	400	2.350	3,39	1,5	1,14	1,5	3,1633	3,4883
A82	227,85	400	2.171	3,13	1,5	1,38	1,5	3,8492	4,1743
A80	132,85	400	2.073	2,99	1,5	0,77	1,5	2,1422	2,4672
D38	3,15	400	6.594	9,52	1,5	3,56	4	0,0611	0,3250
A77	142,85	400	2.350	3,39	1,5	0,94	1,5	2,6142	2,9393
A79	242,85	400	2.073	2,99	1,5	1,41	1,5	3,9159	4,2409
A78	192,85	400	2.171	3,13	1,5	1,17	1,5	3,2580	3,5830
D37	3,15	400	6.164	8,90	1,5	0,94	1,5	0,1559	0,4198
A75	62,85	400	2.144	3,09	1,5	0,39	1,5	1,0485	1,4683
A76	37,85	400	2.144	3,09	1,5	0,23	1,5	0,6314	1,0513

Acometida									
A74	47,85	400	1.876	2,71	1,5	0,26	1,5	0,6978	1,1176
D36	3,15	400	6.164	8,90	1,5	1,19	1,5	0,1559	0,4198
A71	62,85	400	2.144	3,09	1,5	0,39	1,5	1,0485	1,4683
A73	52,85	400	2.144	3,09	1,5	0,33	1,5	0,8817	1,3015
A72	77,85	400	1.876	2,71	1,5	0,42	1,5	1,1352	1,5550
D33	3,15	400	8.232	11,88	1,5	2,63	4	0,0768	0,2885
A63	27,85	400	2.744	3,96	1,5	0,22	1,5	0,5963	0,8848
A64	152,85	400	2.744	3,96	1,5	1,17	1,5	3,2724	3,5609
A62	152,85	400	2.744	3,96	1,5	1,17	1,5	3,2724	3,5609
D32	3,15	400	8.232	11,88	1,5	2,89	4	0,0768	0,2885
A59	162,85	400	2.744	3,96	1,5	1,24	1,5	3,4865	3,7749
A61	162,85	400	2.744	3,96	1,5	1,24	1,5	3,4865	3,7749
A60	42,85	400	2.744	3,96	1,5	0,33	1,5	0,9174	1,2059
D31	3,15	400	450	0,65	1,5	0,39	1,5	0,0110	0,2226
A57	302,85	230	100	0,43	6	0,47	6	0,3355	0,5581
A58	317,85	230	350	1,52	6	1,73	6	1,2325	1,4551
A56	166,70	230	3.135	13,63	1,5	8,63	10	3,6971	3,9087
DC3C	8,85	400	198.334	289,30	2x95	2x44,90	2x120	0,0935	0,1757
D27	3,15	400	41.250	62,02	10	13,37	16	0,1031	0,2788
F15	154,85	400	13.750	20,67	2,5	4,20	6	4,2668	4,5456
F17	152,85	400	13.750	20,67	2,5	4,15	6	4,2117	4,4905
F16	156,85	400	13.750	20,67	2,5	4,25	6	4,3219	4,6007
D26	3,15	400	41.250	62,02	10	2,51	10	0,1764	0,3521
F13	24,85	400	13.750	20,67	2,5	0,76	2,5	1,7539	2,1061
F14	22,85	400	13.750	20,67	2,5	0,70	2,5	1,6128	1,9649
F12	26,85	400	13.750	20,67	2,5	0,82	2,5	1,8951	2,2472
D25	3,15	400	41.250	62,02	10	13,37	16	0,1031	0,2788
F10	154,85	400	13.750	20,67	2,5	4,20	6	4,2668	4,5456
F11	156,85	400	13.750	20,67	2,5	4,25	6	4,3219	4,6007
F9	152,85	400	13.750	20,67	2,5	4,15	6	4,2117	4,4905
F8	306,70	230	350	1,59	6	1,13	6	1,1893	1,3650
CF3	2,15	400	46.632	67,31	16	22,20	25	0,0499	0,2257
D18	3,15	400	11.256	16,25	1,5	6,12	10	0,0417	0,2674
A37	242,85	400	3.752	5,42	1,5	2,52	4	2,6577	2,9251
A38	142,85	400	3.752	5,42	1,5	1,49	1,5	4,2075	4,4748
A36	192,85	400	3.752	5,42	1,5	2,01	2,5	3,3874	3,6548
D19	3,15	400	11.256	16,25	1,5	5,67	6	0,0702	0,2958
A40	132,85	400	3.752	5,42	1,5	1,40	1,5	3,9129	4,2088
D19	227,85	400	3.752	5,42	1,5	2,38	2,5	4,0022	4,2980
A39	172,85	400	3.752	5,42	1,5	1,81	2,5	3,0361	3,3319
D23	3,15	400	7.236	10,44	1,5	3,62	4	0,0673	0,2929
A52	132,85	400	2.412	3,48	1,5	0,89	1,5	2,4961	2,7890
A53	172,85	400	2.412	3,48	1,5	1,16	1,5	3,2476	3,5405
A51	227,85	400	2.412	3,48	1,5	1,53	2,5	2,5621	2,8550
D22	3,15	400	7.236	10,44	1,5	3,92	4	0,0673	0,2929
A48	142,85	400	2.412	3,48	1,5	0,96	1,5	2,6840	2,9769
A50	192,85	400	2.412	3,48	1,5	1,29	1,5	3,6234	3,9163
A49	242,85	400	2.412	3,48	1,5	1,63	2,5	2,7308	3,0237
D21	3,15	400	4.824	6,96	1,5	0,72	1,5	0,1204	0,3461
A46	37,85	400	1.608	2,32	1,5	0,17	1,5	0,4727	0,8187
A47	62,85	400	1.608	2,32	1,5	0,28	1,5	0,7849	1,1309
A45	47,85	400	1.608	2,32	1,5	0,22	1,5	0,5976	0,9436
D20	3,15	400	4.824	6,96	1,5	0,92	1,5	0,1204	0,3461
A42	77,85	400	1.608	2,32	1,5	0,35	1,5	0,9722	1,3182
A44	62,85	400	1.608	2,32	1,5	0,28	1,5	0,7849	1,1309
A43	52,85	400	1.608	2,32	1,5	0,24	1,5	0,6600	1,0060
CF2	2,15	400	60.032	86,65	25	27,76	35	0,0462	0,2219
D17	3,15	400	7.772	11,22	1,5	3,85	4	0,0724	0,2943
A33	132,85	400	2.680	3,87	1,5	0,99	1,5	2,7770	3,0713
A35	227,85	400	2.412	3,48	1,5	1,53	2,5	2,5621	2,8564
A34	172,85	400	2.680	3,87	1,5	1,29	1,5	3,6131	3,9074
D16	3,15	400	8.040	11,60	1,5	4,35	6	0,0496	0,2715
A31	192,85	400	2.680	3,87	1,5	1,43	1,5	4,0311	4,3027
A32	242,85	400	2.680	3,87	1,5	1,80	2,5	3,0363	3,3078
A30	142,85	400	2.680	3,87	1,5	1,06	1,5	2,9860	3,2575
D15	3,15	400	8.040	11,60	1,5	1,24	2,5	0,1217	0,3436
A27	47,85	400	2.680	3,87	1,5	0,37	1,5	1,0002	1,3438
A29	37,85	400	2.680	3,87	1,5	0,29	1,5	0,7912	1,1348

### Acometida

A28	62,85	400	2.680	3,87	1,5	0,48	1,5	1,3138	1,6574
D14	3,15	400	8.040	11,60	1,5	1,56	2,5	0,1217	0,3436
A25	77,85	400	2.680	3,87	1,5	0,59	1,5	1,6273	1,9709
A26	52,85	400	2.680	3,87	1,5	0,40	1,5	1,1048	1,4483
A24	62,85	400	2.680	3,87	1,5	0,48	1,5	1,3138	1,6574
D12	3,15	400	13.936	20,11	2,5	7,60	10	0,0519	0,2738
A18	242,85	400	4.556	6,58	1,5	3,07	4	3,2334	3,5072
A20	142,85	400	4.556	6,58	1,5	1,82	2,5	3,0571	3,3309
A19	192,85	400	4.824	6,96	1,5	2,59	4	2,7207	2,9945
D13	3,15	400	14.204	20,50	2,5	7,18	10	0,0530	0,2749
A21	227,85	400	4.824	6,96	1,5	3,05	4	3,2144	3,4893
A23	132,85	400	4.824	6,96	1,5	1,79	2,5	3,0141	3,2890
A22	172,85	400	4.556	6,58	1,5	2,19	2,5	3,6991	3,9740
D11	3,15	400	300	0,43	1,5	0,09	6	0,0018	0,1776
A15	152,85	400	100	0,14	1,5	0,04	1,5	0,1184	0,2960
A17	152,85	400	100	0,14	1,5	0,04	1,5	0,1184	0,2960
A12	27,85	400	100	0,14	1,5	0,01	1,5	0,0216	0,1991
D10	3,15	400	9.800	14,15	1,5	3,44	6	0,0608	0,2365
A13	42,85	400	3.234	4,67	1,5	0,39	1,5	1,0842	1,3207
A14	162,85	400	3.332	4,81	1,5	1,49	1,5	4,2478	4,4843
A12	162,85	400	3.234	4,67	1,5	1,45	1,5	4,1204	4,3569
D.CASC	3,15	400	450	0,65	1,5	0,38	6	0,0027	0,1785
A11	317,85	230	350	1,52	6	1,71	6	1,2325	1,4110
A10	302,85	230	100	0,43	6	0,47	6	0,3355	0,5139
A9	166,70	230	3.135	13,63	1,5	8,56	10	3,6971	3,8728
DCF1	3,15	400	3.468	5,01	1,5	4,73	6	0,0212	0,1969
A8	502,85	400	1.734	2,50	6	2,23	6	1,5979	1,7949
A7	502,85	400	1.734	2,50	6	2,23	6	1,5979	1,7949
DCSC	7,85	400	128.917	193,61	70	9,63	95	0,1379	0,2201
D5	3,15	400	1.842	2,66	1,5	0,73	6	0,0113	0,2314
A1	292,85	230	200	0,87	1,5	0,96	1,5	2,7455	2,9769
A3	17,85	230	400	1,74	1,5	0,12	1,5	0,3351	0,5664
A5	152,85	230	882	3,83	1,5	2,23	2,5	3,8019	4,0333
A6	12,85	230	100	0,43	1,5	0,02	1,5	0,0602	0,2916
A4	17,85	230	60	0,26	1,5	0,02	1,5	0,0502	0,2816
A2	292,85	230	200	0,87	1,5	0,96	1,5	2,7455	2,9769
D4	3,15	230	460	2,08	1,5	0,07	2,5	0,0408	0,2609
F6	10,85	230	360	1,63	1,5	0,04	2,5	0,1099	0,3709
F7	11,85	230	100	0,45	1,5	0,01	2,5	0,0333	0,2943
F5	13,70	400	57.165	85,95	25	1,71	25	0,4073	0,6274
F4	14,70	400	60.000	90,21	25	1,93	25	0,4636	0,6837
D1	3,15	400	9.450	14,21	1,5	0,32	2,5	0,1463	0,3664
F3	17,85	230	3.150	14,27	1,5	0,74	2,5	1,6547	2,0211
F2	10,85	230	3.150	14,27	1,5	0,46	2,5	1,0059	1,3723
F1	7,85	230	3.150	14,27	1,5	0,33	2,5	0,7278	1,0942

### Leyenda

L	=	Longitud del tramo (m)
$U_n$	=	Tensión nominal (V)
P	=	Potencia activa máxima prevista (W)
$I_b$	=	Intensidad de diseño o máxima prevista (A)
$S_{CAL}$	=	Sección calculada por calentamiento (mm <sup>2</sup> )
$S_{CDT}$	=	Sección calculada por caída de tensión (mm <sup>2</sup> )
$S_{ADP}$	=	Sección adoptada (mm <sup>2</sup> )
$CDT_{tram}$	=	Caída de tensión más desfavorable del circuito (%)
$CDT_{acum}$	=	Caída de tensión acumulada más desfavorable del circuito (%)

- Anejo de cuadros resumen de protecciones

Acometida										
Dispositivo	Nº polos	U <sub>n</sub>	I <sub>b</sub>	I <sub>n</sub>	I <sub>z</sub>	I <sub>s</sub>	I <sub>cc máx</sub>	PdC	I <sub>cc mín</sub>	Curvas
FU	IV	400	223,81	250	293,02		28,56	50	18,445	
ICT3	IV	400	223,81	250 (227)	293,02		25,21	36		
FC4	IV	400	5,01	10	47,32		25,21	36	6,421	B,C,D
D29	IV	400	2,50	25		30				
D29	IV	400	2,50	10	44,16		16,31	20	0,051	B
D28	IV	400	2,50	25		30				
D28	IV	400	2,50	10	44,16		16,31	20	0,051	B
D48	IV	400	62,02	63		30				
D48	IV	400	62,02	63	64,61		25,21	36	9,041	B,C,D
F22	IV	400	20,67	25	27,30		19,62	20	0,345	B,C
F24	IV	400	20,67	25	27,30		19,62	20	0,315	B,C
F23	IV	400	20,67	25	27,30		19,62	20	0,345	B,C
D47	IV	400	62,02	63		30				
D47	IV	400	62,02	63	87,36		25,21	36	11,469	B,C,D
F9	IV	400	20,67	25	47,32		21,61	25	0,166	B
F21	IV	400	20,67	25	27,30		21,61	25	0,373	B,C
F20	IV	400	20,67	25	47,32		21,61	25	0,163	B
D46	II	230	1,59	25		30				
D46	II	230	1,59	10	53,76		21,39	25	0,083	B
CF6	IV	400	53,96	63	108,29		25,21	36	14,848	B,C,D
D45	IV	400	7,61	25		30				
D45	IV	400	7,61	20	36,40		23,55	25	4,258	B,C,D
A98	IV	500	2,54	10 (2,6)	20,02		12,17	25	0,028	
A100	IV	500	2,54	10 (2,6)	20,02		12,17	25	0,037	
A99	IV	500	2,54	10 (2,6)	20,02		12,17	25	0,048	
D44	IV	400	7,61	25		30				
D44	IV	400	7,61	20	36,40		23,55	25	4,258	B,C,D
A96	IV	500	2,54	10 (2,6)	20,02		12,17	25	0,026	
A97	IV	500	2,54	10 (2,6)	20,02		12,17	25	0,033	
A95	IV	500	2,54	10 (2,6)	20,02		12,17	25	0,044	
D43	IV	400	5,83	25		30				
D43	IV	400	5,83	10	20,02		23,55	25	1,856	B,C,D
A92	IV	400	1,72	10	20,02		5,90	6	0,125	B,C
A94	IV	400	1,90	10	20,02		5,90	6	0,097	B
A93	IV	400	2,21	10	20,02		5,90	6	0,155	B,C
D42	IV	400	5,83	25		30				
D42	IV	400	5,83	10	20,02		23,55	25	1,856	B,C,D
A90	IV	400	1,90	10	20,02		5,90	6	0,114	B,C
A91	IV	400	1,72	10	20,02		5,90	6	0,097	B
A89	IV	400	2,21	10	20,02		5,90	6	0,079	B
D40	IV	400	13,54	25		30				
D40	IV	400	13,54	25	47,32		23,55	25	5,695	B,C,D
A83	IV	500	4,26	16 (4,3)	27,30		14,99	25	0,055	
A85	IV	500	4,64	10 (4,7)	20,02		14,99	25	0,045	
A84	IV	500	4,64	16 (4,7)	27,30		14,99	25	0,044	
D41	IV	400	13,54	25		30				
D41	IV	400	13,54	25	47,32		23,55	25	5,695	B,C,D
A86	IV	500	4,64	16 (4,7)	27,30		14,99	25	0,061	
A88	IV	500	4,64	16 (4,7)	27,30		14,99	25	0,046	
A87	IV	500	4,26	10 (4,3)	20,02		14,99	25	0,048	
CF5	IV	400	70,10	80	108,29		25,21	36	14,848	B,C,D
D34	IV	400	16,63	25		30				
D34	IV	400	16,63	32	64,61		23,55	25	7,709	B,C,D
A66	IV	500	5,42	16 (5,5)	27,30		17,94	25	0,055	
A67	IV	500	5,42	16 (5,5)	27,30		17,94	25	0,074	
A65	IV	500	5,80	20 (5,9)	36,40		17,94	25	0,070	

Acometida										
D35	IV	400	16,63	25		30				
D35	IV	400	16,63	20	47,32		23,55	25	5,695	B,C,D
A69	IV	500	5,80	16 (5,9)	27,30		14,99	25	0,061	
A70	IV	500	5,42	10 (5,5)	20,02		14,99	25	0,048	
A68	IV	500	5,42	16 (5,5)	27,30		14,99	25	0,046	
D39	IV	400	9,52	25		30				
D39	IV	400	9,52	20	36,40		23,55	25	4,258	B,C,D
A81	IV	500	3,39	10 (3,5)	20,02		12,17	25	0,037	
A82	IV	500	3,13	10 (3,2)	20,02		12,17	25	0,028	
A80	IV	500	2,99	10 (3,1)	20,02		12,17	25	0,048	
D38	IV	400	9,52	25		30				
D38	IV	400	9,52	20	36,40		23,55	25	4,258	B,C,D
A77	IV	500	3,39	10 (3,5)	20,02		12,17	25	0,044	
A79	IV	500	2,99	10 (3,1)	20,02		12,17	25	0,026	
A78	IV	500	3,13	10 (3,2)	20,02		12,17	25	0,033	
D37	IV	400	8,90	25		30				
D37	IV	400	8,90	10	20,02		23,55	25	1,856	B,C,D
A75	IV	400	3,09	10	20,02		5,90	6	0,097	B
A76	IV	400	3,09	10	20,02		5,90	6	0,155	B,C
A74	IV	400	2,71	10	20,02		5,90	6	0,125	B,C
D36	IV	400	8,90	25		30				
D36	IV	400	8,90	10	20,02		23,55	25	1,856	B,C,D
A71	IV	400	3,09	10	20,02		5,90	6	0,097	B
A73	IV	400	3,09	10	20,02		5,90	6	0,114	B,C
A72	IV	400	2,71	10	20,02		5,90	6	0,079	B
D33	IV	400	11,88	25		30				
D33	IV	400	11,88	20	36,40		25,21	36	4,658	B,C,D
A63	IV	400	3,96	10	20,02		13,09	15	0,219	B,C,D
A64	IV	500	3,96	10 (4,1)	20,02		13,09	25	0,042	
A62	IV	500	3,96	10 (4,1)	20,02		13,09	25	0,042	
D32	IV	400	11,88	25		30				
D32	IV	400	11,88	20	36,40		25,21	36	4,658	B,C,D
A59	IV	500	3,96	10 (4,1)	20,02		13,09	25	0,039	
A61	IV	500	3,96	10 (4,1)	20,02		13,09	25	0,039	
A60	IV	400	3,96	10	20,02		13,09	15	0,145	B,C
D31	IV	400	0,65	25		30				
D31	IV	400	0,65	10	20,02		25,21	36	1,929	B,C,D
A57	II	230	0,43	10	53,76		3,15	6	0,081	B
A58	II	230	1,52	10	53,76		3,15	6	0,077	B
D30	II	230	13,63	25		30				
D30	II	230	13,63	16	72,80		21,39	25	0,254	B,C
FU	IV	400	289,30	315	390,21		28,56	50	21,044	
IC3C	IV	400	289,30	320 (293)	390,21		27,12	36		
D27	IV	400	62,02	63		30				
D5	IV	400	62,02	63	87,36		27,12	36	12,718	B,C,D
F15	IV	400	20,67	25	47,32		23,16	25	0,164	B
F17	IV	400	20,67	25	47,32		23,16	25	0,166	B
F16	IV	400	20,67	25	47,32		23,16	25	0,162	B
D26	IV	400	62,02	63		30				
D26	IV	400	62,02	63	64,61		27,12	36	9,785	B,C,D
F13	IV	400	20,67	25	27,30		20,92	25	0,413	B,C
F14	IV	400	20,67	25	27,30		20,92	25	0,448	B,C
F12	IV	400	20,67	25	27,30		20,92	25	0,384	B,C
D25	IV	400	62,02	63		30				
D25	IV	400	62,02	63	87,36		27,12	36	12,718	B,C,D
F10	IV	400	20,67	25	47,32		23,16	25	0,164	B
F11	IV	400	20,67	25	47,32		23,16	25	0,162	B
F9	IV	400	20,67	25	47,32		23,16	25	0,166	B
D24	II	230	1,59	25		30				
D24	II	500	1,59	25 (1,7)	53,76		24,45	25	0,083	
CF3	IV	400	67,31	80	108,29		27,12	36	16,964	B,C,D
D18	IV	400	16,25	25		30				
D18	IV	400	16,25	32	64,61		25,32	36	8,237	B,C,D
A37	IV	500	5,42	20 (5,5)	36,40		19,02	25	0,070	
A38	IV	500	5,42	10 (5,5)	20,02		19,02	25	0,045	
A36	IV	500	5,42	16 (5,5)	27,30		19,02	25	0,055	
D19	IV	400	16,25	25		30				
D19	IV	400	16,25	25	47,32		25,32	36	5,967	B,C,D



Acometida									
A40	IV	500	5,42	<b>10 (5,5)</b>	20,02	15,72	25	0,048	
A41	IV	500	5,42	<b>16 (5,5)</b>	27,30	15,72	25	0,046	
A39	IV	500	5,42	<b>16 (5,5)</b>	27,30	15,72	25	0,061	
D23	IV	400	10,44	<b>25</b>					
D23	IV	400	10,44	<b>20</b>	36,40	25,32	36	4,403	B,C,D
A52	IV	500	3,48	<b>10 (3,6)</b>	20,02	12,62	25	0,048	
A53	IV	500	3,48	<b>10 (3,6)</b>	20,02	12,62	25	0,037	
A51	IV	500	3,48	<b>16 (3,6)</b>	27,30	12,62	25	0,046	
D22	IV	400	10,44	<b>25</b>					
D22	IV	400	10,44	<b>20</b>	36,40	25,32	36	4,403	B,C,D
A48	IV	500	3,48	<b>10 (3,6)</b>	20,02	12,62	25	0,044	
A50	IV	500	3,48	<b>10 (3,6)</b>	20,02	12,62	25	0,033	
A49	IV	500	3,48	<b>16 (3,6)</b>	27,30	12,62	25	0,044	
D21	IV	400	6,96	<b>25</b>					
D21	IV	400	6,96	<b>10</b>	20,02	25,32	36	1,881	B,C,D
A46	IV	400	2,32	<b>10</b>	20,02	5,99	6	0,155	B,C
A47	IV	400	2,32	<b>10</b>	20,02	5,99	6	0,097	B
A45	IV	400	2,32	<b>10</b>	20,02	5,99	6	0,125	B,C
D20	IV	400	6,96	<b>25</b>					
D20	IV	400	6,96	<b>10</b>	20,02	25,32	36	1,881	B,C,D
A42	IV	400	2,32	<b>10</b>	20,02	5,99	6	0,079	B
A44	IV	400	2,32	<b>10</b>	20,02	5,99	6	0,097	B
A43	IV	400	2,32	<b>10</b>	20,02	5,99	6	0,114	B,C
CF2	IV	400	86,65	<b>100</b>	133,77	27,12	36	18,019	B,C,D
D17	IV	400	11,22	<b>25</b>					
D17	IV	400	11,22	<b>20</b>	36,40	25,68	36	4,515	B,C,D
A33	IV	500	3,87	<b>10 (4,0)</b>	20,02	12,87	25	0,048	
A35	IV	500	3,48	<b>16 (3,6)</b>	27,30	12,87	25	0,046	
A34	IV	500	3,87	<b>10 (4,0)</b>	20,02	12,87	25	0,037	
D16	IV	400	11,60	<b>25</b>					
D16	IV	400	11,60	<b>25</b>	47,32	25,68	36	6,169	B,C,D
A31	IV	500	3,87	<b>10 (4,0)</b>	20,02	16,07	25	0,033	
A32	IV	500	3,87	<b>10 (4,0)</b>	27,30	16,07	25	0,044	
A30	IV	500	3,87	<b>10 (4,0)</b>	20,02	16,07	25	0,045	
D15	IV	400	11,60	<b>25</b>					
D15	IV	400	11,60	<b>16</b>	27,30	25,68	36	3,027	B,C,D
A27	IV	500	3,87	<b>10 (4,0)</b>	20,02	9,25	25	0,128	
A29	IV	500	3,87	<b>10 (4,0)</b>	20,02	9,25	25	0,160	
A28	IV	500	3,87	<b>10 (4,0)</b>	20,02	9,25	25	0,099	
D14	IV	400	11,60	<b>25</b>					
D14	IV	400	11,60	<b>16</b>	27,30	25,68	36	3,027	B,C,D
A25	IV	400	3,87	<b>10</b>	20,02	9,25	10	0,080	B
A26	IV	400	3,87	<b>10</b>	20,02	9,25	10	0,117	B,C
A24	IV	400	3,87	<b>10</b>	20,02	9,25	10	0,099	B
D12	IV	400	20,11	<b>25</b>					
D12	IV	400	20,11	<b>32</b>	64,61	25,68	36	8,608	B,C,D
A18	IV	500	6,58	<b>20 (6,7)</b>	36,40	19,45	25	0,070	
A20	IV	500	6,58	<b>16 (6,7)</b>	27,30	19,45	25	0,074	
A19	IV	500	6,96	<b>20 (7,1)</b>	36,40	19,45	25	0,088	
D13	IV	400	20,50	<b>25</b>					
D13	IV	400	20,50	<b>32</b>	64,61	25,68	36	8,608	B,C,D
A21	IV	500	6,96	<b>16 (7,1)</b>	36,40	19,45	25	0,074	
A23	IV	500	6,96	<b>16 (7,1)</b>	27,30	19,45	25	0,080	
A22	IV	500	6,58	<b>16 (6,7)</b>	27,30	19,45	25	0,061	
D11	IV	400	0,43	<b>25</b>					
D11	IV	400	0,43	<b>25</b>	47,32	27,12	36	6,772	B,C,D
A15	IV	500	0,14	<b>10 (0,15)</b>	20,02	17,19	25	0,042	
A17	IV	500	0,14	<b>10 (0,15)</b>	20,02	17,19	25	0,042	
A16	IV	400	0,14	<b>10</b>	20,02	17,19	20	0,223	B,C,D
D10	IV	400	14,15	<b>25</b>					
D10	IV	400	14,15	<b>25</b>	47,32	27,12	36	6,772	B,C,D
A13	IV	400	4,67	<b>10</b>	20,02	17,19	20	0,146	B,C
A14	IV	500	4,81	<b>10 (4,9)</b>	20,02	17,19	25	0,039	
A12	IV	500	4,67	<b>10 (4,8)</b>	20,02	17,19	25	0,039	
D9	IV	400	0,65	<b>25</b>					
D9	IV	400	0,65	<b>25</b>	47,32	27,12	36	6,772	B,C,D
A11	II	230	1,52	<b>10</b>	53,76	10,42	15	0,080	B
A10	II	230	0,43	<b>10</b>	53,76	10,42	15	0,084	B

Acometida										
D8	II	230	13,63	<b>25</b>		30				
D8	II	500	13,63	<b>25 (14)</b>	72,80		24,45	25	0,255	
CF1	IV	400	5,01	<b>25</b>	47,32		27,12	36	6,772	B,C,D
D7	IV	400	2,50	<b>25</b>		30				
D7	IV	400	2,50	<b>10</b>	44,16		17,19	20	0,051	B
D6	IV	400	2,50	<b>25</b>		30				
D6	IV	400	2,50	<b>10</b>	44,16		17,19	20	0,051	B
FU	IV	400	193,61	<b>200</b>	244,79		28,56	50	17,827	
ICASC	IV	400	193,61	<b>200 (196)</b>	244,79		25,03	36		
PCS1	IV									
D5	IV	400	2,66	<b>25</b>		30				
D5	IV	400	2,66	<b>25</b>	47,32		25,03	36	6,268	B,C,D
A1	II	500	0,87	<b>10 (0,88)</b>	21,84		9,62	25	0,022	
A3	II	230	1,74	<b>10</b>	20,93		9,62	10	0,340	B,C,D
A5	II	500	3,83	<b>10 (3,9)</b>	30,03		9,62	25	0,069	
A6	II	230	0,43	<b>10</b>	20,93		9,62	10	0,463	B,C,D
A4	II	230	0,26	<b>10</b>	20,93		9,62	10	0,340	B,C,D
A2	II	500	0,87	<b>10 (0,88)</b>	21,84		9,62	25	0,022	
D4	II	230	2,08	<b>25</b>		30				
D4	II	230	2,08	<b>16</b>	30,03		21,00	25	3,056	B,C,D
F6	II	230	1,63	<b>16</b>	28,21		4,93	6	0,746	B,C,D
F7	II	230	0,45	<b>16</b>	28,21		4,93	6	0,697	B,C,D
D3	IV	400	85,95	<b>100</b>		30				
F5	IV	400	85,95	<b>100</b>	106,47		25,03	36	5,931	B,C,D
D2	IV	400	90,21	<b>100</b>		30				
F4	IV	400	90,21	<b>100</b>	106,47		25,03	36	5,627	B,C,D
D1	IV	400	14,21	<b>25</b>		30				
D1	IV	400	14,21	<b>16</b>	25,48		25,03	36	3,056	B,C,D
F3	II	230	14,27	<b>16</b>	28,21		4,93	6	0,501	B,C,D
F2	II	230	14,27	<b>16</b>	28,21		4,93	6	0,746	B,C,D
F1	II	230	14,27	<b>16</b>	28,21		4,93	6	0,943	B,C,D

### Leyenda

$U_n$	=	Tensión nominal (V)
$I_b$	=	Intensidad máxima prevista (A)
$I_n$	=	Intensidad nominal del dispositivo o calibre (A)
$I_z$	=	Intensidad máxima admisible del circuito a proteger (A)
$I_s$	=	Sensibilidad del dispositivo diferencial (mA)
$I_{cc\ máx}$	=	Intensidad de cortocircuito máxima en el punto de instalación (kA)
PdC	=	Poder de corte del dispositivo (kA)
$I_{cc\ mín}$	=	Intensidad de cortocircuito mínima en el punto más alejado del circuito a proteger (kA)
Curvas	=	Curvas de disparo válidas para los interruptores magnetotérmicos.

## E. CÁLCULOS GRUPO ELECTRÓGENO:

**Tipo de instalación (UNE 20460-5-523:2004):** Cable RZ1-K (AS) unipolar de tensión asignada 0,6/1 kV, con conductor de cobre clase 5 (-K), aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina (Z1), no propagador del incendio, con emisión de humos y opacidad reducida (AS), dispuesto según [Ref 30] Cables unipolares o multipolares sobre bandejas de cables no

perforadas. (tabla 52-B2 de la norma UNE 20460-5-523:2004).

## CARACTERÍSTICAS

**Identificador:** RZ1-K (AS)/u/30-C

**Disposición:**

**Norma:** UNE 20460-5-523:2004

**Temperatura ambiente:** 40 °C

**Exposición al sol:** No

**Tipo de cable:** unipolar

**Norma:** UNE 21123-4

**Material de aislamiento:** XLPE (Polietileno reticulado) y Z1 (cubierta de poliolefina)

**Tensión de aislamiento:** 0,6/1 kV

**Material conductor:** Cu

**Conductividad, K:** calculada por temperatura de trabajo para cada circuito

**Resistividad,  $\rho$ :** 0,017241 ( $\Omega \cdot \text{mm}^2$ )/m a 20,0°C

**Tabla de intensidades máximas para 2 conductores:** 52-C2, col.6 Cu

**Tabla de intensidades máximas para 3 conductores:** 52-C4, col.6 Cu

**Tabla de tamaño de los tubos:**

**Líneas de la instalación que utilizan éste sistema:** F4; F3; F2; F1;

### • Demanda de potencia

La suma de consumos de todos los receptores de la instalación, según desglose detallado, asciende a **941,18 kW**. Una vez aplicados los factores correctores indicados por el REBT, así como los factores de simultaneidad considerados para cada caso, se obtiene una potencia máxima prevista de **1.147,06 kW**.

### ▪ Relación de consumos

#### Relación de consumos

##### Fuerza:

• V1	235.294 W
• V2	235.294 W
• V3	235.294 W
• V4	235.294 W
• Total fuerza:	941.176 W

##### Resumen:

• Fuerza:	941.176 W
• <b>TOTAL</b>	<b>941.176 W</b>

- Anejo de cuadros resumen por circuitos

## Listado de circuitos

Circuito	P	U <sub>n</sub>	I <sub>b</sub>	I <sub>z</sub>	Fct I <sub>zt</sub>	I <sub>cc máx</sub>	I <sub>cc mín</sub>	I <sub>PROT.</sub>	Sección	Cable e instalación	T <sub>TRAB</sub>	K	L <sub>CDT</sub>	CDT <sub>circ</sub>	CDT <sub>acum</sub>	P <sub>máx</sub> CAL	P <sub>máx</sub> CDT
F1	294.118	400	442,21	455	0,91×500	30,00	22,470	630 (358)	(3×240/120)	RZ1-K (AS)/u/30-C (2,84m);	87,2	45,90	2,84	0,0473	0,0473	302.624	40.382.157
F2	294.118	400	442,21	455	0,91×500	30,00	16,587	630 (358)	(3×240/120)	RZ1-K (AS)/u/30-C (15,84m);	87,2	45,90	15,84	0,2643	0,2643	302.624	7.234.580
F3	294.118	400	442,21	455	0,91×500	30,00	16,587	630 (358)	(3×240/120)	RZ1-K (AS)/u/30-C (15,84m);	87,2	45,90	15,84	0,2643	0,2643	302.624	7.234.580
F4	264.706	400	397,99	455	0,91×500	30,00	16,148	630 (322)	(3×240/120)	RZ1-K (AS)/u/30-C (16,84m);	78,3	47,22	16,84	0,2458	0,2458	302.624	6.999.772

## Identificación de los métodos de instalación

Cable e instalación	Descripción	Norma	Ref. 52-B2	Ref. 52-B1	Tabla 2 conductores	Tabla 3 conductores
RZ1-K (AS)/u/30-C	RZ1-K (AS) unip. en bandeja continua	UNE 20460-5-523:2004	Ref 30	C	52-C2, col.6 Cu	52-C4, col.6 Cu

## Leyenda

P	=	Potencia activa máxima prevista (W)
U <sub>n</sub>	=	Tensión nominal (V)
I <sub>b</sub>	=	Intensidad de diseño o máxima prevista (A)
I <sub>z</sub>	=	Intensidad máxima admisible para las condiciones del circuito (A)
Fct I <sub>zt</sub>	=	Factores correctores por intensidad máxima admisible tabulada en norma (A)
I <sub>cc máx</sub>	=	Intensidad de cortocircuito máxima al inicio del circuito (kA)
I <sub>cc mín</sub>	=	Intensidad de cortocircuito mínima al final del circuito (kA)
Sección	=	Sección de los conductores del circuito (mm <sup>2</sup> )

### Leyenda

$T_{TRAB}$	=	Temperatura de trabajo cuando circula la intensidad de diseño ( $^{\circ}C$ )
$K$	=	Conductividad usada para el cálculo de la caída de tensión ( $m/\Omega \cdot mm^2$ )
$L_{CDT}$	=	Longitud hasta el receptor con mayor caída de tensión del circuito (m)
$CDT_{circ}$	=	Caída de tensión más desfavorable del circuito (%)
$CDT_{acum}$	=	Caída de tensión acumulada más desfavorable del circuito (%)
$P_{máxCAL}$	=	Potencia máxima admisible por calentamiento (W)
$P_{máxCDT}$	=	Potencia máxima admisible por caída de tensión (W)

- Anejo de cuadros resumen de protecciones

Acometida										
Dispositivo	Nº polos	$U_n$	$I_b$	$I_n$	$I_z$	$I_s$	$I_{cc\ máx}$	PdC	$I_{cc\ mín}$	Curvas
G1	IV	400	1.459,30	<b>1.600 (1.474)</b>			30,00	36		
V4	IV	400	397,99	<b>630 (322)</b>	455		30,00	36	16,148	
V3	IV	400	442,21	<b>630 (358)</b>	455		30,00	36	16,587	
V2	IV	400	442,21	<b>630 (358)</b>	455		30,00	36	16,587	
V1	IV	400	442,21	<b>630 (358)</b>	455		30,00	36	22,470	

### Leyenda

$U_n$	=	Tensión nominal (V)
$I_b$	=	Intensidad máxima prevista (A)
$I_n$	=	Intensidad nominal del dispositivo o calibre (A)
$I_z$	=	Intensidad máxima admisible del circuito a proteger (A)
$I_s$	=	Sensibilidad del dispositivo diferencial (mA)
$I_{cc\ máx}$	=	Intensidad de cortocircuito máxima en el punto de instalación (kA)
PdC	=	Poder de corte del dispositivo (kA)
$I_{cc\ mín}$	=	Intensidad de cortocircuito mínima en el punto más alejado del circuito a proteger (kA)
Curvas	=	Curvas de disparo válidas para los interruptores magnetotérmicos.

### E. Conclusión y firma

Considerando que con lo anteriormente expuesto se habrá justificado suficientemente, el anejo cálculos, damos por concluido este quedando así mismo a disposición de los Organismos Oficiales que les sea de su competencia, para cuantas aclaraciones o correcciones estimasen oportunas.

Coria, Marzo de 2015

El alumno.

Fdo: José Ignacio Alcoba Iglesias

# **VIII.- PLIEGO DE CONDICIONES**

**Titulo: INSTALACION ELECTRICA DE UN TUNEL DE AUTOPISTA**  
**Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR**  
**D. ROBERTO REDONDO MELCHOR**  
**Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS**

**Indice:**

A.- Pliego de Condiciones Generales.	2
a. Normativa a Aplicar.	2
b. Replanteo de la Obra.	3
c. Características y Obligaciones del Contratista.	4
d. Control de la Obra y Libro de Ordenes.	5
e. Aceptaciones parciales y certificaciones periódicas.	6
f. Recepción de la Instalación.	8
g. Plazo de Garantía.	8
B.- Pliego de Condiciones Particulares.	9
a. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de la obra civil.	9
b.- Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de las instalaciones de media Tensión.	10
c.- Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de la red de distribución en baja tensión.	15
d.- Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de la instalación de ventilación y extracción.	16
e.- Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de la instalación de alumbrado interior.	17
C.- Conclusión y Firma.	18



## **A. Pliego de Condiciones.**

El presente Pliego de Condiciones se refiere únicamente a las actuaciones proyectadas para la dotar de suministro eléctrico a "Túnel de Autopista en la EX-A1 a su paso por el término municipal de Coria (Cáceres).

Las obras e instalaciones a las que se refiere el presente Pliego de Condiciones, son todas las que fuesen necesarias para el total acabado de las relacionadas en el presente Proyecto, así como cuantas modificaciones y aumentos de obra se realicen debidamente autorizadas por la Dirección Facultativa.

### **a. Normativa a Aplicar.**

Será de aplicación la normativa enunciada en el apartado B de la Memoria del Proyecto al que pertenece el presente Pliego de Condiciones así como las condiciones contenidas en el presente Pliego.

Se prestará especial atención a lo especificado en:

- Reglamentación General de Contratación según Decreto 3410/75, de 25 de noviembre.
- Pliego de Condiciones Generales para la Contratación de Obras Públicas aprobado por Decreto 3854/70, de 31 de diciembre.
- Artículo 1588 y siguientes del Código Civil, en los casos que sea procedente su aplicación al contrato de que se trate.
- Decreto de 12 de marzo de 1954 por el que se aprueba el Reglamento de Verificaciones eléctricas y Regularidad en el suministro de energía.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos laborales y RD 162/97 sobre Disposiciones mínimas en materia de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción
- RD 223/2008 Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias e instrucciones técnicas complementarias.
- RD 3275/1982 sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e instrucciones técnicas complementarias.
- RD 848/2002 Reglamento Electrotécnico para B.T. e Instrucciones Técnicas Complementarias e instrucciones técnicas complementarias.

- Normas Iberdrola (NI) y Manuales Técnicos de Distribución (MT) de la compañía suministradora Iberdrola Distribución Eléctrica, S. A. U
- D 47/2004 Normas de Carácter Técnico de adecuación de las líneas eléctricas para la protección del medio ambiente en Extremadura.
- Decretos, Normas e Instrucciones complementarias de la Comunidad Autónoma de Extremadura que pudiesen tener aplicación en la ejecución de las instalaciones proyectadas.
- Ordenanzas Municipales del Ayuntamiento de Coria.
- Pliego de Condiciones Administrativas y Económicas Particulares, que se establezcan en la contratación y que a criterio de la Dirección Facultativa afecten a aspectos técnicos de la obra.

### **Seguridad en el Trabajo.**

El Contratista está obligado a cumplir las condiciones que se indican en el apartado anterior de este Pliego de Condiciones y cuantas en esta materia fueran de pertinente aplicación.

Asimismo, deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal; los metros, reglas, mangos de aceiteras, útiles limpiadores, etc. que se utilicen no deben ser de material conductor. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en suelas.

El personal de la Contrata viene obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas, banqueta aislante, etc. pudiendo el Director de Obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la Contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hicieran peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista en cualquier momento, antes o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

### **Seguridad Pública.**

El Contratista deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

El Contratista mantendrá póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc. que en uno y otro pudieran incurrir para el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

#### **b. Replanteo de la Obra.**

El Contratista estará obligado, antes de la fecha de replanteo, a recabar de la Propiedad toda la documentación necesaria con antelación suficiente, no pudiendo alegar la falta de ésta para interrumpir los trabajos de replanteo.

El Director de Obra de las instalaciones objeto del presente proyecto, conjuntamente con el Director de Obra de las Actuaciones Urbanizativas, hará junto con el instalador el replanteo de las mismas.

Se prestará especial atención a los puntos singulares.

Se entregará al Contratista las referencias y datos necesarios para la correcta ubicación de todos los componentes de la instalación que no disponga y se levantará por triplicado un Acta, en la que constarán los datos entregados. El citado acta será firmado por el Director de Obra, Director de Obra de las Actuaciones Urbanizativas y por el representante del Contratista.

Los gastos de replanteo serán de cuenta del Contratista.

#### **c. Características y Obligaciones del Contratista.**

##### **Características:**

Sin perjuicio de la calificación específica que haya de tener el Contratista para la ejecución de las Actuaciones Urbanizativas en las que se desarrollan las instalaciones proyectadas, para la ejecución de las contenidas en este Proyecto, deberá ser persona física o jurídica en posesión de acreditación de Empresa Autorizada para Instalaciones de Alta Tensión en la categoría LAT1 y Empresa Autorizada para Instalaciones de Baja Tensión en la Categoría Especialista.

En adelante, en este Pliego hablará de Contratista o Instalador indistintamente, entendiéndose como la misma persona (es decir la adjudicataria de la obra).

##### **Obligaciones y responsabilidades del contratista:**

- El Contratista estará obligado a recabar de la Dirección Técnica de Obra, toda la documentación necesaria con antelación suficiente, no pudiendo alegar la falta de ésta para interrumpir los trabajos, o disminuir el ritmo de ejecución marcado por la Dirección Técnica, en vista del cumplimiento de los plazos de realización contratados.

- Como carácter general, y aparte de las que se indiquen en los distintos apartados de este Pliego de Condiciones así como del resto de documentos que conforman el Proyecto, el

Contratista está obligado a estar al corriente en el pago de los impuestos y seguros sociales de todo el personal interviniente en la obra y que dependan de él (personal propio y subcontratistas).

- El Contratista está obligado a cumplir y hacer cumplir a su personal (personal propio y subcontratistas) las condiciones de Seguridad en el Trabajo, acorde a la normativa en vigor y al Estudio de Seguridad y Salud del Proyecto. Pudiendo el Director de Obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la Contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

-El Contratista deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

El Contratista mantendrá póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc., que en uno y otro pudieran incurrir para el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

- Así mismo, el Contratista será responsable ante los Tribunales de Justicia de los accidentes que, por descuido o inexperiencia, sobreviniesen en la realización de las obras.

#### **d. Control de la obra y libro de órdenes.**

#### **Materiales y Ejecución**

Todos los materiales de la instalación así como los sistemas y métodos de instalación empleados en la ejecución se estiman suficientemente especificados en los documentos del presente Proyecto.

Los instaladores, caso de variar o reformar cualquier componente o método de instalación, mantendrán las condiciones que les fueron exigibles, conforme a las Normativas anteriormente citadas y a lo marcado en el Proyecto.

Todos los materiales y sistemas de instalación serán de análogas características técnicas, recogidos en la Normativa legal de aplicación y homologados por la Cía. Suministradora.

En todo caso siempre previa consulta al Técnico Director de Obra.

Las características técnicas que han de servir de base para la adopción de los determinados elementos de la obra e instalación, no tienen porqué pertenecer a marcas concretas, sino que han de tomarse características genéricas a las que deben supeditarse los elementos finalmente elegidos. Todo ello mediante justificación certificada por parte del Contratista de similitud de características y previa aprobación del Director de Obra, cuyos datos, en cuanto a tipos y modelos, serán reflejados por el Director de Obra, en un anexo a la certificación que expida.

## **Mejoras y variaciones en la instalación**

No se harán por el Instalador alteraciones, correcciones, omisiones, adicciones o variaciones en los datos fijados en el Proyecto salvo aprobación previa por escrito del Director de Obra.

Se considerará sólo como mejoras y variaciones del Proyecto aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por escrito, por el Director de Obra, convenido precios antes de proceder a su ejecución.

## **Plazo y diagrama de ejecución**

La ejecución de la obra se ajustará al diagrama de tiempos y ejecución que aparece en el Proyecto así como los indicados en el contrato de adjudicación.

Los plazos de ejecución, total y parciales, indicados se empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo.

El Contratista estará obligado a cumplir con los plazos que se señalen en el contrato para la ejecución de las obras y que serán improrrogables salvo justificación por parte de éste y aceptación por parte de la Dirección de Obra y Propiedad.

No obstante lo anteriormente indicado, los plazos podrán ser objeto de modificaciones cuando así resulte por cambios determinados por el Director de Obra debidos a exigencias de la realización de las obras y siempre que tales cambios influyan realmente en los plazos señalados en el contrato.

Si por cualquier causa, ajena por completo al Contratista, no fuera posible empezar los trabajos en la fecha prevista o tuvieran que ser suspendidos una vez empezados, se concederá por el Director de Obra, la prórroga estrictamente necesaria.

## **Libro de Órdenes**

Existirá un libro de órdenes en el cual deberá figurar todo lo que el Director de Obra dictase.

El cumplimiento de las órdenes expresadas en dicho libro es tan obligado para el contratista como las que figuran en el presente Pliego de Condiciones. Cada orden deberá ser extendida y firmada por el Director de Obras y enterado suscrito con la firma del contratista.

### **e. Aceptaciones parciales y certificaciones periódicas.**

El Director de Obra, dará su aprobación al material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta. La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta del Instalador.

Así mismo, y en presencia del Instalador, se verificará el estado de las instalaciones realizadas y cantidades ejecutadas para que de ser correcto se proceda a la emisión de la

certificación por parte del contratista y aceptación de la certificación por parte de la Dirección de Obra.

El Director de Obra se reserva el derecho de realizar las pruebas, ensayos, e inspecciones que crea necesario durante la realización de las obras y el montaje de las instalaciones. En todo caso estas pruebas y ensayos tendrán el alcance mínimo que las correspondientes NI y MT de Iberdrola indique para cada tipo de instalación.

Las certificaciones serán por partidas ejecutadas, según se describen en el capítulo de Mediciones y Presupuesto del Proyecto, en su totalidad o en un porcentaje superior al 50 %.

Las certificaciones serán mensuales y facilitadas por el contratista para su visto bueno a la Dirección de Obra con tiempo suficiente para su verificación y aceptación, y siempre con un mínimo de cinco días.

## **CERTIFICACION**

Según apartado e) del Pliego de Condiciones

1. Según lo establecido en el artículo 12.3 de la Ley 21/1992, de Industria, la puesta en servicio y utilización de las instalaciones eléctricas se condiciona al siguiente procedimiento:

a) Deberá elaborarse, previamente a la ejecución, una documentación técnica que defina las características de la instalación y que, en función de sus características, según determine la correspondiente ITC, revestirá la forma de proyecto o memoria técnica.

b) La instalación deberá verificarse por el instalador, con la supervisión del director de obra, en su caso, a fin de comprobar la correcta ejecución y funcionamiento seguro de la misma.

c) Asimismo, cuando así se determine en la correspondiente ITC, la instalación deberá ser objeto de una inspección inicial por un organismo de control.

d) A la terminación de la instalación y realizadas las verificaciones pertinentes y, en su caso, la inspección inicial, el instalador autorizado ejecutor de la instalación emitirá un certificado de instalación, en el que se hará constar que la misma se ha realizado de conformidad con lo establecido en el Reglamento y sus instrucciones técnicas complementarias y de acuerdo con la documentación técnica. En su caso, identificará y justificará las variaciones que en la ejecución se hayan producido con relación a lo previsto en dicha documentación.

e) El certificado, junto con la documentación técnica y, en su caso, el certificado de dirección de obra y el de inspección inicial, deberá depositarse ante el órgano competente de la Comunidad Autónoma, con objeto de registrar la referida instalación, recibiendo las copias diligenciadas necesarias para la constancia de cada interesado y solicitud de suministro de energía. Las Administraciones competentes deberán facilitar que éstas documentaciones puedan ser presentadas y registradas por procedimientos informáticos o telemáticos.

2. Las instalaciones eléctricas deberán ser realizadas únicamente por instaladores autorizados.

3. La empresa suministradora no podrá conectar la instalación receptora a la red de distribución si no se le entrega la copia correspondiente del certificado de instalación debidamente diligenciado por el órgano competente de la Comunidad Autónoma.

4. No obstante lo indicado en el apartado precedente, cuando existan circunstancias objetivas por las cuales sea preciso contar con suministro de energía eléctrica antes de poder culminar la tramitación administrativa de las instalaciones, dichas circunstancias, debidamente justificadas y acompañadas de las garantías para el mantenimiento de la seguridad de las personas y bienes y de la no perturbación de otras instalaciones o equipos, deberán ser expuestas ante el órgano competente de la Comunidad Autónoma, la cual podrá autorizar, mediante resolución motivada, el suministro provisional para atender estrictamente aquellas necesidades.

5. En caso de instalaciones temporales (congresos y exposiciones, con distintos stands, ferias ambulantes, festejos, verbenas, etc.), el órgano competente de la Comunidad podrá admitir que la tramitación de las distintas instalaciones parciales se realice de manera conjunta. De la misma manera, podrá aceptarse que se sustituya la documentación técnica por una declaración, diligenciada la primera vez por la Administración, en el supuesto de instalaciones realizadas sistemáticamente de forma repetitiva.

#### **f. Recepción de la Instalación**

Una vez terminadas las obras, serán **recepcionadas provisionalmente** por la Propiedad en presencia del Director de Obra y del Instalador, extendiéndose el correspondiente acta y en la que se hará constar la conformidad de los trabajos realizados, siendo firmado por todos los interesados.

Aunque provisionalmente se dé por bien ejecutada la instalación, o alguna parte, si se descubriesen después de acabada la misma **defectos ocultos o falta de calidad en los materiales y su empleo**, el Director de Obra podrá ordenar su demolición y nueva ejecución, que serán exclusivamente a cargo del Instalador.

Se entenderá **definitivamente recepcionada** la obra en el momento en que por parte de la Propiedad y de Iberdrola Distribución Eléctrica, S.A.U se firmen los correspondientes contratos y sea autorizada la puesta en marcha de las instalaciones por parte de la Dirección General de Ordenación Industrial y Comercio de la Junta de Extremadura y siempre y cuando no se hayan alterado las condiciones reflejadas en el Acta de Recepción Provisional.

#### **g. Plazo de Garantía.**

Sin perjuicio de las que legalmente estipulen las normas de aplicación y las que se marquen en el contrato de adjudicación, se marcarán como plazo condiciones de garantía los que para cada tipo de instalación determina la Compañía Suministradora en el correspondiente contrato.

En el plazo de garantía será y durante este período el Contratista corregirá los defectos observados, eliminará las obras rechazadas y reparará las averías que por esta causa se produjeran, todo ello por su cuenta y sin derecho a indemnización alguna, ejecutándose en caso de resistencia dichas obras por la Propiedad con cargo a la fianza.

El Contratista garantiza a la Propiedad contra toda reclamación de tercera persona, derivada del incumplimiento de sus obligaciones económicas o disposiciones legales relacionadas con la obra.

Tras la Recepción Definitiva de la obra, el Contratista quedará relevado de toda responsabilidad salvo en lo referente a los vicios ocultos de la construcción.

## **B. Pliego de condiciones Particulares.**

### **a. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de la Obra Civil.**

#### **Excavaciones**

Las dimensiones de las excavaciones se ajustarán lo más posible a las dadas en el Proyecto o en su defecto a las indicadas por el Director de Obra.

Las paredes de los hoyos serán verticales. Cuando sea necesario variar el volumen de la excavación, se hará de acuerdo con el Director de Obra.

El Contratista tomara las disposiciones convenientes para dejar el menor tiempo posible abiertas las excavaciones, con objeto de evitar accidentes.

Las excavaciones se realizarán con útiles apropiados según el tipo de terreno. En terrenos rocosos será imprescindible el uso de explosivos o martillo compresor, siendo por cuenta del Contratista la obtención de los permisos de utilización de explosivos.

Cuando deban emplearse explosivos, el Contratista deberá tomar las precauciones adecuadas para que en el momento de la explosión no se proyecten al exterior piedras que puedan provocar accidentes o desperfectos, cuya responsabilidad correría a cargo del Contratista.

En terrenos con agua deberá procederse a su desecado, procurando hormigonar después lo más rápidamente posible para evitar el riesgo de desprendimientos en las paredes del hoyo, aumentando así las dimensiones del mismo.

#### **Hormigonado**

Se respetarán los tipos de hormigón indicados para las distintas actuaciones.

El cemento empleado será Portland, de fraguado lento, o bien de otra marca similar, de primera calidad.

Los áridos empleados para las cimentaciones de los apoyos, deberán ser de buena calidad, limpios y no heladizos, estando exentos de materiales orgánicos y de arcillas.

La arena puede proceder de minas o canteras, ríos, o bien, de machaqueo.

El agua empleada para la ejecución del hormigón será limpia y exenta de elementos orgánicos o arcillas.



## **Reposición del terreno**

Las tierras sobrantes, así como los restos del hormigonado, deberán ser extendidas si el propietario del terreno lo autoriza, o retiradas a vertedero en caso contrario, todo lo cuál será a cargo del Contratista.

Todos los daños serán por cuenta del Contratista, salvo aquellos que se demuestren imputables al Director de Obra.

## **Acondicionamiento del terreno para colocación del C.T y C.S.**

Se efectuará la excavación con arreglo a las dimensiones y características del centro y hasta la cota necesaria indicada en el Proyecto.

Una vez realizada la excavación se extenderá una capa de arena de 10 cm de espesor aproximadamente, procediéndose a continuación a su nivelación y compactación.

## **Apertura y acondicionamiento de zanjas**

Para la apertura y acondicionamiento de zanjas de M.T. y B.T. se seguirá lo indicado en el Proyecto así como en los:

- MT 2.31.01 Proyecto Tipo de Línea Subterránea de A.T. hasta 30 kV
- MT 2.51.01 Proyecto Tipo de Línea Subterránea de B.T.

## **Certificación**

Según apartado (e) del Pliego de Condiciones.

## **b. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de las instalaciones de Media Tensión.**

### **Línea subterránea de M.T.**

#### **Materiales.**

Todos los materiales se ajustará a lo descrito en el resto de documentos del Proyecto y a las NI y MT de Iberdrola. No deberán presentar deterioro ni defecto alguno que disminuya la función que tengan que desarrollar.

Para su recepción, verificación y/o ensayo se seguirá lo indicado en las citadas NI y MT.

#### **Ejecución**

Según lo dispuesto en el MT 2.31.01 Proyecto Tipo de Línea Subterránea de AT hasta 30 kV.

#### **Tendido de cables en tubulares.**

Cuando el cable se tienda a mano o con cabrestantes y dinamómetro, y haya que pasar el mismo por un tubo, se facilitará esta operación mediante una cuerda, unida a la extremidad del

cable, que llevará incorporado un dispositivo de manga tiracables, teniendo cuidado de que el esfuerzo de tracción sea lo más débil posible, con el fin de evitar alargamiento de la funda de plomo, según se ha indicado anteriormente.

Se evitará el deterioro del mismo o rozaduras en el tramo del cruce.

Los cables de media tensión unipolares de un mismo circuito, pasarán todos juntos por un mismo tubo dejándolos sin encintar dentro del mismo.

Se evitarán en lo posible las canalizaciones con grandes tramos entubados y si esto no fuera posible se preverán catas de tiro que quedarán tapadas una vez se finalice el tendido de los conductores.

Una vez tendido el cable, los tubos se taparán perfectamente con espuma de poliuretano.

### **Tendido de cables paso aéreo-subterráneo.**

Los tubos que protegerán a los conductores en su bajada del apoyo se colocarán de forma que no dañen a los cables y queden fijos al apoyo, con 0,50 m. aproximadamente bajo el nivel del terreno, y 2,50 m. sobre él.

El engrapado del cable se hará en tramos de uno o dos metros, de forma que se repartan los esfuerzos.

El taponado del tubo de reserva será hermético y se hará con un capuchón de protección normalizado o espumado con espuma de poliuretano. El tubo de los conductores se sellará con espuma.

### **Botellas terminales.**

Se utilizará el tipo indicado en el proyecto, siguiendo para su confección las normas que dicte el MT ó la NI correspondiente o en su defecto el fabricante del cable o el de las botellas terminales.

### **Autoválvulas y seccionadores.**

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico serán pararrayos autovalvulares tal y como se indica en la memoria del proyecto, colocados sobre el apoyo de entronque A/S, inmediatamente después del Seccionador según el sentido de la corriente. El conductor de tierra del pararrayo se colocará por el interior del apoyo resguardado por las caras del angular del montaje y hasta tres metros del suelo e irá protegido mecánicamente por un tubo de material no ferromagnético.

El conductor de tierra a emplear será de cobre de 50 mm<sup>2</sup> de sección y se unirá a los electrodos de barra necesarios para alcanzar una resistencia de tierra calculada.

Se pondrá especial cuidado en dejar regulado perfectamente el accionamiento del mando del seccionador.

Los conductores de tierra atravesarán la cimentación del apoyo mediante tubo de PVC de manera que emerjan lo más recto posible de la peana en los puntos de bajada de sus respectivos conductores.

Se procurará que los soportes de las botellas terminales queden fijos tanto en las paredes de los centros de transformación como en las torres metálicas y tengan la debida resistencia mecánica para soportar el peso de los soportes, botellas terminales y cable. Asimismo, se procurará que queden completamente horizontales.

## **Certificación**

Según apartado **(e)** del Pliego de Condiciones.

## **Centro de Transformación y Centro de Seccionamiento**

### **Materiales**

Todos los materiales se ajustará a lo descrito en el resto de documentos del Proyecto y a las NI y MT de Iberdrola. No deberán presentar deterioro ni defecto alguno que disminuya la función que tengan que desarrollar.

Para su recepción, verificación y/o ensayo se seguirá lo indicado en las citadas NI y MT.

### **Ejecución**

#### **Recepción y colocación del prefabricado**

Se realizará el transporte, la carga y descarga de los elementos constitutivos del edificio prefabricado, sin que éstos sufran ningún daño en su estructura. Para ello deberán usarse los medios de fijación previstos por el fabricante para su traslado y ubicación, así como las recomendaciones para su montaje.

Se deberán tener accesos previstos para un camión de 20 TM.

De acuerdo con la Recomendación UNESA 1303-A, el edificio prefabricado estará construido de tal manera que, una vez instalado, su interior sea una superficie equipotencial. Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial, estarán unidas entre sí mediante soldaduras eléctricas. Las conexiones entre varillas metálicas pertenecientes a diferentes elementos, se efectuarán de forma que se consiga la equipotencialidad entre éstos.

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial podrá ser accesible desde el exterior del edificio, excepto las piezas que, insertadas en el hormigón, estén destinadas a la manipulación de las paredes y de la cubierta, siempre que estén situadas en las partes superiores de éstas.

Cada pieza de las que constituyen el edificio deberán disponer de dos puntos metálicos, lo más separados entre sí, y fácilmente accesibles, para poder comprobar la continuidad eléctrica de la armadura. La continuidad eléctrica podrá conseguirse mediante los elementos mecánicos del ensamblaje.

### **Acometida subterránea en M.T.**

Los cables de alimentación subterránea entrarán en el centro, alcanzando la celda que corresponda, por un canal o tubo. Después de colocados los cables se obstruirá el orificio de paso por un tapón al que, para evitar la entrada de roedores, se incorporarán materiales duros que no dañen el cable.

### **Conexión de los conductores a las celdas**

Acorde a las indicaciones del fabricante de las celdas y al MT 2.11.01

### **Conexión de las celdas al trafo**

Acorde a las indicaciones del fabricante de las celdas y al MT 2.11.01

### **Conexión del transformador al cuadro de B.T.**

Acorde a las indicaciones del fabricante de las celdas y al MT 2.11.01

### **Ejecución de las puestas a tierra**

Las puestas a tierra se realizarán en la forma indicada en el proyecto, debiendo cumplirse estrictamente lo referente a separación de circuitos, forma de constitución y valores deseados para las puestas a tierra.

Condiciones de los circuitos de puesta a tierra

- No se unirán al circuito de puesta a tierra las puertas de acceso y ventanas metálicas de ventilación del CT.
- La conexión del neutro a su toma se efectuará, siempre que sea posible, antes del dispositivo de seccionamiento B.T.
- En ninguno de los circuitos de puesta a tierra se colocarán elementos de seccionamiento.
- Cada circuito de puesta a tierra llevará un borne para la medida de la resistencia de tierra, situado en un punto fácilmente accesible.
- Los circuitos de tierra se establecerán de manera que se eviten los deterioros debidos a acciones mecánicas, químicas o de otra índole.
- La conexión del conductor de tierra con la toma de tierra se efectuará de manera que no haya peligro de aflojarse o soltarse.
- Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea continua, en la que no podrán incluirse en serie las masas del centro. Siempre la conexión de las masas se efectuará por derivación.
- Los conductores de tierra enterrados serán de cobre, y su sección nunca será inferior a 50 mm<sup>2</sup>.
- Cuando la alimentación a un centro se efectúe por medio de cables subterráneos provistos de cubiertas metálicas, se asegurará la continuidad de éstas por medio de un conductor de cobre lo más corto posible, de sección no inferior a 50 mm<sup>2</sup>. La cubierta metálica se unirá al circuito de puesta a tierra de las masas.

- La continuidad eléctrica entre un punto cualquiera de la masa y el conductor de puesta a tierra, en el punto de penetración en el suelo, satisfará la condición de que la resistencia eléctrica correspondiente sea inferior a 0,4 ohmios.

### **Pruebas, ensayos y verificaciones**

Una vez ejecutada la instalación se procederá, por parte de entidad acreditada por los organismos públicos competentes al efecto, a la medición reglamentaria de los siguientes valores:

- Resistencia de aislamiento de la instalación.
- Resistencia del sistema de puesta a tierra.
- Tensiones de paso y de contacto.

Se comprobará por parte de la Dirección de Obra que junto al accionamiento de la aparamenta de las celdas se incorporarán, de forma gráfica y clara, las marcas e indicaciones necesarias para la correcta manipulación de dicha aparamenta.

Además, en sitio bien visible estarán colocadas las instrucciones relativas a los socorros que deben prestarse en los accidentes causados por electricidad, debiendo estar el personal instruido prácticamente a este respecto, para aplicarlas en caso necesario.

### **Puesta en servicio**

Se conectarán primero los seccionadores de alta y a continuación el interruptor de alta, dejando en vacío el transformador. Posteriormente, se conectará el interruptor general de baja, procediendo en último término a la maniobra de la red de baja tensión.

Si al poner en servicio una línea se disparase el interruptor automático o hubiera fusión de cartuchos fusibles, antes de volver a conectar se reconocerá detenidamente la línea e instalaciones y, si se observase alguna irregularidad, se dará cuenta de modo inmediato a la empresa suministradora de energía.

### **Separación del servicio**

Se procederá en orden inverso al determinado en el apartado anterior, o sea, desconectando la red de baja tensión y separando después el interruptor de alta y seccionadores.

### **Certificación**

Según apartado **(e)** del Pliego de Condiciones.

### **c. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de la Red de Distribución en baja tensión.**

#### **Materiales**

Todos los materiales se ajustará a lo descrito en el resto de documentos del Proyecto y a las NI y MT de Iberdrola. No deberán presentar deterioro ni defecto alguno que disminuya la función que tengan que desarrollar.

Para su recepción, verificación y/o ensayo se seguirá lo indicado en las citadas NI y MT.

#### **Ejecución.**

Según lo dispuesto en el MT 2.51.01 Proyecto Tipo de Línea Subterránea de B.T.

#### **Tendido del conductor. Canalización entubada**

Las zanjas se recorrerán con detenimiento antes de tender los tubos para comprobar que se encuentran sin piedras u otros elementos duros que puedan dañar al tubo en su tendido y posterior tapado.

Se prestará especial atención a la continuidad a lo largo de la canalización de la cinta de atención de colocada como mínimo a 0,20 m. por encima del tubo.

El cable irá en el interior del tubo en todo su trazado excepto en el paso por las arquetas.

En la arqueta, los tubos quedarán a unos 25 cm. por encima del fondo para permitir la colocación de rodillos en las operaciones de tendido. Una vez tendido el cable, los tubos se sellarán con espuma de poliuretano. La situación de los tubos en la arqueta será la que permita el máximo radio de curvatura.

El fondo de estas arquetas será permeable de forma que permita la filtración del agua de lluvia.

El tendido se hará obligatoriamente por rodillos que puedan girar libremente y contruidos de forma que no dañen el cable.

Durante el tendido se tomarán precauciones para evitar que el cable no sufra esfuerzos importantes ni golpes ni rozaduras

Cuando la temperatura ambiente sea inferior a cero grados, no se permitirá hacer el tendido del cable debido a la rigidez que toma el aislamiento.

En ningún caso se dejarán los extremos del cable en la zanja sin haber asegurado antes una buena estanquidad de los mismos.

#### **Cajas de protección y medida.**

Las Cajas de Protección y Medida, realizadas con material de poliéster autoextinguible reforzado con fibra de vidrio.

Tipo CPM1-D2 M (Según normativa Iberdrola NI 42.72.00). Para alojar 1 contador monofásico multitarifa, destinado para empotrar en fachada.

#### **d.- Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de la instalación de ventilación y extracción.**

Según el RD 635/2006 establece necesidad de ventilación para todos los túneles de más de 500 m y para los urbanos con longitud entre 200 y 500 m con su correspondiente **sistema automático de control**. Debe analizarse control de contaminantes en situación normal de tráfico y congestionado, así como el control de calor y humo en caso de incendio.

Se establece un incendio tipo de 30 MW y caudal de humos de 120 m<sup>3</sup>/s.

Se restringe la ventilación longitudinal en túneles bidireccionales o con posibilidad de congestión, salvo reducción de distancias de evacuación, gestión de tráfico y extracción intermedias de humos.

Para los sistemas de ventilación semitransversal o transversal debe poder controlarse la velocidad longitudinal del aire.

Se dispondrán sistemas que eviten la propagación de humo y calor a las salidas de emergencia.

Tipos de ventilación:

- Longitudinal
- Longitudinal con extracciones masivas
- Semitransversal-pseudotransversal
- Transversal
- Ventilación con pozos

Materiales:

Todos los materiales se ajustará a lo descrito en el resto de documentos del Proyecto y a las NI y normas de ventilación descritas en el RD 635/2006. No deberán presentar deterioro ni defecto alguno que disminuya la función que tengan que desarrollar.

Las partes metálicas accesibles de los ventiladores que no sean de Clase II o Clase III, deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra, que irá conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque. Para receptores con ventiladores (motores), la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,25 veces la potencia en vatios de los motores debido al aumento de consumo en el arranque. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase.

Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores, siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0,9 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a los ventiladores y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.

Para su recepción, verificación y/o ensayo se seguirá lo indicado en las citadas normas.

## Certificación

Según apartado (e) del Pliego de Condiciones.

### **e.- Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de la instalación de alumbrado interior.**

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598.

La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no deben exceder de 5 kg. Los conductores, que deben ser capaces de soportar este peso, no deben presentar empalmes intermedios y el esfuerzo deberá realizarse sobre un elemento distinto del borne de conexión.

Las partes metálicas accesibles de las luminarias que no sean de Clase II o Clase III, deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra, que irá conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

El uso de lámparas de gases con descargas a alta tensión (neón, etc), se permitirá cuando su ubicación esté fuera del volumen de accesibilidad o cuando se instalen barreras o envolventes separadoras.

En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizadas en locales en los que funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.

Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque. Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase.

Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores, siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0,9 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.

En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9.

En instalaciones con lámparas de muy baja tensión (p.e. 12 V) debe preverse la utilización de transformadores adecuados, para asegurar una adecuada protección térmica, contra cortocircuitos y sobrecargas y contra los choques eléctricos.

Para los rótulos luminosos y para instalaciones que los alimentan con tensiones asignadas de salida en vacío comprendidas entre 1 y 10 kV se aplicará lo dispuesto en la norma UNE-EN 50.107.

## Certificación

Según apartado (e) del Pliego de Condiciones.



### **C. Conclusión y Firma.**

Con lo dispuesto en el presente Pliego de Condiciones, así como con el resto de documentos del Proyecto a los que se hace mención, cree haber definido de forma suficiente las condiciones de los materiales y el tipo de instalación a ejecutar para cada una de las actuaciones de alcance del Proyecto.

Quedando así mismo a disposición de los Organismos Oficiales que les sea de su competencia, para cuantas aclaraciones o correcciones estimasen oportunas.

**Coria, Marzo de 2015**

**El alumno.**

**Fdo: José Ignacio Alcoba Iglesias.**

# **IX.- SEGURIDAD Y SALUD**

**Titulo: INSTALACION ELECTRICA DE UN TUNEL DE AUTOPISTA**  
**Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR**  
**D. ROBERTO REDONDO MELCHOR**  
**Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS**

**Índice:**

VI.	Seguridad y salud	2
A.	Características relevantes de la obra	2
a.	Descripción de los trabajos	2
b.	Coste, plazo de ejecución y mano de obra necesaria	2
c.	Documento de seguridad y salud requerido en fase de proyecto	2
B.	Peligros detectados y riesgos asumidos	5
a.	Peligros generales	5
b.	Peligros específicos de cada fase de la obra	5
c.	Riesgo de daños a terceros	8
C.	Medidas de prevención para aminorar riesgos	9
a.	Medidas generales	9
b.	Medidas específicas para cada fase de la obra	100
c.	Medidas frente al riesgo de daños a terceros	179
D.	Conclusión y firma	189

## **VI. Seguridad y salud**

### **A. Características relevantes de la obra**

#### **a. Descripción de los trabajos**

El trabajo a realizar en la ejecución de las diferentes unidades de obra contratadas por los clientes, consiste básicamente en el desarrollo de las siguientes fases de construcción:

- Obra Civil.
- Movimientos de tierra.
- Saneamiento, abastecimiento y megafonía.
- Montaje de Centro de transformación.
- Montaje de Cuadros, cableado y conexionado medios auxiliares.
- Muros de hormigón y mampostería.
- Electrificación y alumbrado público.
- Albañilería.
- Pavimentos asfálticos.

#### **b. Coste, plazo de ejecución y mano de obra necesaria**

Para la realización de la obra descrita en la Memoria del presente Proyecto, se dan los siguientes supuestos:

El presupuesto de ejecución por contrata, incluido en el proyecto, es **6.827.512,50 €**

El plazo de ejecución previsto desde la iniciación hasta su terminación completa es de DOCE (12) MESES.

El volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores, es superior a 500 días hombre.

Por lo tanto, y en cumplimiento del R.D. 1627/1.997 de 24 de octubre de 1.997, se elabora el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud.

#### **c. Documento de seguridad y salud requerido en fase de proyecto**

##### **Oficios.**

La mano de obra directa prevista la compondrán trabajadores de los siguientes oficios:

- Jefes de Equipo, Mandos de Brigada.
- Montadores de estructuras metálicas.
- Montadores de equipos mecánicos.
- Montadores de equipos e instalaciones eléctricas.
- Gruistas y maquinistas.
- Especialistas de acabados diversos.
- Ayudantes y operarios.
- La mano de obra indirecta estará compuesta por:
  - Técnicos – Encargados.
  - Técnicos de ejecución/Control de Calidad/Seguridad.
  - Administrativos.

**Centro asistencial más próximo**

Hospital Ciudad de Coria

**Accesos a la obra y vías de circulación.**

Los accesos a la obra tienen que ser necesariamente por los dos túneles de la EX-A1, de los cuales se utilizarán los que fuera necesario en cada momento, puesto que la actuación se realizará en estos dos viales.

Para no tener accesos de proveedores, subcontratistas, mecánicos de mantenimiento, etc. incontrolados, la empresa constructora avisará a todas las personas y empresas, que pudieran personarse en las obras, de que les queda totalmente prohibida la entrada en las mismas si no hay una autorización expresa del contratista, previo aviso, por parte del interesado en acceder a las obras, por escrito de la fecha y hora de su presencia.

**Maquinaria a emplear en la obra**

La maquinaria a emplear en la obra será:

- Martillos rompedores.
- Taladro Portátil
- Sierra eléctrica
- Soldadora
- Bomba eléctrica
- Camión grúa

**Herramientas a emplear en las obras**

Las herramientas que se prevén se van a utilizar en las obras son:

- Carretillas manuales para el transporte de pequeños materiales a pequeñas distancias.
- Sierras para corte de PVC para tuberías y todo tipo de piezas de PVC o polietileno.
- Llaves inglesas para atornillar tornillos de bridas.
- Llaves fijas para atornillar tornillos de bridas.
- Caja de herramientas

**Energías a emplear en las obras**

Las energías que se prevén utilizar en las obras son:

- Combustibles líquidos (gasóleo y gasolina) para las diversas máquinas y vehículos.
- Electricidad para alumbrado, instalaciones de higiene y diversas máquinas y herramientas eléctricas.
- Esfuerzo humano.

**Formación**

Todo el personal debe recibir, al ingresar en la obra, una exposición de los métodos de trabajo y los riesgos que éstos pudieran entrañar, juntamente con las medidas de seguridad a emplear.

Se impartirán cursillos de socorrismo y primeros auxilios al personal más cualificado, a fin de que todos los tajos dispongan de algún socorrista.

**Salud y medicina preventiva**

Se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

a) Botiquín: Deberá existir en la obra al menos un botiquín con todos los elementos suficientes para curas, primeros auxilios, dolores, etc, según la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

- Un frasco de agua oxigenada.
- Un frasco de alcohol de 96.
- Un frasco conteniendo tintura de yodo.
- Un frasco de contenido mercurio-cromo.
- Un frasco conteniendo amoniaco.
- Una caja conteniendo gasa estéril.
- Una caja conteniendo algodón hidrófilo estéril.
- Un rollo de esparadrapo.
- Un torniquete.
- Una bolsa para agua o hielo.
- Un par de guantes esterilizados.
- Un termómetro clínico.
- Una caja de apósitos autoadhesivos.
- Antiespasmódico.
- Analgésicos.
- Tónicos cardiacos de urgencia.
- Jeringuillas desechables.

b) Asistencia a accidentados: Se deberá informar a la obra del emplazamiento de los diferentes Centros Médicos, Residencia Sanitaria, médicos, Enfermeros., etc., donde deba trasladarse a los posibles accidentados para un más rápido y efectivo tratamiento, disponiendo en la obra de las direcciones, teléfonos, etc., en sitios visibles,

c) Reconocimiento Médico: Todo el personal que empiece a trabajar en la obra deberá pasar un reconocimiento médico previo que certifique su aptitud.

d) Instalaciones: Se dotará a la obra, si así se estima en el correspondiente Plan de Seguridad, de todas las instalaciones necesarias, tales como:

- Almacenes y talleres.
- Vestuarios y servicios.
- Comedor, o en su defecto, locales particulares para el mismo fin.

## **B. Peligros detectados y riesgos asumidos**

### **a. Peligros generales**

Entendemos como riesgos generales aquellos que pueden afectar a todos los trabajadores, independientemente de la actividad concreta que realicen. Se prevé que puedan darse los siguientes:

- Caídas de objetos o componentes sobre personas.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Proyecciones de partículas a los ojos.
- Conjuntivitis por arco de soldadura u otros.
- Heridas en manos o pies por manejo de materiales.
- Sobreesfuerzos.
- Golpes y cortes por manejo de herramientas.
- Golpes contra objetos.
- Atrapamientos entre objetos.
- Quemaduras por contactos térmicos.
- Exposición a descargas eléctricas.
- Incendios y explosiones.
- Atrapamiento por vuelco de máquinas, vehículos o equipos.
- Atropellos o golpes por vehículos en movimiento.
- Lesiones por manipulación de productos químicos.
- Lesiones o enfermedades por factores atmosféricos que comprometan la seguridad o la salud.
- Inhalación de productos tóxicos.

### **b. Peligros específicos de cada fase de la obra**

Nos referimos aquí a los riesgos propios de actividades concretas que afectan sólo al personal que realiza trabajos en las mismas.

Este personal estará expuesto a los riesgos generales indicados en el punto anterior., más los específicos de su actividad.

A tal fin analizamos a continuación las actividades más significativas.

#### ***Trabajos preliminares***

- Los riesgos que pueden presentarse al equipo que desarrollara los trabajos preliminares de la obra (replanteo, topografía, etc.) son los derivados del trabajo en terrenos accidentados (posibilidad de caídas o torceduras de pies)
- Otro posible riesgo es la posibilidad de que con los aparatos (miras, cintas, etc.) se pudiera entrar en contacto con líneas electrificadas, por no tomar las debidas precauciones.

#### ***Acopios***

- Los riesgos que pueden presentarse durante esta fase, son los típicos en la realización de esta actividad: golpes, heridas, caídas de objetos y atrapamientos.

#### ***Carga y descarga de materiales***

- Los riesgos que pueden presentarse durante la realización de esta actividad son: Caídas de operarios al mismo nivel, golpes, heridas, sobreesfuerzos, caídas de objetos y atrapamientos.

**Almacenamiento de materiales**

- Los riesgos que se pueden presentar en esta fase, son los mismos que han sido descritos en la fase anterior.

**Excavaciones**

Además de los generales, pueden ser inherentes a las excavaciones los siguientes riesgos:

- Desprendimiento o deslizamiento de tierras.
- Atropellos y/o golpes por máquinas o vehículos.
- Colisiones y vuelcos de maquinaria.
- Riesgos a terceros ajenos al propio trabajo.

**Movimiento de tierras**

En los trabajos derivados del movimiento de tierras por excavaciones o rellenos se prevé los siguientes riesgos:

- Caídas de materiales de las palas o cajas de los vehículos.
- Caídas de personas desde los vehículos.
- Vuelcos de vehículos por diversas causas (malas condiciones del terreno, exceso de carga, durante las descargas, etc.).
- Atropello y colisiones.
- Proyección de partículas.
- Polvo ambiental.

**Trabajos con ferralla**

Los riesgos más comunes relativos a la manipulación y montaje de ferralla son:

- Cortes y heridas en el manejo de las barras o alambres.
- Atrapamientos en las operaciones de carga y descarga de paquetes de barras o en la colocación de las mismas.
- Torceduras de pies, tropiezos y caídas al mismo nivel al caminar sobre las armaduras
- Roturas eventuales de barras durante el doblado.

**Trabajos de encofrado y desencofrado**

En esta actividad podemos destacar los siguientes:

- Desprendimiento de tableros.
- Pinchazos con objetos punzantes.
- Caída de materiales (tableros, tablones, puntales, etc.).
- Caída de elementos del encofrado durante las operaciones de desencofrado.
- Cortes y heridas en manos por manejo de herramientas (sierras, cepillos, etc.) y materiales.

**Trabajos con hormigón**

La exposición y manipulación del hormigón implica los siguientes riesgos:

- Salpicaduras de hormigón a los ojos.
- Hundimiento, rotura o caída de encofrados.
- Torceduras de pies, pinchazos, tropiezos y caídas al mismo y a distinto nivel, al moverse sobre las



estructuras.

- Dermatitis en la piel.
- Aplastamiento o atrapamiento por fallo de entibaciones.
- Lesiones musculares por el manejo de vibradores.
- Electrocuación por ambientes húmedos.

### **Manipulación de materiales**

Los riesgos propios de esta actividad están incluidos en la descripción de riesgos generales.

### **Transporte de materiales y equipos dentro de la obra**

En esta actividad, además de los riesgos enumerados en el punto anterior, son previsibles los siguientes:

- Desprendimiento o caída de la carga, o parte de la misma, por ser excesiva o estar mal sujeta.
- Golpes contra partes salientes de la carga.
- Atropellos de personas.
- Vuelcos.
- Choques contra otros vehículos o máquinas.
- Golpes o enganches de la carga con objetos, instalaciones o tendidos de cables.

### **Prefabricación y monte de estructuras, cerramientos y equipos.**

De los específicos de este apartado cabe destacar:

- Caída de materiales por la mala ejecución de la maniobra de izado y acoplamiento de los mismos o fallo mecánico de equipos.
- Caída de personas desde altura por diversas causas.
- Atrapamiento de manos o pies en el manejo de los materiales o equipos.
- Caída de objetos, herramientas sueltas.
- Explosiones o incendios por el uso de gases o por proyecciones incandescentes.

### **Maniobras de izado, situación en obra y montaje de equipos y materiales.**

Como riesgos específicos de estas maniobras podemos citar los siguientes:

- Caída de materiales, equipos o componentes de los mismos por fallo de los medios de elevación o error en la maniobra.
- Caída de pequeños objetos o materiales sueltos (cantoneras, herramientas, etc.) sobre personas.
- Caída de personas desde altura en operaciones de estrobo o desestrobo de las piezas.
- Atrapamientos de manos o pies.
- Aprisionamiento/aplastamiento de personas por movimientos incontrolados de la carga.
- Golpes de equipos, en su izado y transporte, contra otras instalaciones (estructuras, líneas eléctricas, etc.). caída o vuelco de los medios de elevación.

### **Tendido del conductor subterráneo de M.T. y B.T.**

- Los riesgos que se pueden presentar en esta operación son: vuelco de maquinaria, caídas a distinto nivel, golpes y heridas, atrapamientos, caídas de objetos, sobreesfuerzos y riesgos a terceros.

### **Uso de máquinasherramientas**

Máquinas fijas y herramientas eléctricas.

- Las características de trabajos en elementos con tensión eléctrica en los que pueden producirse accidentes por contactos, tanto directos como indirectos.
- Caídas de personal al mismo, o distinto nivel, por desorden de mangueras.
- Lesiones por uso inadecuado, o malas condiciones de máquinas giratorias o de corte.
- Proyecciones de partículas.

#### Medios de Elevación

- Caída de la carga por deficiente estrobo o maniobra.
- Rotura de cable, gancho, estrobo, grillete o cualquier otro medio auxiliar de elevación.
- Golpes o aplastamientos por movimientos incontrolados de la carga.
- Exceso de carga con la consiguiente rotura, o vuelco, del medio correspondiente.
- Fallo de elementos mecánicos o eléctricos.
- Caída de personas a distinto nivel durante las operaciones de movimiento de cargas.

#### Andamios, Plataformas y Escaleras.

- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caída del andamio por vuelco.
- Vuelcos o deslizamientos de escaleras.
- Caída de herramientas o materiales desde el andamio.
- Los derivados de padecimiento de enfermedades no detectadas (epilepsia, vértigo, etc.).

#### Equipos de soldadura eléctrica y oxiacetilénica

- Incendios.
- Quemaduras.
- Los derivados de la inhalación de vapores metálicos.
- Explosión de botellas de gases.
- Proyecciones incandescentes o de cuerpos extraños.
- Contacto con la energía eléctrica.

#### **Montaje de instalaciones. Suelos y acabados.**

Los riesgos inherentes a estas actividades podemos considerarlos incluidos dentro de los generales, al no ejecutarse a grandes alturas ni presentar aspectos relativamente peligrosos.

#### **Riesgo eléctrico**

Se analiza este apartado conforme al Real Decreto 614/2001, de 8 de Junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al Riesgo eléctrico.

Los riesgos más significativos son:

- Choque eléctrico por contacto con elementos en tensión (contacto eléctrico directo), o con masas puestas accidentalmente en tensión (contacto eléctrico indirecto). (Electrocución).
- Quemaduras por choque eléctrico, o por arco eléctrico.
- Caída o golpes como consecuencia de choque o arco eléctrico.
- Incendios o explosiones originados por la electricidad.

#### **c. Riesgo de daños a terceros**

Como riesgos de daños a terceros se entiende a personal ajeno a la obra en cuestión y podemos citar los siguientes:

- Caída de personas desde altura por diversas causas.
- Atrapamientos de manos o pies.
- Atropellos de personas.
- Torceduras de pies, pinchazos, tropiezos y caídas al mismo y a distinto nivel.

### **C. Medidas de prevención para aminorar riesgos**

#### **a. Medidas generales**

Queda prohibido el acceso al centro de trabajo a toda persona ajena al servicio del mismo.

El personal encargado, habrá de estar suficientemente capacitado para realizar las maniobras propias.

En todos los lugares donde existan instalaciones de M.T. deberán colocarse placas de aviso de peligro de muerte. Especialmente se colocarán sobre las rejillas de protección de los posibles módulos y en las puertas de entrada de los módulos de M.T. En los C.T. intemperie, se instalarán en cada uno de los lados de la apartamentación que condena el acceso al apoyo.

Se prohíbe terminantemente, a todas las personas, tocar las instalaciones de M.T. en cualquiera de sus puntos, aunque de momento no exista tensión, mientras no se efectúe el accionamiento necesario que deje aislada totalmente la parte de la instalación, sobre la que haya de realizarse el determinado trabajo.

El personal del servicio del C.T. y de la Línea M.T., deberán tener en cuenta las siguientes instrucciones:

- Cuidar los aparatos, embarrados y seccionadores, etc., para que se encuentren en todo momento en perfecto estado de conservación, efectuando la limpieza de los mismos periódicamente, cuando fuese necesario.
- La limpieza de los elementos de la instalación se realizará sin tensión y no deberá realizarse nunca con paños húmedos ni mojados, sino que deberán estar bien secos, o bien realizarla con aire, habiéndose aislado previamente la instalación. Aun así, dicha limpieza se llevará a cabo subiéndose a una banqueta aislante y provisto de guantes también aislantes.
- Vigilar el nivel de aceite de los transformadores y su temperatura, así como de los demás elementos. La temperatura del aceite de los transformadores no deberá sobrepasar los 70°C. Cuando descienda el nivel de aceite de los transformadores, se empleará para su relleno aceite de la misma calidad y con las mismas características.
- En caso de fusión de algún fusible, se habrá de reponer con otro de igual calibre y características, de los que se deberá de disponer de reserva para estos casos. Se deberá cuidar que no exista tensión al colocar el fusible y que los contactos queden bien limpios y apretados. Si al reponer el fusible fundido, se vuelve a fundir de nuevo, se suspenderá el servicio y no se volverá a reponer hasta no haber encontrado la causa que motivaba la avería y corregirla. Bajo ningún concepto se colocarán fusibles distintos de los establecidos para cada circuito.
- En el interior del centro y en cada una de sus dependencias, deberá haber una tabla con el plano de toda la instalación.
- En el interior de cada dependencia no habrá más objetos que los destinados al servicio propio de la instalación. Se aconseja que en todo momento existan linternas a pilas, en buen estado de funcionamiento, para posibles necesidades.
- En sitio bien visible, se colocarán instrucciones bien claras de primeros auxilios que deben presentarse en caso de accidentes causados por la electricidad, debiendo estar el personal instruido en la aplicación de dichos auxilios. Estas instrucciones, se deberán encontrar en todas las dependencias.
- En caso de incendio, queda terminantemente prohibido utilizar agua y todo tipo de extintores hasta que no se haya cortado la corriente en toda la instalación. El empleo de los mismos acarrearía la

muerte de quien lo hiciera. Suprimida la corriente, solo se emplearán extintores secos de gas o arena.

Puesta en servicio.

Para la puesta en servicio estando el circuito sin carga, se procederá en el orden siguiente:

- La entrada en servicio de las celdas de transformación, se efectuará con el edificio desalojado de personal, en presencia de la jefatura de la obra y de esta Dirección de Obra.
- Antes de hacer entrar en servicio la celda de transformación se procederá a comprobar la existencia real en la sala, de la banqueta de maniobras, pértigas de maniobra, extintores de polvo químico seco y botiquín, además de comprobar que los operarios se encuentran vestidos con las prendas de protección personal adecuadas. Una vez comprobados estos puntos, se procederá a dar la orden de entrada en servicio.
- Se conectarán primeramente los seccionadores, a continuación se cerrará el interruptor automático general y después, el correspondiente a cada transformador, con lo que se quedarán los transformadores trabajando en vacío.
- Solo una vez conectado el circuito de M.T. se accionarán los interruptores de B.T.

#### **b. Medidas específicas para cada fase de la obra**

##### ***Trabajos preliminares***

- El personal deberá ir provisto de calzado adecuado.
- Así como prestando especial atención a las distancias que en cada momento puedan existir entre los trabajadores y las citadas líneas.

##### ***Acopios***

- Previamente al acopio de materiales a los lugares de trabajo deberá realizarse un reconocimiento del terreno, con el fin de elegir la mejor ruta de acceso.
- Deberá procurarse que los caminos, sendas o veredas que vayan a utilizarse para los respectivos acopios, sean adecuados para realizar el trabajo en las debidas condiciones de seguridad, a fin de evitar roces y choques con ramas, árboles, piedras, laderas, etc.
- Deberá procurarse igualmente que las pendientes y peraltes no sean excesivamente pronunciados, con el fin de evitar caídas o vuelcos de los vehículos empleados, así como de su carga, con el consiguiente peligro para el personal.
- Si para llevar a cabo el acceso al lugar de trabajo fuera necesario adecuar o construir una ruta de acceso, esta deberá realizarse con la maquinaria y los medios adecuados.

##### ***Carga y descarga de materiales***

- En todos los casos, la carga de los materiales en un vehículo deberá ser dirigida por el conductor del mismo, el cual debe conocer las dificultades de la ruta por la que ha de transitar, además de ser responsable de la carga y del vehículo, debiendo prevenir los posibles fallos, roturas o desplazamiento de la carga, en función del estado de los terrenos a recorrer.
- Para la carga o descarga manual, un operario no podrá levantar más de 50 Kg y, en caso de que la carga fuera superior a la citada, deberá pedir la ayuda de otros trabajadores.
- Si el acarreo de pesos se estima en una duración superior a las 4 h de trabajo continuadas, el peso máximo a acarrear será de 25 Kg, o bien deberán utilizarse medios mecánicos adecuados.
- El operario estará obligado a realizar los esfuerzos de forma racional, con el fin de evitar posibles lesiones de columna vertebral. El levantamiento de la carga se efectuará realizando el esfuerzo con

las piernas y la columna vertebral recta y “no doblándola”.

- En la descarga de las bobinas de conductores, los trabajadores deberán ayudarse de cuerdas o métodos adecuados (rampas, raíles, etc.), no debiendo permanecer ningún operario delante de la dirección de la maniobra de la bobina. En ningún caso se hará rodar la bobina por un solo canto, teniendo levantado el otro, con el fin de evitar su vuelco.
- Para la carga y descarga con medios mecánicos, la maquinaria a emplear deberá ser la adecuada (grúa, pala cargadora, etc.) y su maniobra deberá ser dirigida por personal especializado, no debiéndose superar en ningún momento la carga máxima autorizada. Igualmente, las diferentes máquinas que participen en las operaciones deberán estar correctamente estabilizadas. La elevación de la carga deberá realizarse de forma suave y continuada.
- Durante las operaciones de carga o descarga, ninguna persona ajena a las mismas se acercará al vehículo, y nunca permanecerá ni circulará personal debajo de las cargas suspendidas, ni permanecerá sobre las cargas.

### **Almacenamiento de materiales**

- Los materiales deberán almacenarse de forma que no puedan causar derrumbamientos o deslizamientos que den lugar a un accidente, ni que el almacenamiento dificulte la carga, ocasionando un mayor esfuerzo para los trabajadores.
- En el caso particular del almacenamiento de bobinas, se recomienda que estén colocadas tumbadas para evitar su rodamiento, o bien, en el caso de estar apoyadas sobre los cantos, deberán estar calzadas por ambos lados.

### **Excavaciones**

La excavación en tierra (aquella en la que no es necesario el uso de explosivos), se podrá realizar con herramientas, o mecánicamente.

#### Excavación en tierra con herramientas:

- En el caso de uso de herramientas, debido a las reducidas dimensiones que generalmente tendrán los hoyos, se recomienda que sea un único trabajador el que permanezca en su interior, para evitar accidentes por alcance entre ellos de las herramientas a emplear.
- Deberá vigilarse constantemente la preparación de los hoyos, con el fin de observar variaciones en las características del terreno que obliguen a emplear medidas de seguridad que eviten el derrumbamiento.
- En el caso de zanjas con probable peligro de derrumbamiento de paredes, nunca deberá quedar un operario solo en su interior, sino que en el exterior de hoyo debe permanecer al menos otro operario, para caso de auxilio.
- Los escombros procedentes de la excavación se ubicarán a una distancia adecuada de la boca del hoyo, para evitar su caída al interior del mismo, así como para facilitar el paso de operarios alrededor de la boca del hoyo.
- Para el acceso a zanjas profundas se recomienda la utilización de escaleras adecuadas.

#### Excavación en tierra mecánicamente:

- La excavación de zanjas “en tierra” por medios mecánicos deberá realizarse con la maquinaria apropiada (retroexcavadora, etc.), que deberá ser manejada por el personal especializado.
- En todo momento la maquinaria deberá encontrarse perfectamente estabilizada.
- Este tipo de operación tiene el riesgo de que el operario que dirige las maniobras de la máquina sea alcanzado por la misma, o que se caiga al hoyo en excavación.

- Para evitar tales riesgos, dicho operario debe estar situado lo más apartado posible de la boca del hoyo y del alcance de la máquina.
- Los escombros procedentes de la excavación deberán situarse a una distancia adecuada de la zanja, como se indicó anteriormente.
- Basándose en todo aquello, se recomienda la excavación por medios mecánicos, y no manuales, por resultar más seguro para los operarios que participan en la tarea.

#### ***Tendido del conductor subterráneo de M.T. y B.T.***

- Antes de iniciar la operación de tendido de los conductores deberá revisarse el estado de los gatos y cunas, así como su capacidad para resistir los pesos a los que van a ser sometidos.
- El asentamiento de las bobinas sobre los gatos o cunas se realizará de forma suave y continua. En el caso de que los rodillos estén situados en el suelo, se colocarán en sitios visibles, con el fin de evitar golpes contra ellos. Si van colocados sobre las bandejas, se amarrarán para evitar su posible deslizamiento o caída.
- El tendido del conductor se realizará de forma suave, evitando tirones bruscos y con total coordinación entre los operarios y el director de maniobra.

#### ***Uso de máquinas herramientas***

- Las máquinas herramientas a utilizar estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento.
- Los motores estarán protegidos por carcasa. La máquina herramienta con capacidad de corte tendrá el disco protegido mediante una carcasa, disponiendo también de empujador de piezas e interruptor estanco.
- Dispondrán de conexión a la red de tierra.
- Se prohíbe dejar la herramienta eléctrica abandonada en el suelo para evitar accidentes.

Se prohíbe utilizar herramienta accionada por combustible en lugares cerrados.

#### ***En movimiento de tierras***

- No se cargarán los camiones por encima de la carga admisible ni sobrepasando el nivel superior de la carga.
- Se prohíbe el traslado de personas fuera de la cabina de los vehículos.
- Se situarán topes o calzos para limitar la proximidad a bordes de excavaciones o desniveles en zonas de descarga.
- Se limitará la velocidad de vehículos en el camino de acceso y en los viales interiores de la obra a 20 Km/h.
- En caso necesario y a criterio del Técnico de Seguridad se procederá al regado de las pistas para evitar la formación de nubes de polvo.

#### ***En trabajos en altura***

Es evidente que el trabajo en altura se presenta dentro de muchas de las actividades que se realizan en la ejecución de los trabajos contratados por los clientes y, como tal, las medidas preventivas relativas a los mismos serán tratadas conjuntamente con el resto de las que afectan a cada cual.

Sin embargo, dada elevada gravedad de las consecuencias que, generalmente, se derivan de las caídas de altura, se considera oportuno y conveniente remarcar, en este apartado concreto, las medidas de prevención básica y fundamental que deben aplicarse para eliminar, en la medida de lo posible, los riesgos inherentes a los trabajos en altura.

Destacaremos, entre otras, las siguientes medidas:

Para evitar la caída de objetos:

- Coordinar los trabajos de forma que no se realicen trabajos superpuestos.
- Ante la necesidad de trabajos en la misma vertical, poner las oportunas protecciones (redes, marquesinas, etc.).
- Acotar y señalizar las zonas con riesgo de caída de objetos.
- Señalizar y controlar la zona donde se realicen maniobras con cargas suspendidas, hasta que estas se encuentren totalmente apoyadas.
- Emplear cuerdas para el guiado de cargas suspendidas, que serán manejadas desde fuera de la zona de influencia de la carga, y acceder a esta zona sólo cuando la carga esté prácticamente arriada.

Para evitar la caída de personas:

- Se montarán barandillas resistentes en todo el perímetro o bordes de plataformas, forjados, etc. Por los que pudieran producirse caídas de personas.
- Se protegerán con barandillas o tapas de suficiente resistencia los huecos existentes en forjados, así como en paramentos verticales si estos son accesibles o están a menos de 1,5 mts del suelo.
- Las barandillas que se quiten o huecos que se destapen para introducción de equipos, etc., se mantendrán perfectamente controlados y señalizados durante la maniobra, reponiéndose las correspondientes protecciones nada mas finalizar estas.
- Los andamios que se utilicen (modulares o tubulares) cumplirán los requerimientos y condiciones mínimas definidas en la O.G.S.H.T., destacando entre otras:
  - Superficie de apoyo horizontal y resistente.
  - Si son móviles, las ruedas estarán bloqueadas y no se trasladarán con personas sobre los mismos.
  - Arriostarlos a partir de cierta altura.
  - A partir de 2 m de altura se protegerá todo su perímetro con rodapiés y quitamiedos colocados a 45 y 90 cm. Del piso, el cual tendrá, como mínimo, una anchura de 60 cm.
  - No sobrecargar las plataformas de trabajo y mantenerlas limpias y libres de obstáculos.
  - En altura (mas de 2 m) es obligatorio utilizar cinturón de seguridad, siempre que no existan protecciones (barandillas) que impidan la caída, el cual estará anclado a elementos, fijos, móviles, definitivos o provisionales, de suficiente resistencia.
  - Se instalarán cuerdas o cables fiadores para sujeción de los cinturones de seguridad en aquellos casos en que no sea posible montar barandillas de protección, o bien sea necesario el desplazamiento de los operarios sobre estructuras o cubiertas. En este caso se utilizarán cinturones de caída con arnés, provistos de absorción de energía.
- Las escaleras de mano cumplirán, como mínimo, las siguientes condiciones:
  - No tendrán rotos ni astillados largueros o peldaños. Dispondrán de zapatas antideslizantes.
  - La superficie de apoyo inferior y superior serán planas y resistentes.
  - Fijación o amarre por su cabeza en casos especiales y usar el cinturón de seguridad anclado a un elemento ajeno a esta.
  - Colocarla con la inclinación adecuada.
  - Con las escaleras de tijera, ponerle tope o cadena para que no se abran, no usarlas plegadas y no

ponerse a caballo en ellas.

### **En trabajos con ferralla**

- Los paquetes de redondos se acopiarán en posición horizontal, separando las capas con durmientes de madera y evitando alturas de pilas superiores a 1,50 m.
- No se permitirá trepar por las armaduras.
- Se colocarán tableros para circular por las armaduras de ferralla.
- No se emplearán elementos o medios auxiliares (escaleras, ganchos, etc.) hechos con trozos de ferralla soldada.
- Diariamente se limpiará la zona de trabajo, recogiendo y retirando los recortes y alambres sobrantes del armado.

### **En trabajos de encofrado y desencofrado**

- El ascenso y descenso a los encofrados se hará con escaleras de mano reglamentarias.
- No permanecerán operarios en la zona de influencia de las cargas durante las operaciones de izado y traslado de tableros, puntales, etc.
- Se sacarán o remacharán todos los clavos o puntas existentes en la madera usada.
- El desencofrado se realizará siempre desde el lado en que no puedan desprenderse los tableros y arrastrar al operario.
- Se acotará, mediante cinta de señalización, la zona en la que puedan caer elementos procedentes de las operaciones de encofrado o desencofrado.

### **En trabajos de hormigón**

#### Vertidos mediante canaleta

- Instalar topes de final de recorrido de los camiones hormigonera para evitar vuelcos.
- No situarse ningún operario detrás de los camiones hormigonera en las maniobras de retroceso.

#### Vertido mediante cubo con grúa

- Señalizar con pintura el nivel máximo de llenado del cubo para no sobrepasar la carga admisible de la grúa.
- No permanecer ningún operario bajo la zona de influencia del cubo durante las operaciones de izado y transporte de este con la grúa.
- La apertura del cubo para vertido se hará exclusivamente accionando la palanca prevista para ello. Para realizar tal operación se usarán, obligatoriamente, guantes, gafas y, cuando exista riesgo de caída, cinturón de seguridad.
- El guiado del cubo hasta su posición de vertido se hará siempre a través de cuerdas guía.

### **Para la manipulación de materiales**

- Informar a los trabajadores acerca de los riesgos más característicos de esta actividad, accidentes más habituales y forma de prevenirlos haciendo especialmente hincapié sobre los siguientes aspectos:
- Manejo manual de materiales.
- Acopio de materiales, según sus características.
- Manejo/acopio de materiales tóxico/peligrosos.



***Para el transporte de materiales y equipos dentro de la obra***

- Se cumplirán las normas de tráfico y límites de velocidad establecidas para circular por los viales de obra, las cuales estarán señalizadas y difundidas a los conductores.
- Se prohibirá que las plataformas y/o camiones transporten una carga superior a la identificada como máxima admisible.
- La carga se transportará amarrada con cables de acero, cuerdas o estrobos de suficiente resistencia.
- Se señalizarán con banderolas o luces rojas las partes salientes de la carga y, de producirse estos salientes, no excederán de 1,50 m
- En las maniobras con riesgo de vuelco del vehículo, se colocarán topes y se ayudarán con un señalista.
- Cuando se tenga que circular o realizar maniobras en proximidad de líneas eléctricas, se instalarán gálibos o topes que eviten aproximarse a la zona de influencia de las líneas.
- No se permitirá el transporte de personas fuera de la cabina de los vehículos.
- No se transportarán, en ningún caso, cargas suspendidas por la pluma con grúas móviles.
- Se revisará periódicamente el estado de los vehículos de transporte y medios auxiliares correspondientes.

***Para la prefabricación, izado y montaje de estructuras, cerramientos y equipos***

- Se señalizarán y acotarán las zonas en que haya riesgo de caída de materiales por manipulación, elevación y transporte de los mismos.
- No se permitirá, bajo ningún concepto, el acceso de cualquier persona a la zona señalizada y acotada en la que se realicen maniobras con cargas suspendidas.
- El guiado de cargas/equipos para su ubicación definitiva, se hará siempre mediante cuerdas guía manejadas desde lugares fuera de la zona de influencia de su posible caída, y no se accederá a dicha zona hasta el momento justo de efectuar su acople o posicionamiento.
- Se taparán o protegerán con barandillas resistentes o, según los casos, se señalizarán adecuadamente los huecos que se generen en el proceso de montaje.
- Se ensamblarán al nivel de suelo, en la medida (que lo permita la zona de montaje y capacidad de las grúas, los módulos de estructuras con el fin de reducir en lo posible el número de horas de trabajo en altura y sus riesgos.
- Los puestos de trabajo de soldadura estarán suficientemente separados o se aislarán con pantallas divisorias.
- La zona de trabajo, sea de taller o de campo, se mantendrá siempre limpia y ordenada.
- Los equipos/estructuras permanecerán arriestradas, durante toda la fase de montajes hasta que no se efectúe la sujeción definitiva, para garantizar su estabilidad en las peores condiciones previsibles.
- Los andamios que se utilicen cumplirán los requerimientos y condiciones mínimas definidas en este plan.
- Se instalarán cuerdas o cables fiadores para sujeción de los cinturones de seguridad en aquellos casos en que no sea posible montar plataformas de trabajo con barandilla, o sea necesario el desplazamiento de operarios sobre la estructura. En estos casos se utilizarán cinturones de caída con arnés, provistos de absorción de energía.

De cualquier forma, dado que estas operaciones y maniobras están muy condicionadas por el estado real de la obra en el momento de ejecutarlas, en el caso de detectarse una complejidad especial se elaborará un estudio de seguridad específico al efecto.

### ***Para maniobras de izado y ubicación en obra de materiales y equipos***

Las medidas de prevención a aplicar en relación con los riesgos inherentes a este tipo de trabajos, que ya se relacionaron, están contempladas y definidas en el punto anterior, destacando especialmente las correspondientes a:

- Señalizar y acotar las zonas de trabajo con cargas suspendidas.
- No permanecer persona alguna en la zona de influencia de la carga.
- Hacer el guiado de las cargas mediante cuerdas.
- Entrar en la zona de riesgo en el momento del acoplamiento.

### ***En trabajos eléctricos***

A continuación se detallan las pautas a tener en cuenta por todo aquel que manipule aparatos o instalaciones eléctricas:

- Asegurarse de que todo está en perfecto estado de conservación.
- No manipular instalaciones o aparatos eléctricos que estén mojados o húmedos.
- Cortar la corriente.
- Informar de las anomalías detectadas.
- No tratar de hacer reparaciones en los equipos eléctricos que no se conocen.
- No alterar ni modificar los equipos de seguridad.

Las medidas de prevención a adoptar, por todo aquel que esté en contacto con instalaciones o aparatos eléctricos, dependerá del tipo de contacto, bien directo o indirecto y de la tensión, baja o alta.

### **Protección contra contactos eléctricos directos en baja tensión**

Antes de iniciar cualquier trabajo en baja tensión, se procederá a identificar el conductor o instalación en donde se tiene que efectuar el mismo.

Además del equipo de protección personal (gafas, cascos), se empleará en cada caso el material de seguridad más adecuado entre los siguientes:

Guantes aislantes.

Banquetas o alfombras aislantes.

Vainas o caperuzas aislantes.

Comprobadores o discriminadores de tensión.

Lámparas portátiles.

Transformadores de seguridad.

Material de señalización.

Para considerar adecuada en las instalaciones la protección contra los contactos directos, se tomará una de las siguientes medidas:

Alejamiento de las partes activas de la instalación a una distancia tal que sea imposible un contacto fortuito con las manos, o por la manipulación de objetos conductores, cuando éstos se utilicen habitualmente cerca de la instalación.

Interposición de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación.

Recubrimiento de las partes activas de la instalación por medio de un aislamiento apropiado. Las pinturas, barnices, lacas y productos similares, no serán considerados como aislamiento satisfactorio a estos efectos.

#### Protección contra contactos eléctricos indirectos

Para la elección de las medidas de protección contra contactos indirectos, se tendrá en cuenta la naturaleza de los locales o emplazamiento, las masas y los elementos conductores, la extensión e importancia de la instalación..., que obligarán, en cada caso, a adoptar las medidas de protección más adecuadas.

En aquellas instalaciones con tensiones superiores a 50 Voltios resulta preceptivo establecer sistemas de protección contra contactos indirectos.

Existen dos clases de sistemas de protección:

**Clase A:** consiste en suprimir el riesgo, haciendo que los contactos no sean peligrosos e impedir contactos simultáneos entre masas y elementos conductores.

Los sistemas de protección de la clase A son los siguientes:

Separación de circuitos.

Empleo de pequeñas tensiones de seguridad.

Separación entre las partes activas y las masas accesibles, por medio de aislamientos de protección.

Inaccesibilidad simultánea de elementos conductores y masas.

Recubrimiento de las masas con aislamientos de protección.

**Clase B:** consiste en la puesta a tierra directa o la puesta a neutro de las masas, asociándole a un dispositivo de corte automático, que origine la desconexión de la instalación defectuosa.

Los sistemas de protección de la clase B son los siguientes:

Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.

Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por tensión de defecto.

Puesta a neutro de las masas y dispositivo de corte por intensidad de defecto.

#### **c. Medidas frente al riesgo de daños a terceros**

Como medida de daños a terceros se entiende a personal ajeno a la obra en cuestión y podemos citar los siguientes:

- Vallado perimetral y señalización de la zona de trabajo
- Colocación de carteles de zona e trabajo
- Control de acceso a la zona de trabajo

- Colocación de pasarelas estables para el paso de los viandantes.

#### **D. Conclusión y firma**

Considerando que con lo anteriormente expuesto se habrá justificado suficientemente, en materia de Seguridad y Salud, la obra de realización del presente proyecto, damos por concluido este estudio básico esperando sea aprobado por los organismos competentes.

**Coria, Marzo de 2015**

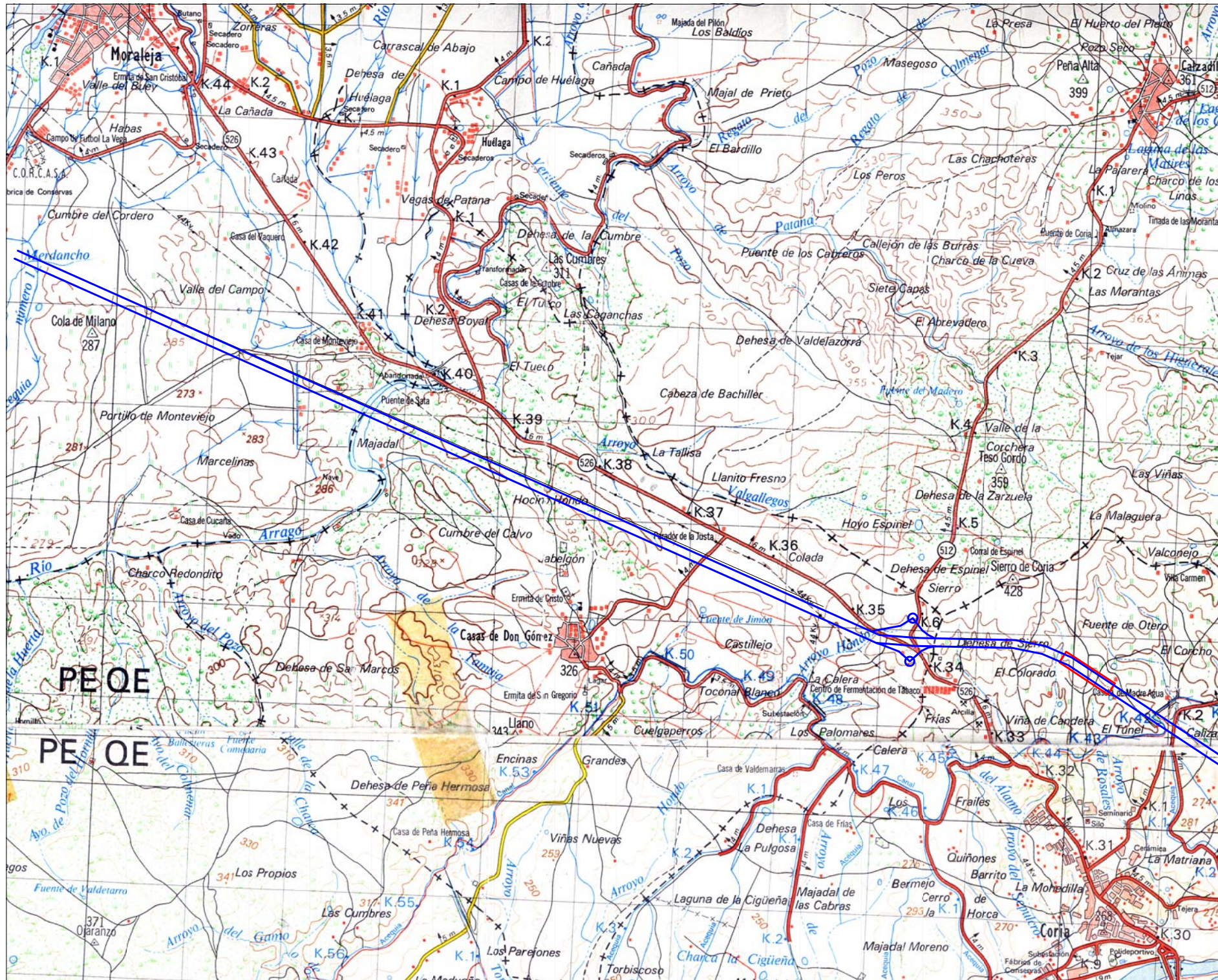
**El alumno.**


**Fdo: José Ignacio Alcoba Iglesias.**

# **X.- PLANOS**

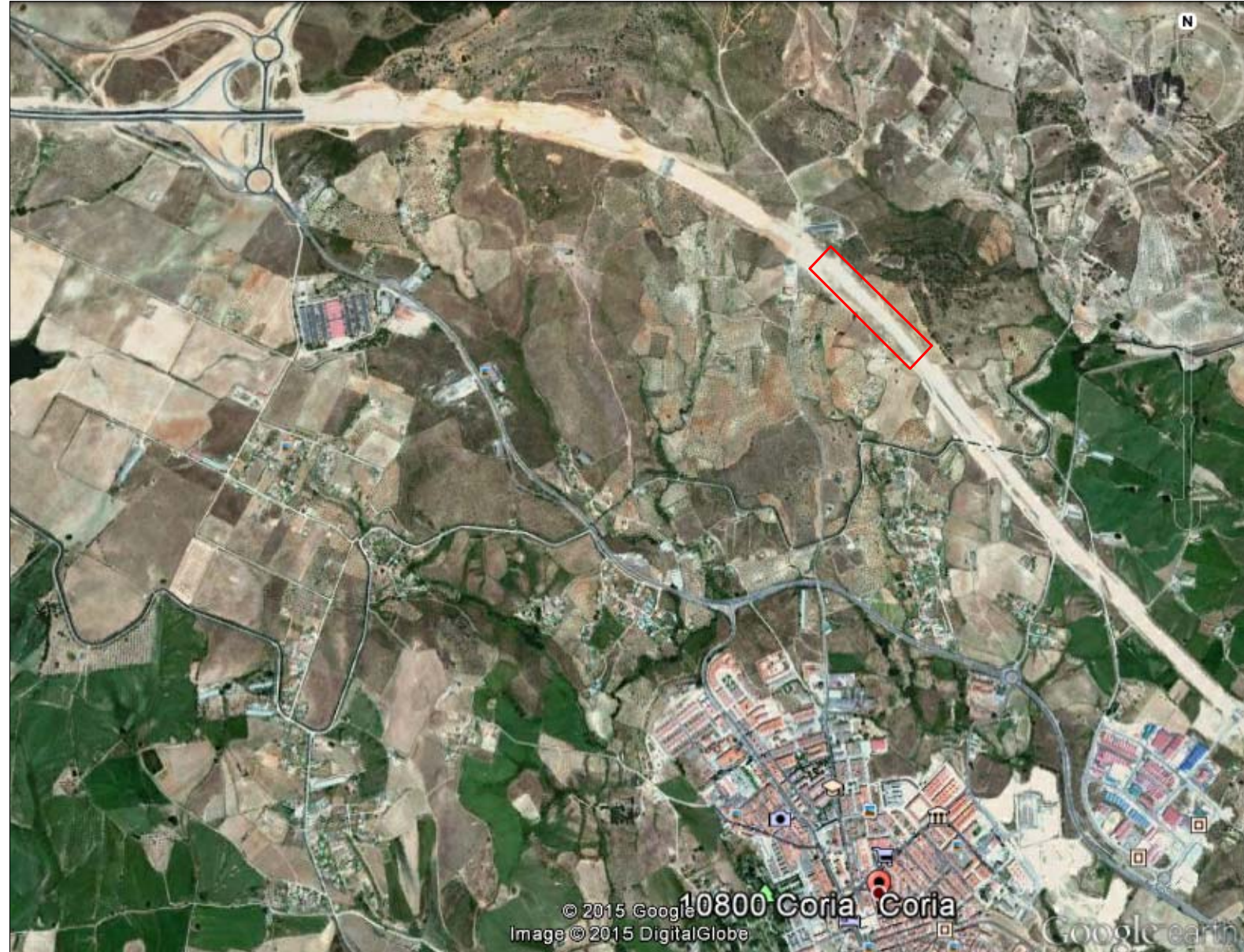
**Titulo: INSTALACION ELECTRICA DE UN TUNEL DE AUTOPISTA**  
**Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR**  
**D. ROBERTO REDONDO MELCHOR**  
**Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS**





<b>PROYECTO DE:</b> <b>INSTALACION ELECTRICA PARA TUNEL AUTOVIA EX-A1</b> Trabajo fin de Carrera		<b>EMPLAZAMIENTO</b> TERMINO MUNICIPAL DE <b>CORIA - CACERES</b>	
<b>PLANO DE:</b> <b>SITUACION</b>		Firma:	 <b>ESCALA</b> 1:50.000
Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR D. ROBERTO REDONDO MELCHOR		Peticionario: <b>ETSII DE BEJAR</b> <b>AREA INGENIERIA</b> <b>ELECTRICA</b>	<b>FECHA</b> Marzo 2015
Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS		<b>PLANO n°</b> <b>1</b>	





PROYECTO DE:

INSTALACION ELECTRICA PARA TUNEL AUTOVIA EX-A1  
Trabajo fin de Carrera

EMPLAZAMIENTO

TERMINO MUNICIPAL DE  
CORIA - CACERES

PLANO DE:

EMPLAZAMIENTO

Firma:



ESCALA  
1:20.000

FECHA  
Marzo 2015

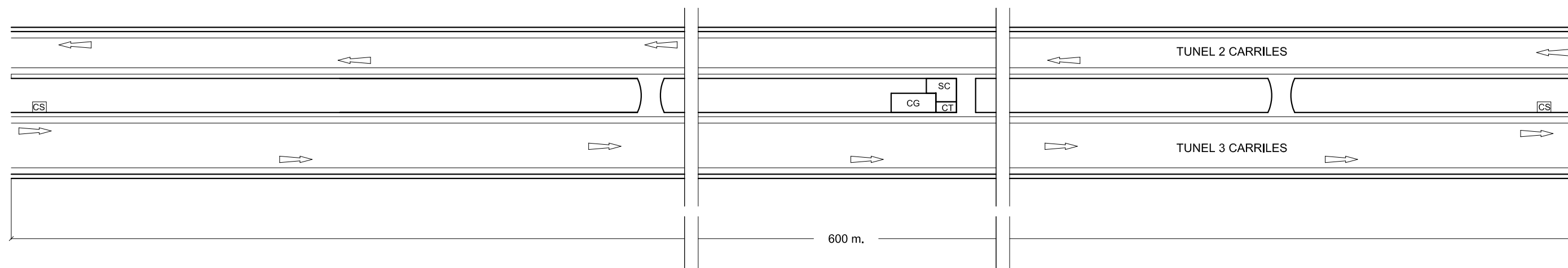
Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
D. ROBERTO REDONDO MELCHOR

Peticionario:  
ETSII DE BEJAR  
AREA INGENIERIA  
ELECTRICA

PLANO nº

2

Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS



CS	CENTRO SECCIONAMIENTO
CG	SALA GRUPO ELECTROGENO
CT	CENTRO TRANSFORMACIÓN
SC	SALA DE CONTROL

PROYECTO DE:  
**INSTALACION ELECTRICA PARA TUNEL AUTOVIA EX-A1**  
 Trabajo fin de Carrera

**EMPLAZAMIENTO**  
 TERMINO MUNICIPAL DE  
**CORIA - CACERES**

PLANO DE:  
**LOCALIZACIÓN CENTRO SECCIONAMIENTO  
 CENTRO TRANSFORMACIÓN  
 Y SALA DE CONTROL**

Firma:



**ESCALA**  
 -----

**FECHA**  
 Marzo 2015

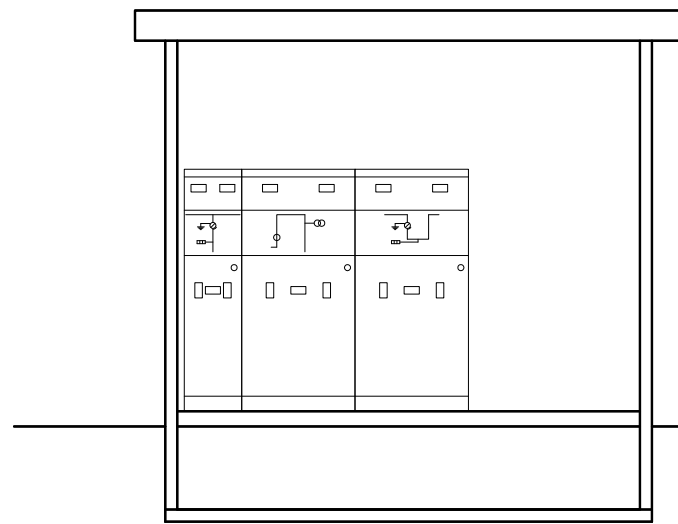
Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
 D. ROBERTO REDONDO MELCHOR

Peticionario:  
**ETSII DE BEJAR  
 AREA INGENIERIA  
 ELECTRICA**

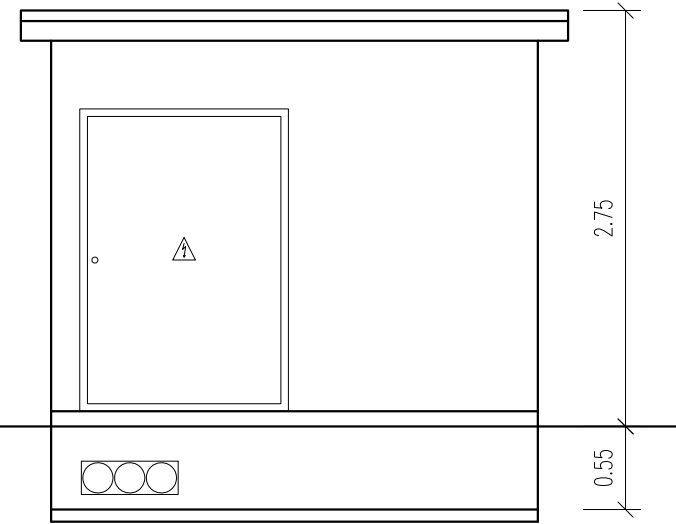
**PLANO nº**  
**3**

Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS

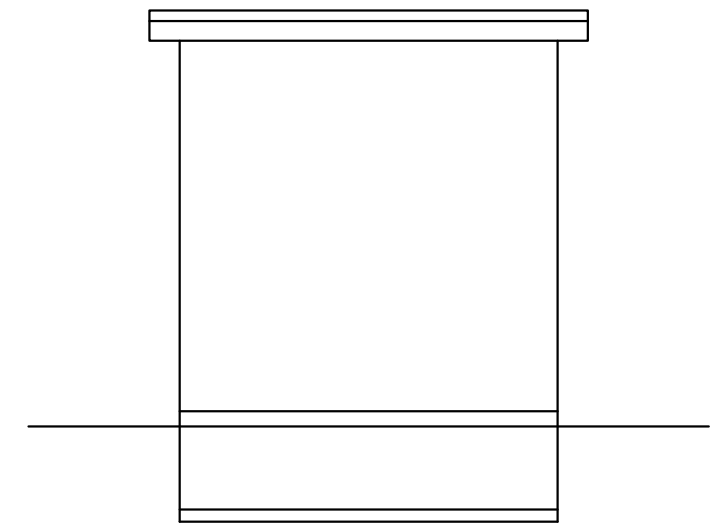




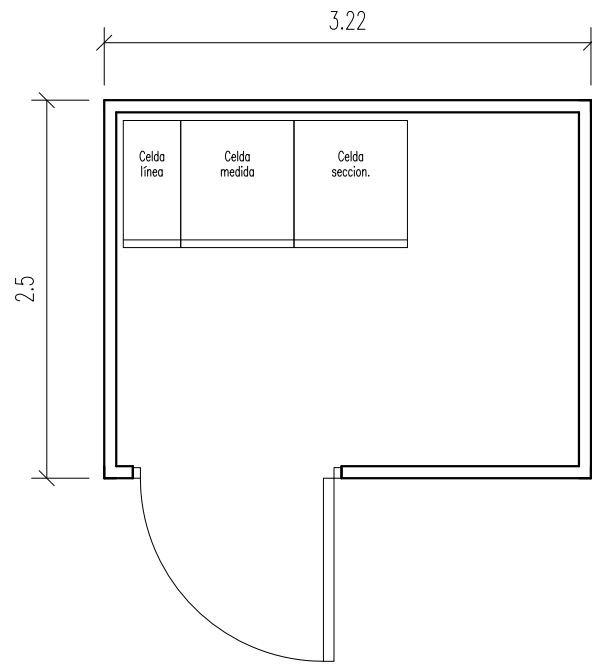
SECCIÓN TRANSVERSAL



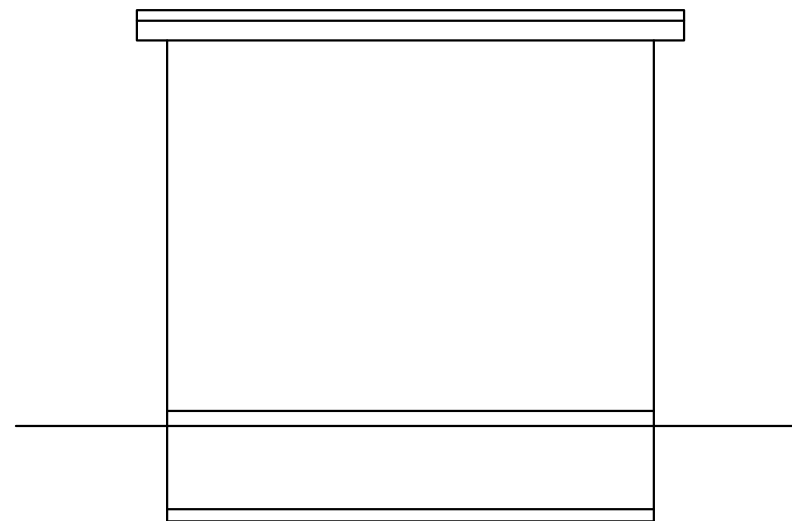
ALZADO FRONTAL



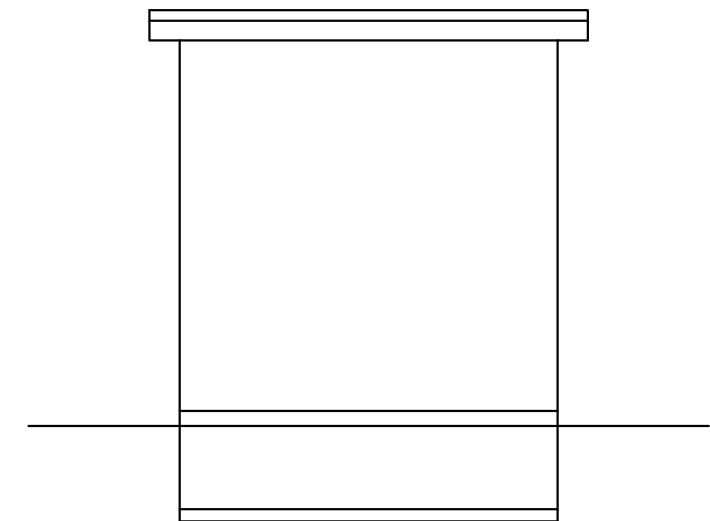
ALZADO LATERAL DERECHO



PLANTA



ALZADO POSTERIOR



ALZADO LATERAL IZQUIERDO

DIMENSIONES DE LA EXCAVACIÓN  
4.02 m ancho x 3.3 m fondo x 0.65 m prof.

PROYECTO DE:  
**INSTALACION ELECTRICA PARA TUNEL AUTOVIA EX-A1**  
Trabajo fin de Carrera

EMPLAZAMIENTO  
TERMINO MUNICIPAL DE  
**CORIA - CACERES**

PLANO DE:  
**DETALLES CENTRO SECCIONAMIENTO**

Firma:



ESCALA  
1:50

FECHA  
Marzo 2015

Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
D. ROBERTO REDONDO MELCHOR

Peticionario:  
**ETSII DE BEJAR**  
AREA INGENIERIA  
ELECTRICA

PLANO nº  
**4**

Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS

### TIERRA DE PROTECCIÓN

Configuración: 40-25/5/82  
Profundidad electrodo: 0.5 m  
Sección conductor: 50 mm<sup>2</sup>  
Diámetro picas: 14 mm  
Número de picas: 8  
Longitud picas: 2

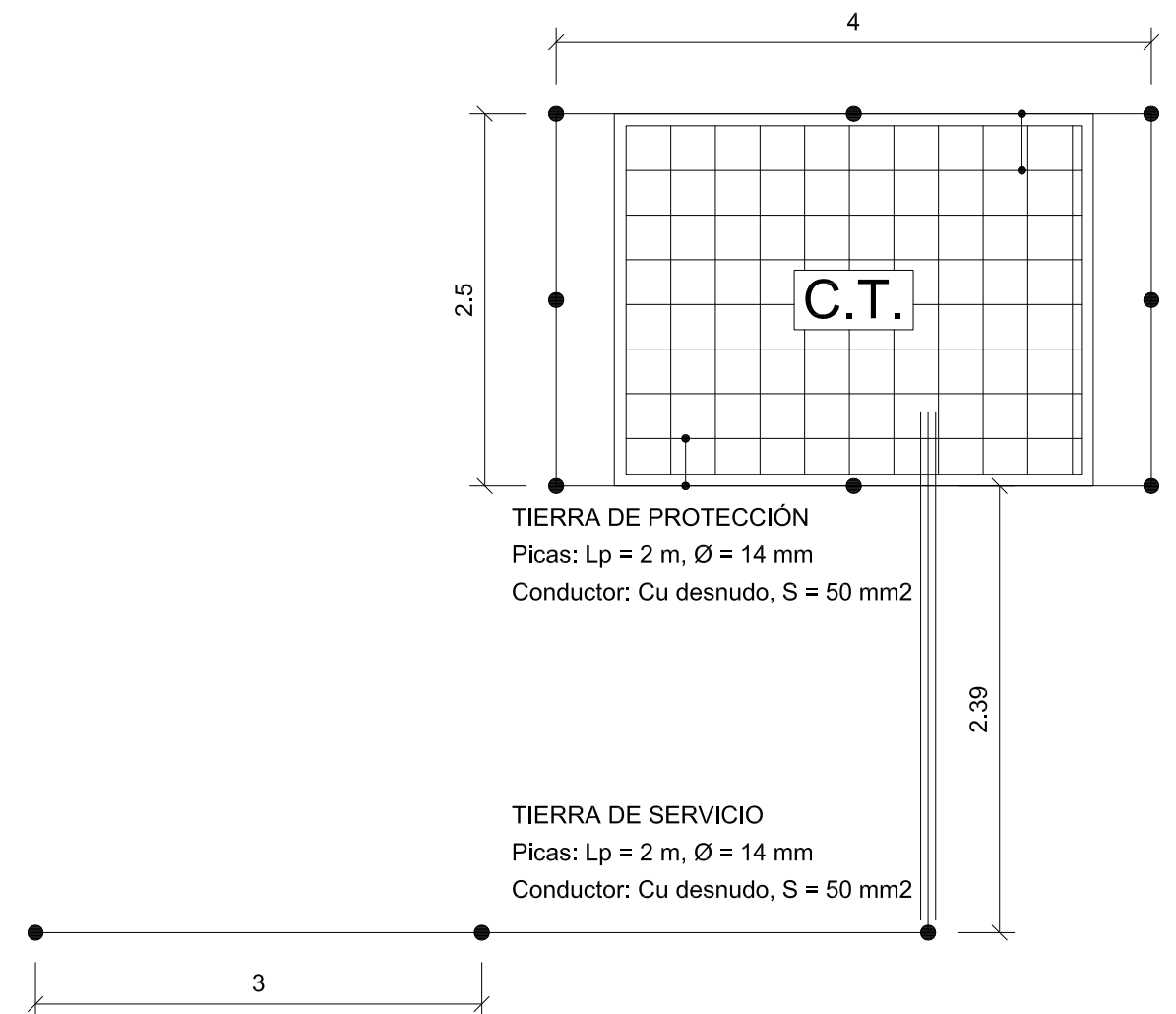
NOTA: En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro. Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo. Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

### TIERRA DE SERVICIO

Configuración: 5/32.  
Profundidad electrodo: 0.5 m  
Separación picas: 3 m  
3 picas en hilera unidas por conductor horizontal  
Sección conductor: 50 mm<sup>2</sup>  
Diámetro picas: 14 mm  
Longitud picas: 2

NOTA: El conductor de conexión entre el neutro del transformador y el electrodo de la tierra de servicio será de cable aislado 0,6/1kV de 50 mm<sup>2</sup> en Cu, bajo tubo de PVC con grado al impacto 7 (mínimo)

## PUESTAS A TIERRA



PROYECTO DE:

INSTALACION ELECTRICA PARA TUNEL AUTOVIA EX-A1  
Trabajo fin de Carrera

EMPLAZAMIENTO

TERMINO MUNICIPAL DE  
CORIA - CACERES

PLANO DE:

TIERRAS CENTRO SECCIONAMIENTO

Firma:



ESCALA

-----

FECHA

Marzo 2015

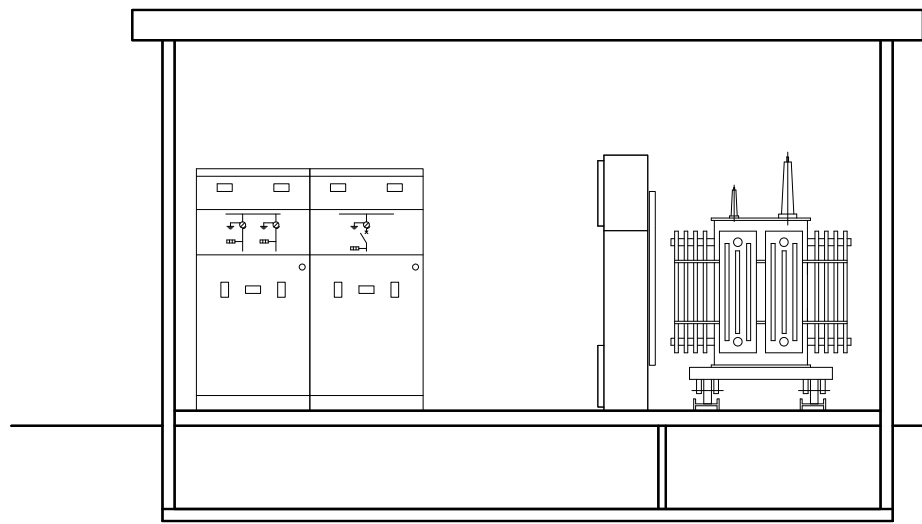
Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
D. ROBERTO REDONDO MELCHOR

Peticionario:  
ETSII DE BEJAR  
AREA INGENIERIA  
ELECTRICA

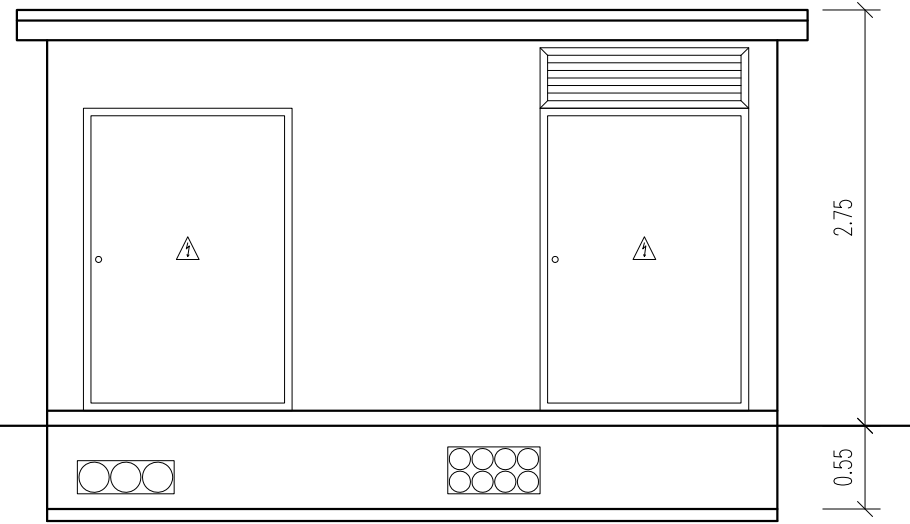
PLANO nº

5

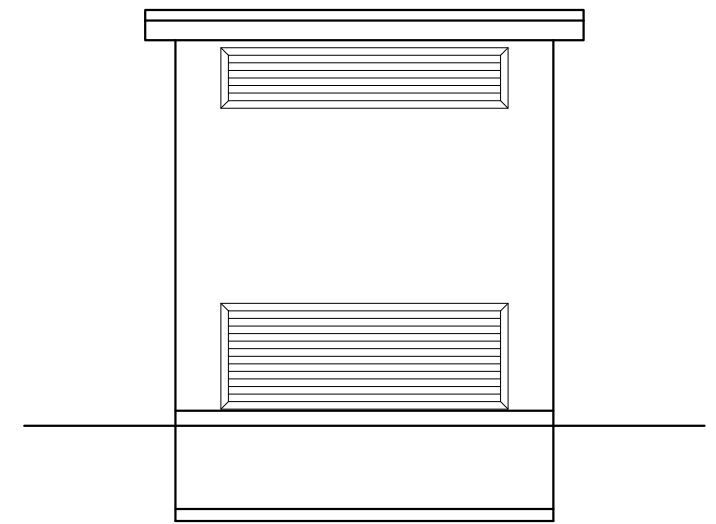
Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS



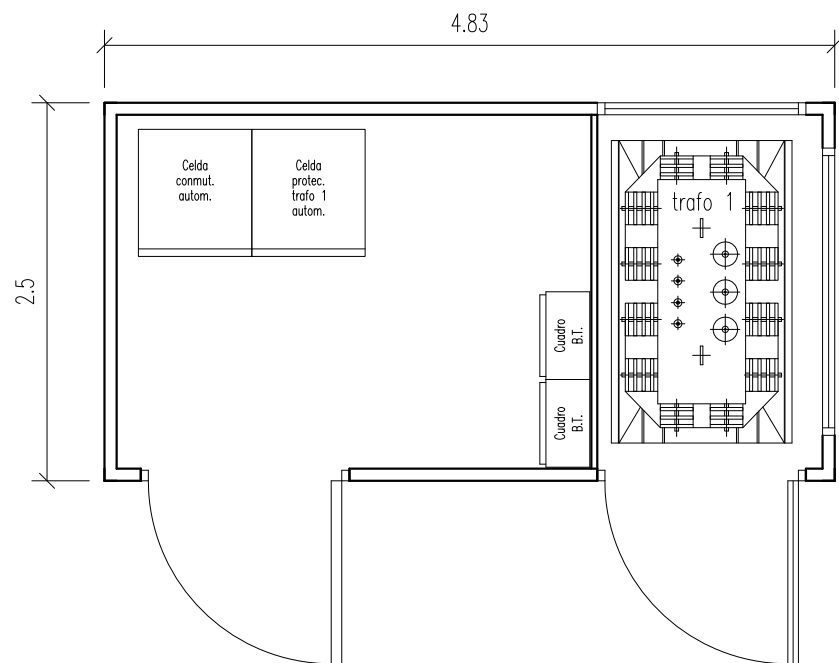
SECCIÓN TRANSVERSAL



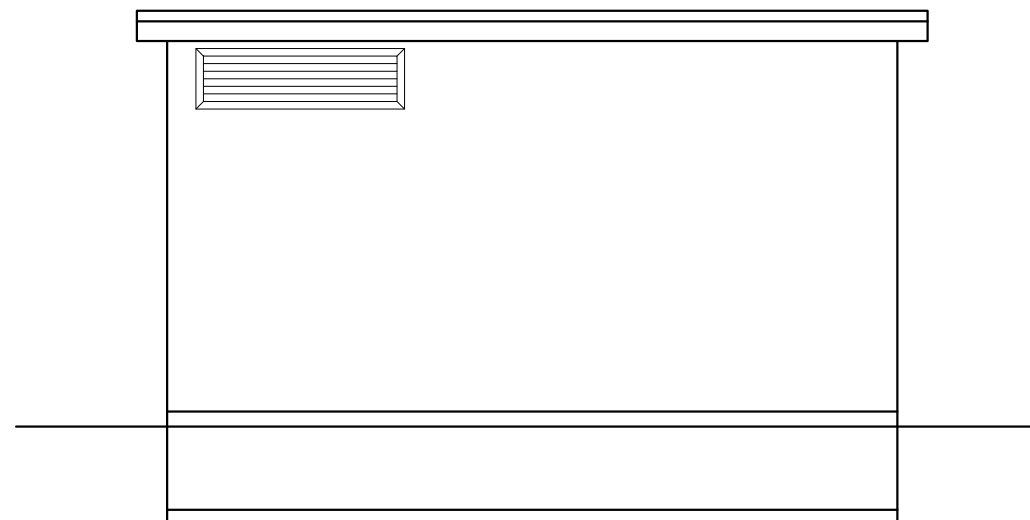
ALZADO FRONTAL



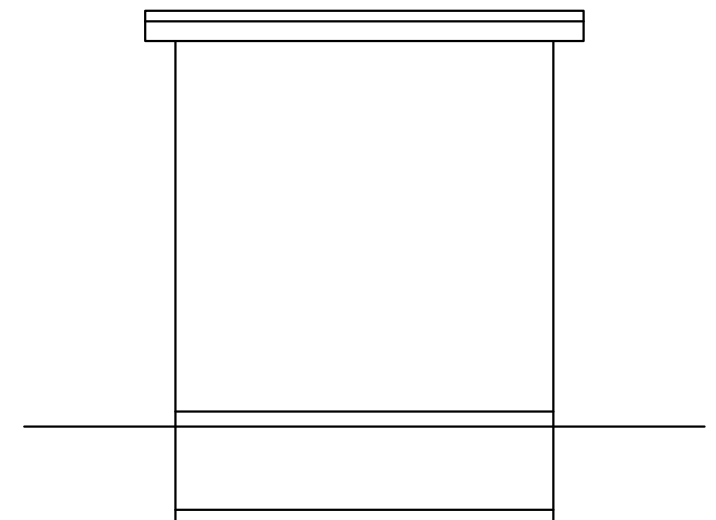
ALZADO LATERAL DERECHO



PLANTA



ALZADO POSTERIOR



ALZADO LATERAL IZQUIERDO

DIMENSIONES DE LA EXCAVACIÓN  
5.63 m ancho x 3.3 m fondo x 0.65 m prof.

PROYECTO DE:  
**INSTALACION ELECTRICA PARA TUNEL AUTOVIA EX-A1**  
Trabajo fin de Carrera

EMPLAZAMIENTO  
TERMINO MUNICIPAL DE  
**CORIA - CACERES**

PLANO DE:  
**DETALLES CENTRO DE TRANSFORMACION**

Firma:



ESCALA  
1:50

FECHA  
Marzo 2015

Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
D. ROBERTO REDONDO MELCHOR

Peticionario:  
**ETSII DE BEJAR**  
AREA INGENIERIA  
ELECTRICA

PLANO nº  
**6**

Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS

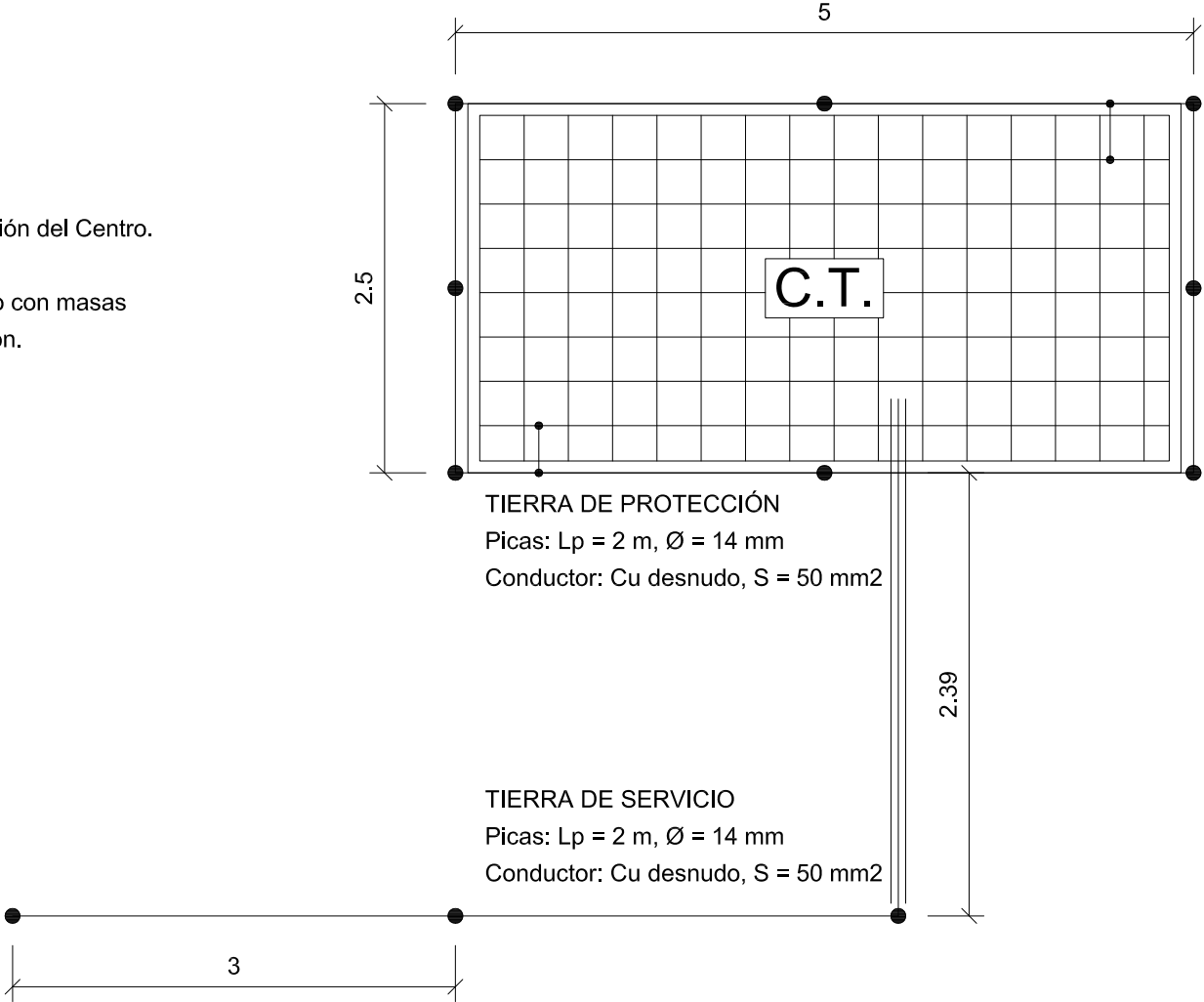
# PUESTAS A TIERRA


**TIERRA DE PROTECCIÓN**  
 Configuración: 50-25/5/82  
 Profundidad electrodo: 0.5 m  
 Sección conductor: 50 mm<sup>2</sup>  
 Diámetro picas: 14 mm  
 Número de picas: 8  
 Longitud picas: 2

NOTA: En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm, formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro. Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo. Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

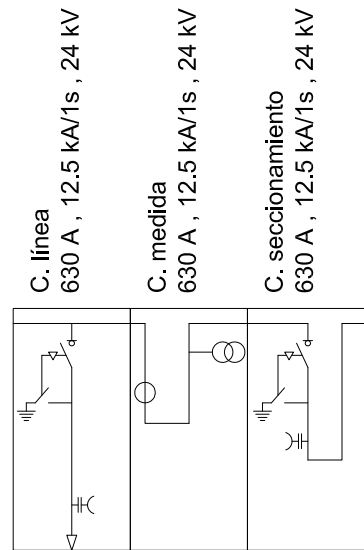
**TIERRA DE SERVICIO**  
 Configuración: 5/32.  
 Profundidad electrodo: 0.5 m  
 Separación picas: 3 m  
 3 picas en hilera unidas por conductor horizontal  
 Sección conductor: 50 mm<sup>2</sup>  
 Diámetro picas: 14 mm  
 Longitud picas: 2

NOTA: El conductor de conexión entre el neutro del transformador y el electrodo de la tierra de servicio será de cable aislado 0,6/1kV de 50 mm<sup>2</sup> en Cu, bajo tubo de PVC con grado al impacto 7 (mínimo)



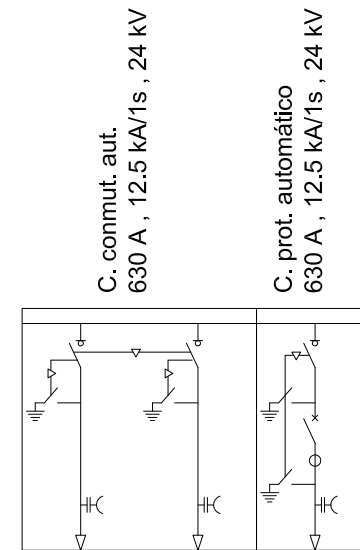
<b>PROYECTO DE:</b> INSTALACION ELECTRICA PARA TUNEL AUTOVIA EX-A1 Trabajo fin de Carrera		<b>EMPLAZAMIENTO</b> TERMINO MUNICIPAL DE CORIA - CACERES	
<b>PLANO DE:</b> TIERRAS CENTRO TRANSFORMACION		Firma:	
Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR D. ROBERTO REDONDO MELCHOR		Peticionario: ETSII DE BEJAR AREA INGENIERIA ELECTRICA	<b>ESCALA</b> ----- <b>FECHA</b> Marzo 2015
Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS		<b>PLANO nº</b> 7	

## CENTRO SECCIONAMIENTO



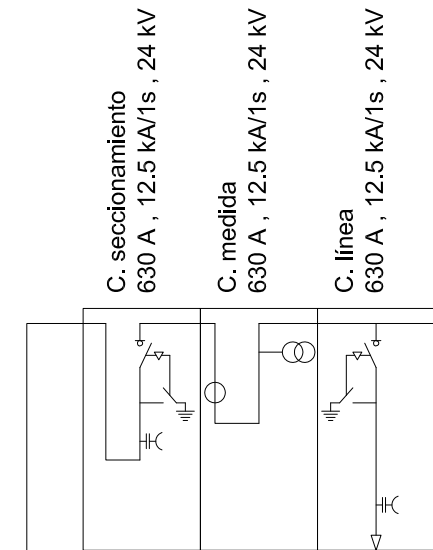
ENTRADA DE LINEA  
3(1x150) mm<sup>2</sup>

## CENTRO TRANSFORMACION



trafo 1 1000 kVA  
20000 / 400 V  
aisl. aceite

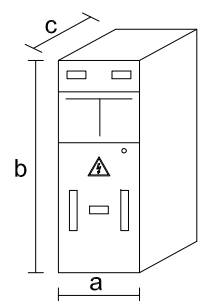
## CENTRO SECCIONAMIENTO



ENTRADA DE LINEA  
3(1x150) mm<sup>2</sup>

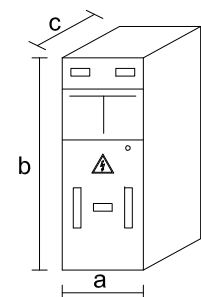
4(3x240)/2(240) mm<sup>2</sup> AI XLPE 0,6/1kV

B.T.



### DIMENSIONES CELDAS SECCIONAMIENTO

Tipo celda	a(m)	b(m)	c(m)
Línea	0.38	1.6	0.84
Medida	0.75	1.6	0.84
Seccionamiento	0.75	1.6	0.84



### DIMENSIONES CELDAS TRANSFORMACION

Tipo celda	a(m)	b(m)	c(m)
Conmut. aut.	0.75	1.6	0.84
Prot. automático	0.75	1.6	0.84

PROYECTO DE:

INSTALACION ELECTRICA PARA TUNEL AUTOVIA EX-A1  
Trabajo fin de Carrera

EMPLAZAMIENTO

TERMINO MUNICIPAL DE  
CORIA - CACERES

PLANO DE:

ESQUEMA UNIFILAR DE MEDIA TENSION

Firma:



ESCALA

FECHA

Marzo 2015

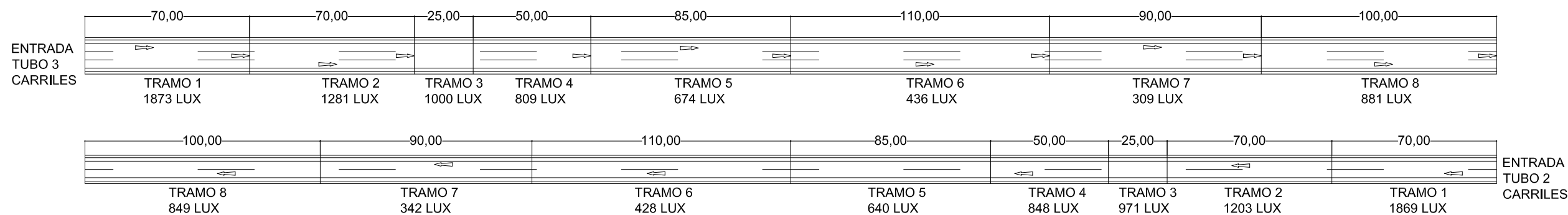
Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
D. ROBERTO REDONDO MELCHOR

Peticionario:  
ETSII DE BEJAR  
AREA INGENIERIA  
ELECTRICA


PLANO nº

8

Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS

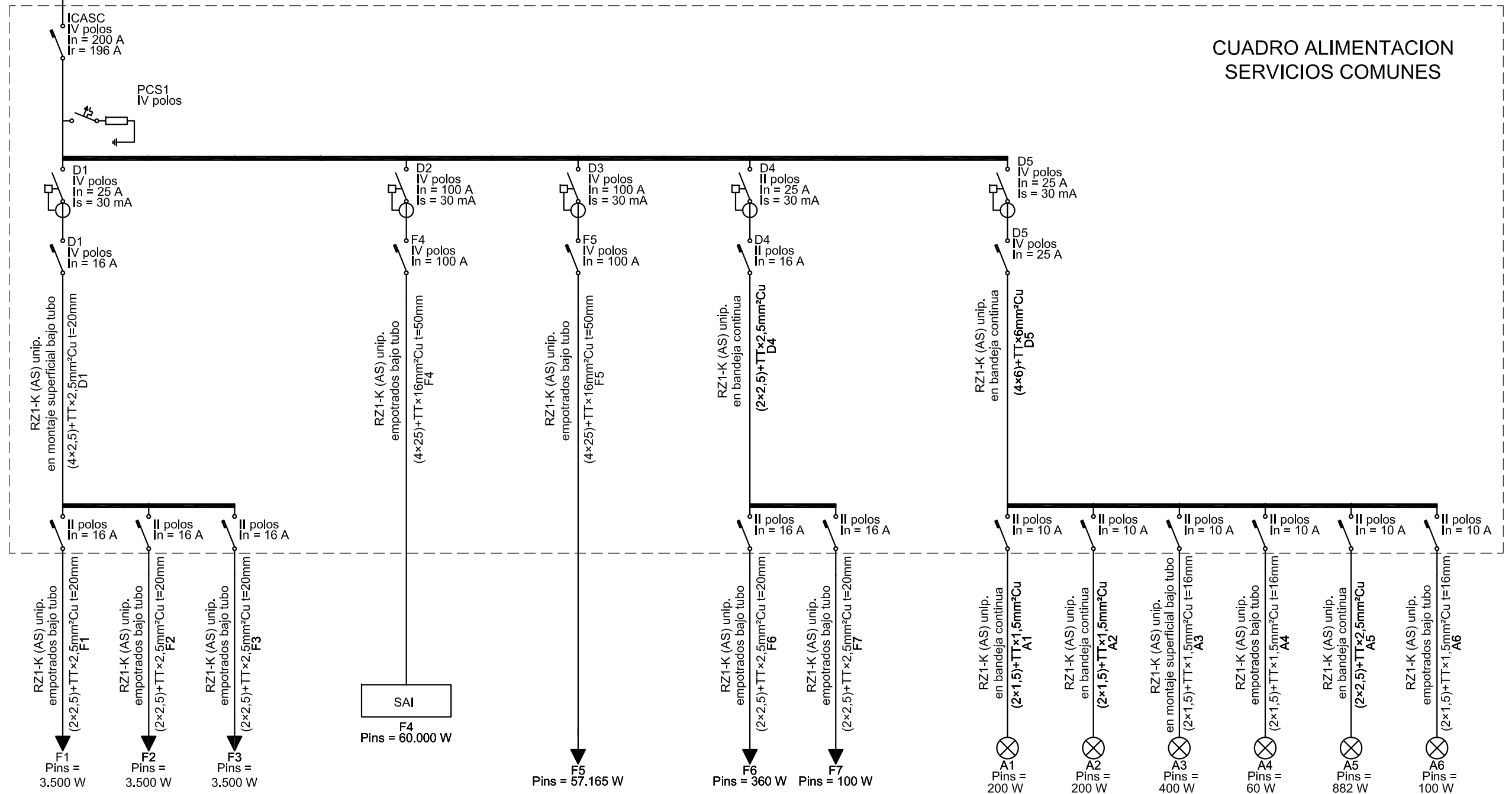


DÍAS SOLEADOS

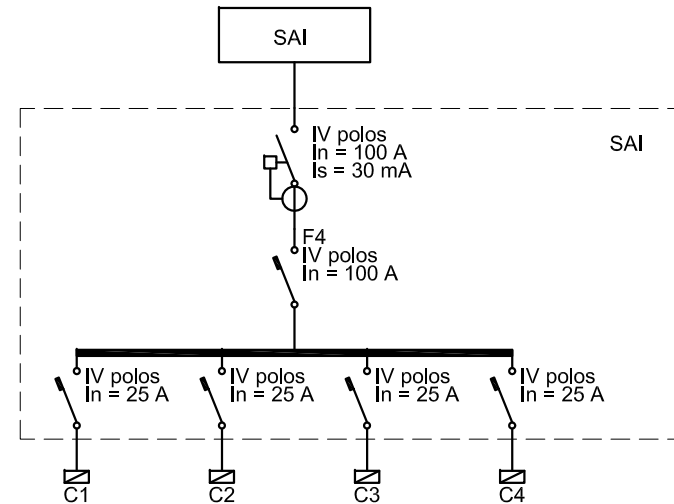
<b>PROYECTO DE:</b> <b>INSTALACION ELECTRICA PARA TUNEL AUTOVIA EX-A1</b> Trabajo fin de Carrera		<b>EMPLAZAMIENTO</b> TERMINO MUNICIPAL DE <b>CORIA - CACERES</b>	
<b>PLANO DE:</b> <b>TRAMOS TUNEL ILUMINANCIA MEDIA</b>		Firma:	
Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR D. ROBERTO REDONDO MELCHOR		Peticionario: <b>ETSII DE BEJAR</b> <b>AREA INGENIERIA</b> <b>ELECTRICA</b>	<b>ESCALA</b> 1:2.000
Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS			<b>FECHA</b> Marzo 2015
			<b>PLANO nº</b> <b>9</b>



**CUADRO ALIMENTACION  
SERVICIOS COMUNES**



**CUADRO ALIMENTACION  
SERVICIOS COMUNES**



PROYECTO DE:  
**INSTALACION ELECTRICA PARA TUNEL AUTOVIA EX-A1**  
Trabajo fin de Carrera

EMPLAZAMIENTO  
TERMINO MUNICIPAL DE  
**CORIA - CACERES**

PLANO DE: **ESQUEMA UNIFILAR**  
**B.T. CUADRO ALIMENTACION**  
**SERVICIOS COMUNES**

Firma:



ESCALA  
-----

FECHA  
Marzo 2015

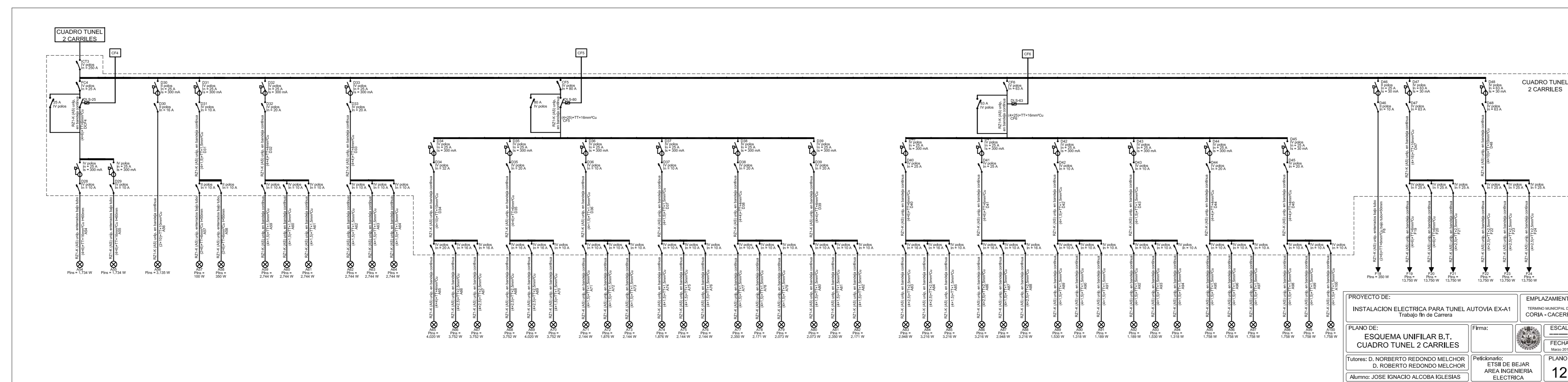
Tutores: **D. NORBERTO REDONDO MELCHOR**  
**D. ROBERTO REDONDO MELCHOR**

Peticionario:  
**ETSII DE BEJAR**  
**AREA INGENIERIA**  
**ELECTRICA**

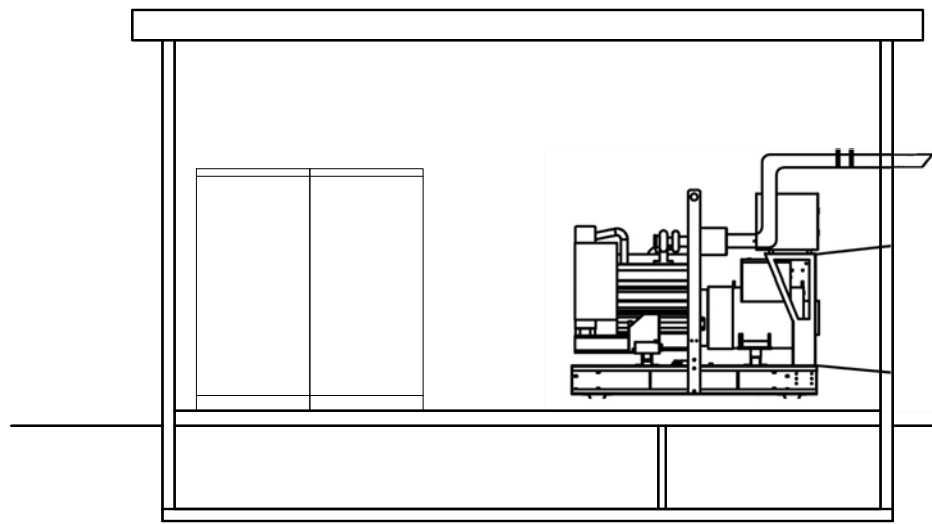
PLANO n°  
**11**

Alumno: **JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS**

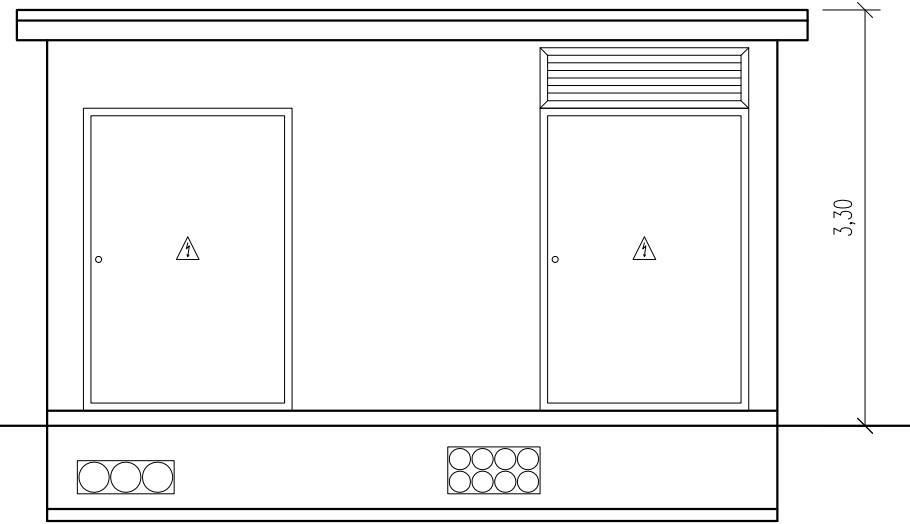




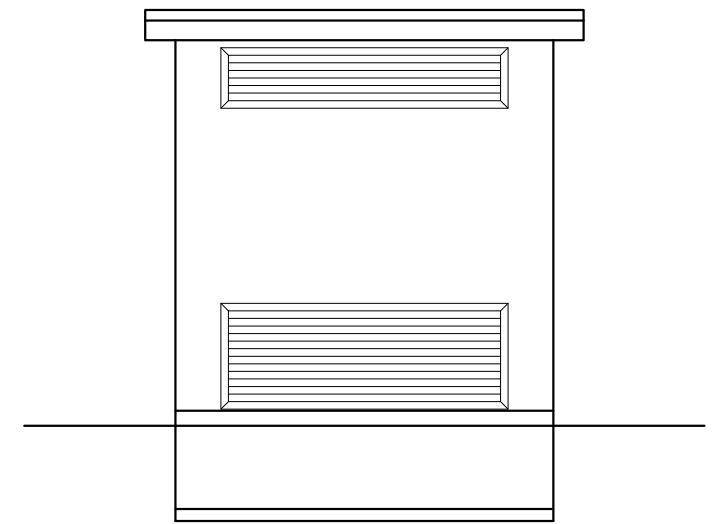
PROYECTO DE: INSTALACION ELECTRICA PARA TIENE AUTOMA EXA1 Trabajo No de Cable	EMPLAZAMIENTO: Calle 100 No. 10 CALLE COCHES
PLANO DE: ESQUEMA UNIFILAR B.T. CUADRO TIENE 2 CABLES	ESCALA: FECHA: PLANO Nº:
Elaborado por: D. ROBERTO REDONDO MELCHOR E. ROBERTO REDONDO MELCHOR A. JOSÉ ENRIQUE ROSA GILLESPO	Revisado por: E. ENRIQUE ROSA GILLESPO A. JOSÉ ENRIQUE ROSA GILLESPO
12	



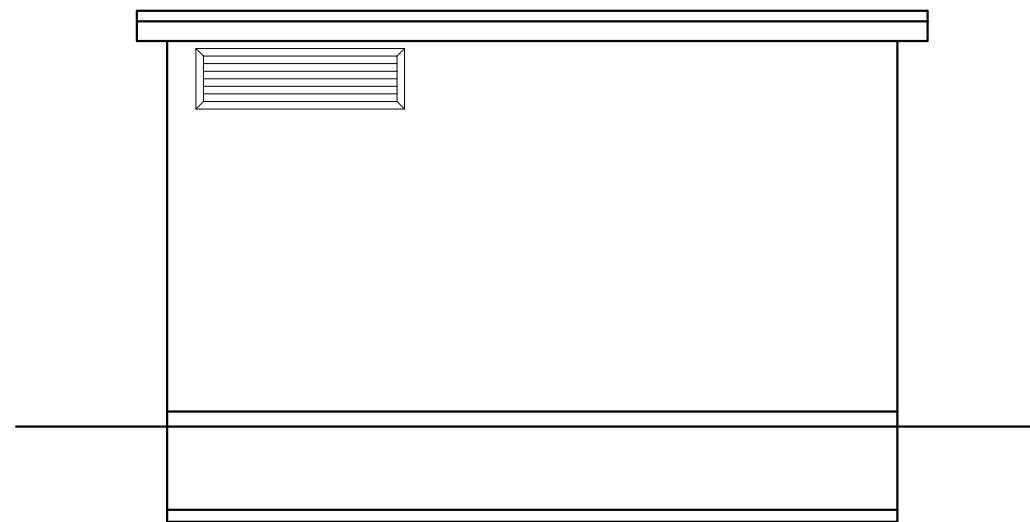
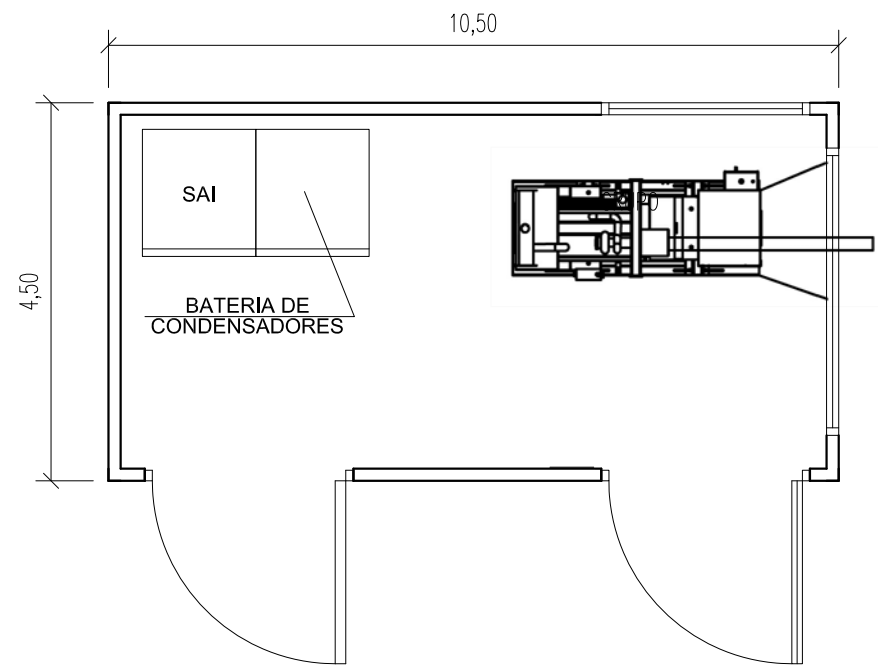
SECCIÓN TRANSVERSAL



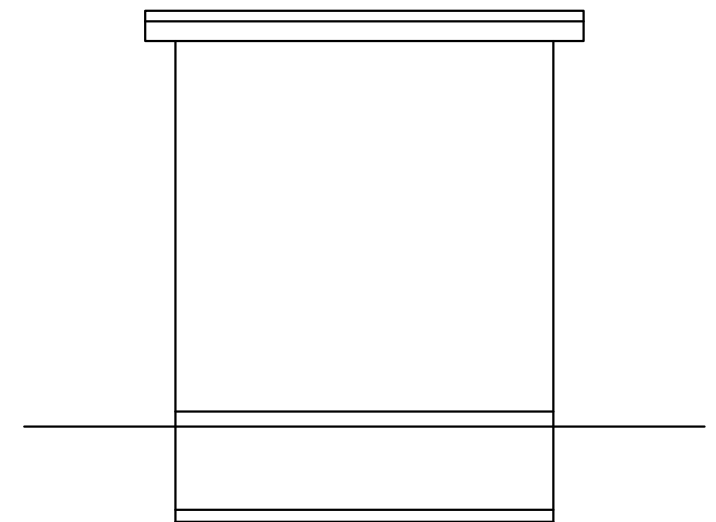
ALZADO FRONTAL



ALZADO LATERAL DERECHO



ALZADO POSTERIOR



ALZADO LATERAL IZQUIERDO

PROYECTO DE:  
**INSTALACION ELECTRICA PARA TUNEL AUTOVIA EX-A1**  
 Trabajo fin de Carrera

EMPLAZAMIENTO  
 TERMINO MUNICIPAL DE  
**CORIA - CACERES**

PLANO DE:  
**DETALLE CENTRO GRUPO ELECTROGENO**

Firma:



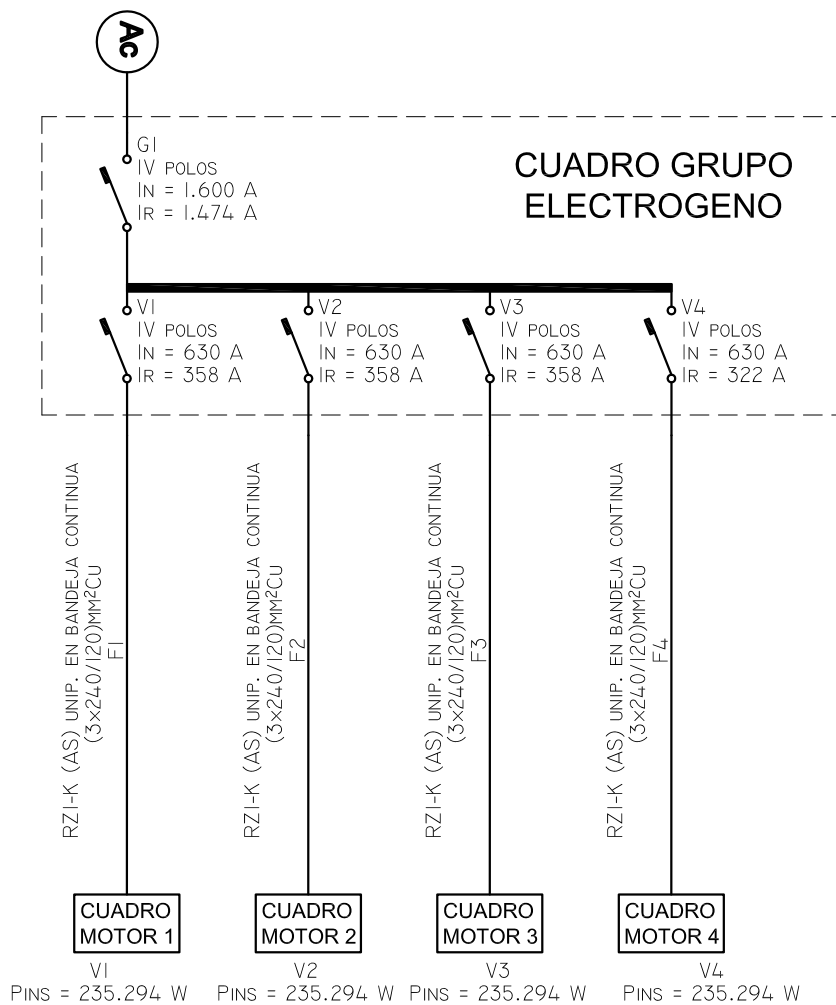
ESCALA  
 -----  
 FECHA  
 Marzo 2015

Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
 D. ROBERTO REDONDO MELCHOR

Peticionario:  
**ETSII DE BEJAR**  
**AREA INGENIERIA**  
**ELECTRICA**

PLANO nº  
**13**

Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS



PROYECTO DE:

INSTALACION ELECTRICA PARA TUNEL AUTOVIA EX-A1  
Trabajo fin de Carrera

EMPLAZAMIENTO

TERMINO MUNICIPAL DE  
CORIA - CACERES

PLANO DE:

ESQUEMA UNIFILAR  
GRUPO ELECTROGENO

Firma:



ESCALA

-----

FECHA

Marzo 2015

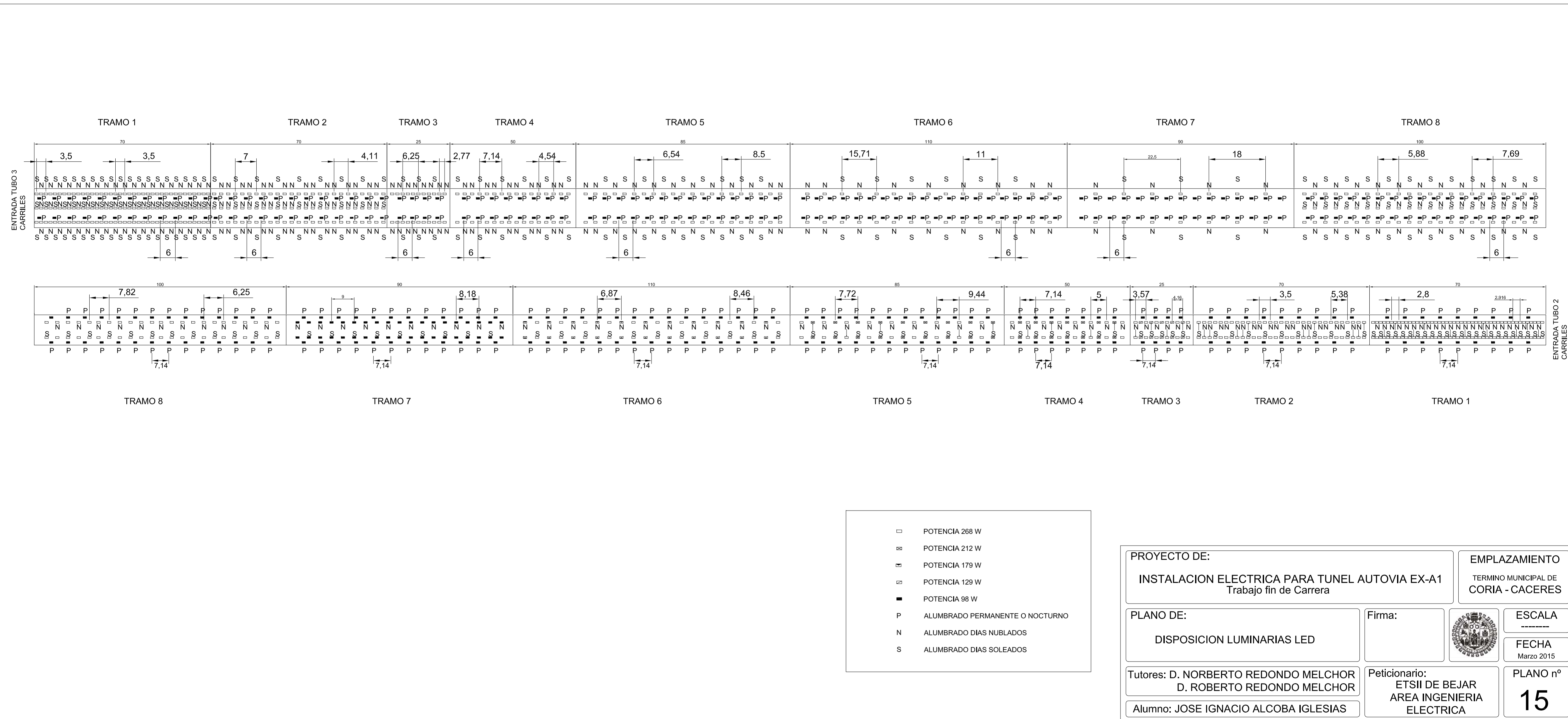
Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
D. ROBERTO REDONDO MELCHOR

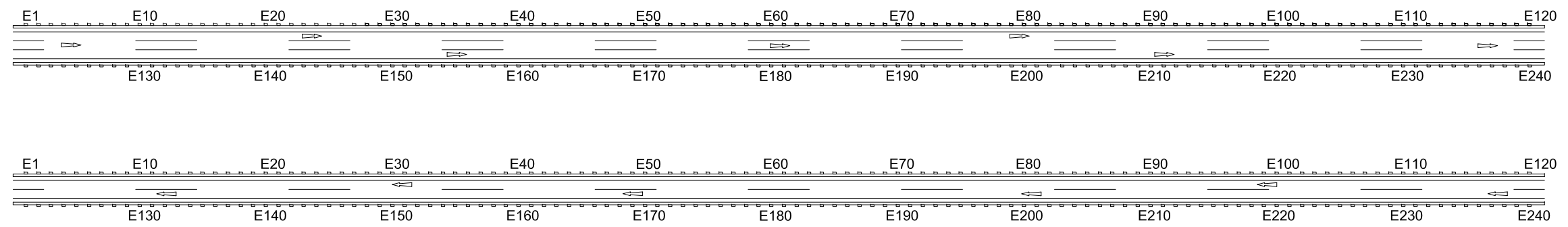
Peticionario:  
ETSII DE BEJAR  
AREA INGENIERIA  
ELECTRICA

PLANO nº

14

Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS





PROYECTO DE:  
**INSTALACION ELECTRICA PARA TUNEL AUTOVIA EX-A1**  
 Trabajo fin de Carrera

EMPLAZAMIENTO  
 TERMINO MUNICIPAL DE  
**CORIA - CACERES**

PLANO DE:  
**DISPOSICION LUMINARIAS EMERGENCIAS**

Firma:



ESCALA  
 1:2.000

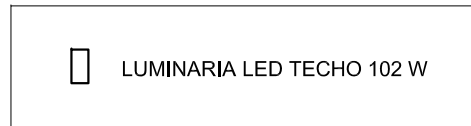
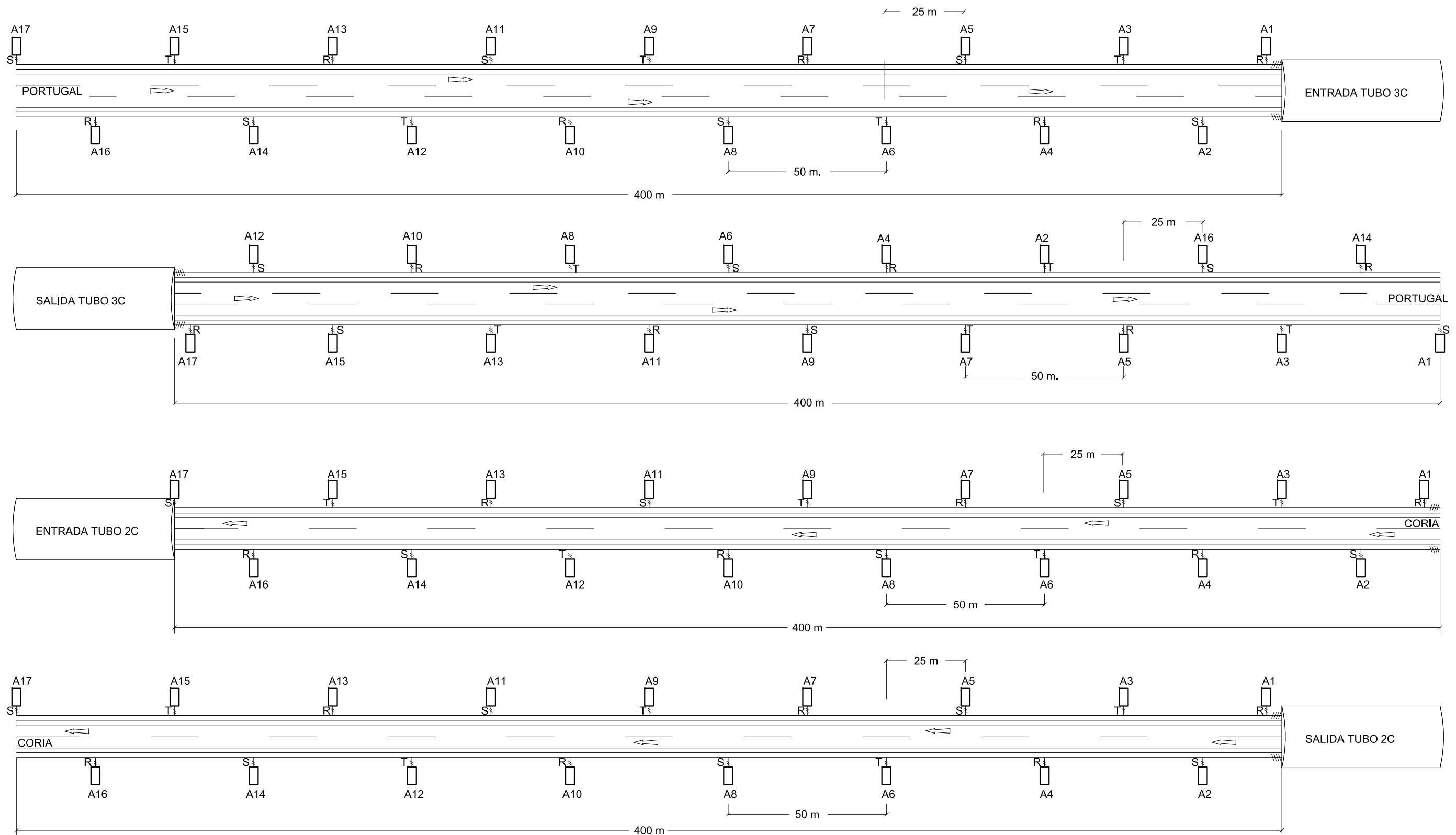
FECHA  
 Marzo 2015


Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
 D. ROBERTO REDONDO MELCHOR

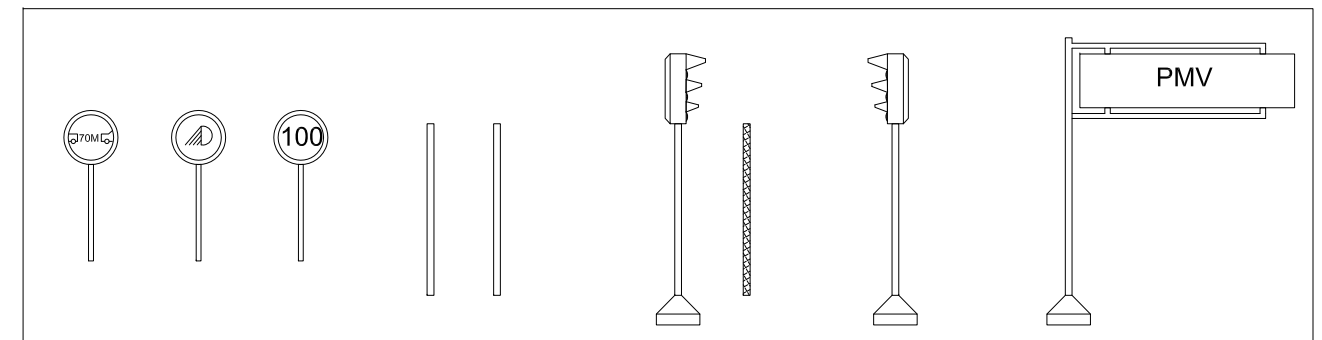
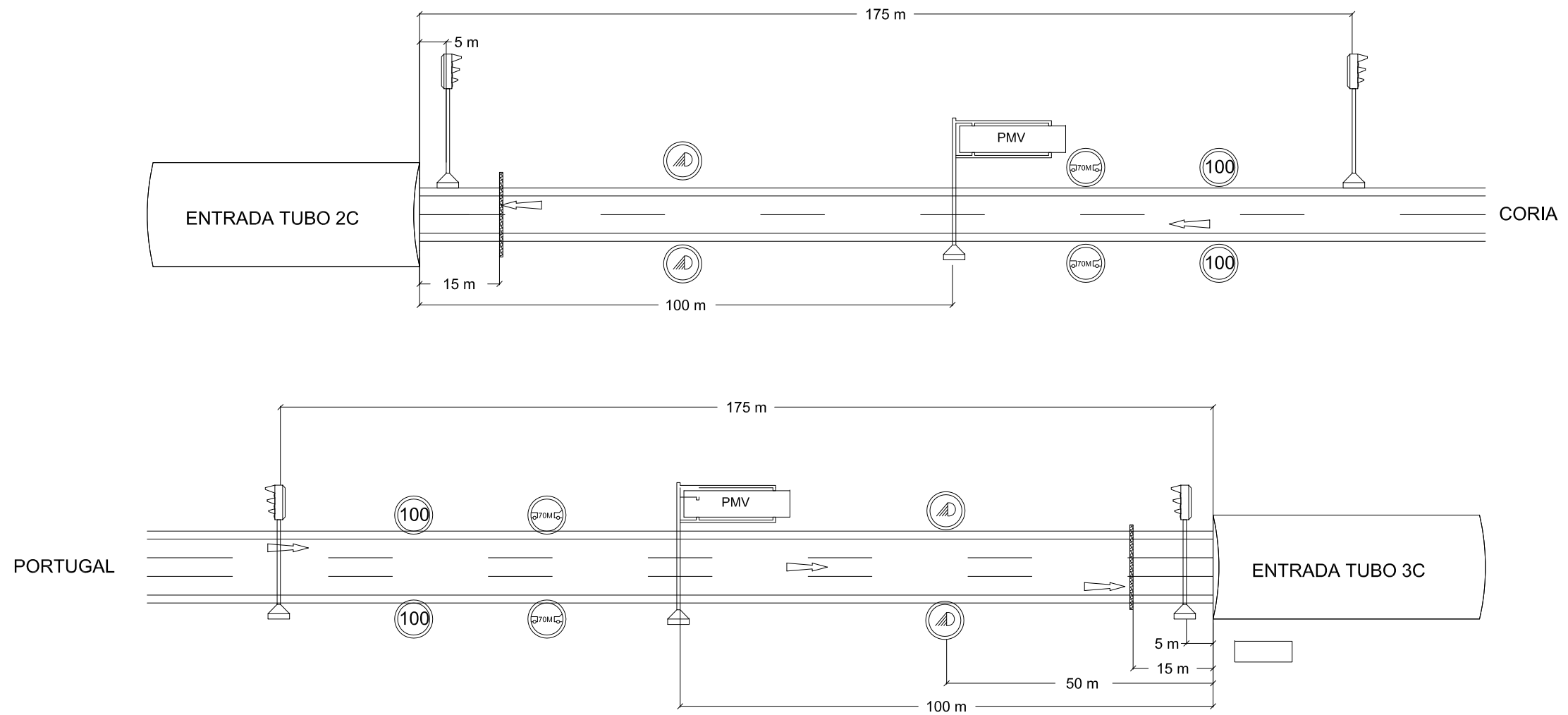
Peticionario:  
**ETSII DE BEJAR**  
 AREA INGENIERIA  
 ELECTRICA

PLANO nº  
**16**

Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS



<b>PROYECTO DE:</b> <b>INSTALACION ELECTRICA PARA TUNEL AUTOVIA EX-A1</b> Trabajo fin de Carrera		<b>EMPLAZAMIENTO</b> TERMINO MUNICIPAL DE <b>CORIA - CACERES</b>	
<b>PLANO DE:</b> <b>DISPOSICION LUMINARIAS EXTERIORES</b>		Firma:	 <b>ESCALA</b> 1:2.000
Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR D. ROBERTO REDONDO MELCHOR		Peticionario: <b>ETSII DE BEJAR</b> <b>AREA INGENIERIA</b> <b>ELECTRICA</b>	<b>FECHA</b> Marzo 2015
Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS		<b>PLANO nº</b> <b>17</b>	



PROYECTO DE:  
**INSTALACION ELECTRICA PARA TUNEL AUTOVIA EX-A1**  
 Trabajo fin de Carrera

EMPLAZAMIENTO  
 TERMINO MUNICIPAL DE  
**CORIA - CACERES**

PLANO DE:  
**SEÑALIZACION ACCESOS TUNEL**

Firma:



ESCALA  
 -----  
 FECHA  
 Marzo 2015

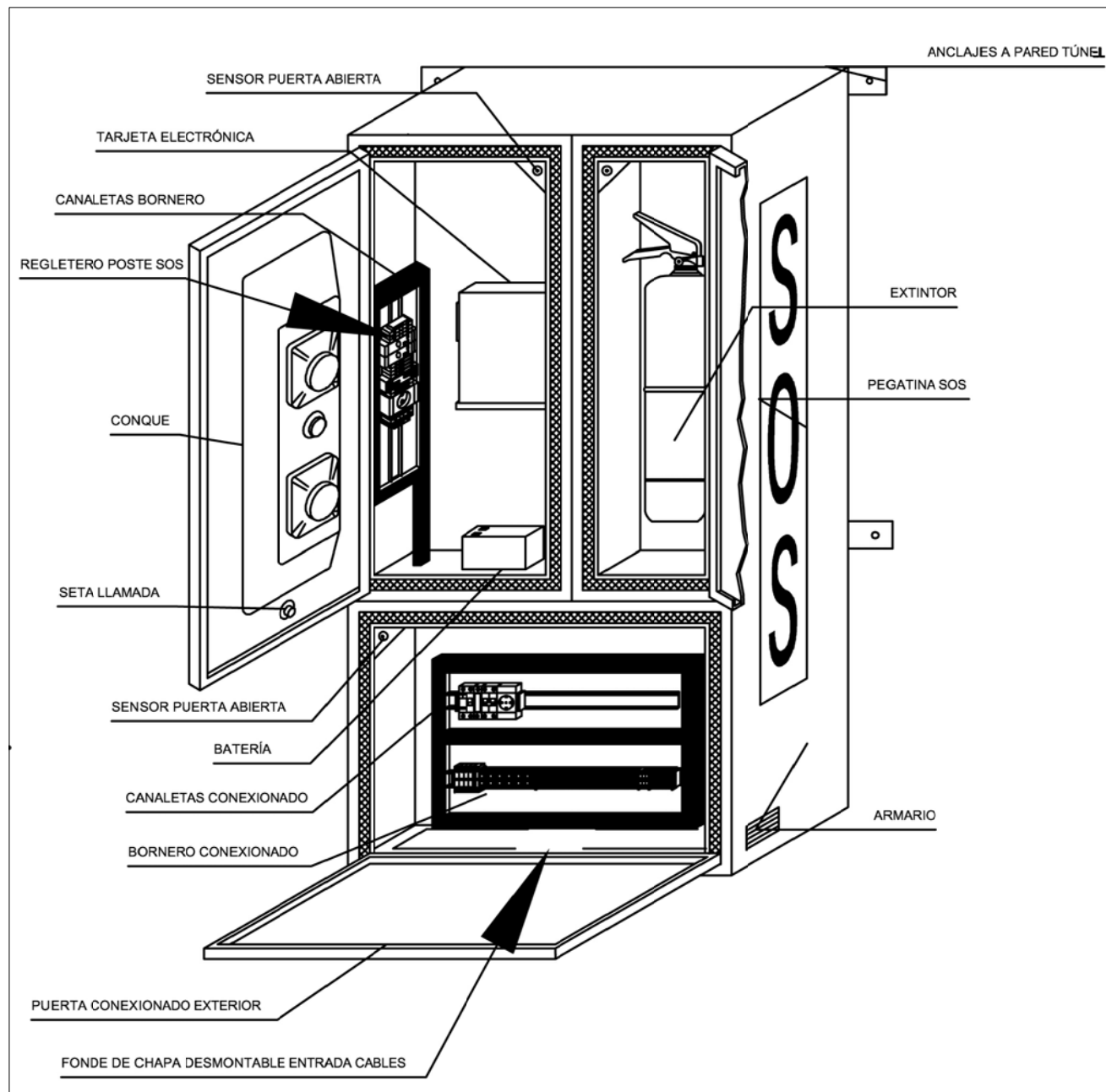
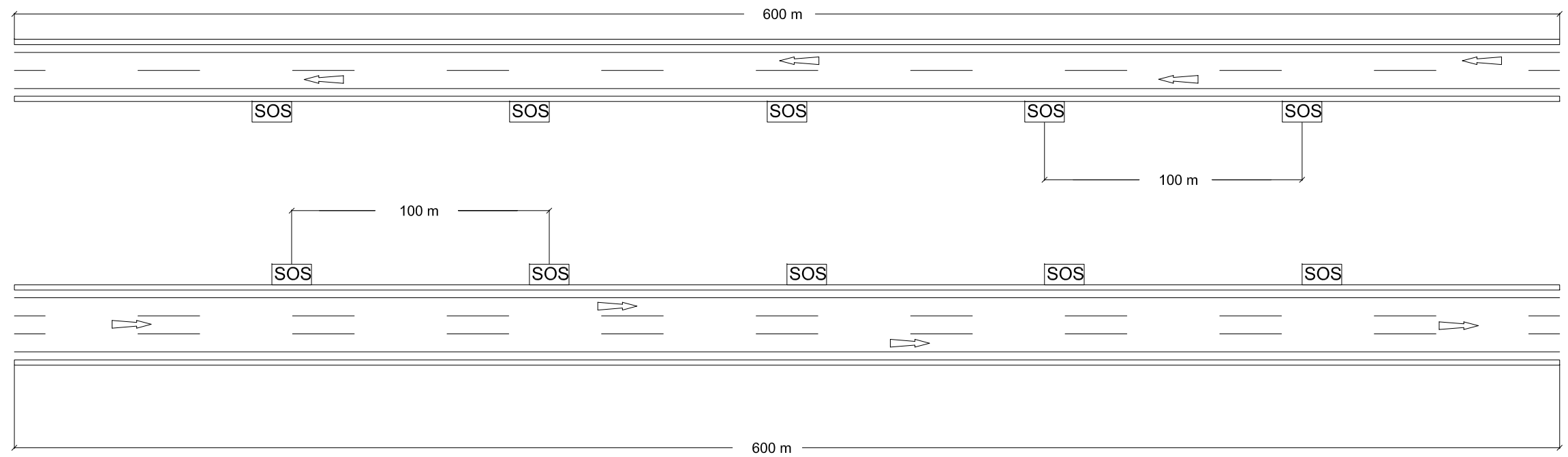
Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
 D. ROBERTO REDONDO MELCHOR

Peticionario:  
**ETSII DE BEJAR**  
 AREA INGENIERIA  
 ELECTRICA

PLANO nº  
**18**

Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS





PROYECTO DE:  
**INSTALACION ELECTRICA PARA TUNEL AUTOVIA EX-A1**  
 Trabajo fin de Carrera

**EMPLAZAMIENTO**  
 TERMINO MUNICIPAL DE  
**CORIA - CACERES**

PLANO DE:  
**DISTRIBUCION POSTES SOS  
 Y DETALLE**

Firma:



**ESCALA**  
 -----

**FECHA**  
 Marzo 2015

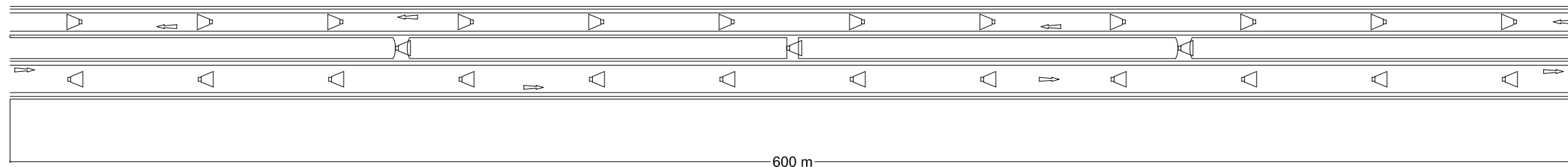
Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
 D. ROBERTO REDONDO MELCHOR

Peticionario:  
**ETSII DE BEJAR  
 AREA INGENIERIA  
 ELECTRICA**

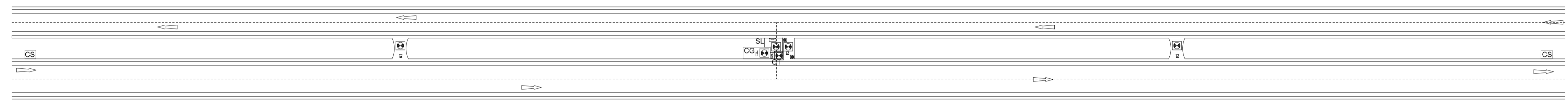
**PLANO nº**  
**19**







Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS



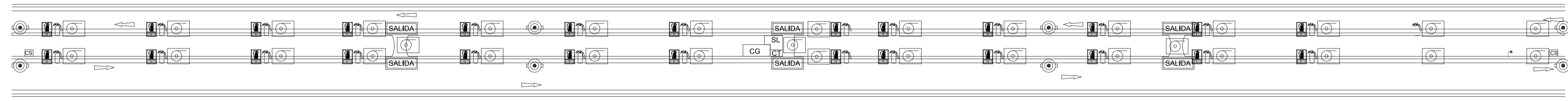







<b>PROYECTO DE:</b> <b>INSTALACION ELECTRICA PARA TUNEL AUTOVIA EX-A1</b> Trabajo fin de Carrera		<b>EMPLAZAMIENTO</b> TERMINO MUNICIPAL DE <b>CORIA - CACERES</b>	
<b>PLANO DE:</b> <b>DISTRIBUCION MEGAFONIA</b>		Firma:	<b>ESCALA</b> -----
Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR D. ROBERTO REDONDO MELCHOR			<b>FECHA</b> Marzo 2015
Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS			Peticionario: <b>ETSII DE BEJAR</b> <b>AREA INGENIERIA</b> <b>ELECTRICA</b>



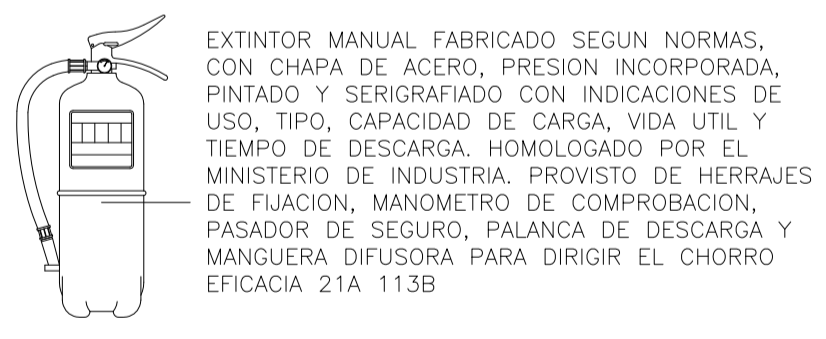
-  DETECTOR TERMOVELOCIMETRICO/OPTICO
-  CABLE TERMICO
-  CENTRALITA INCENDIOS
-  PULSADOR ALARMA
-  EXTINCION AUTOMATICA POR GAS
-  SIRENA

DETECCIÓN INCENDIOS

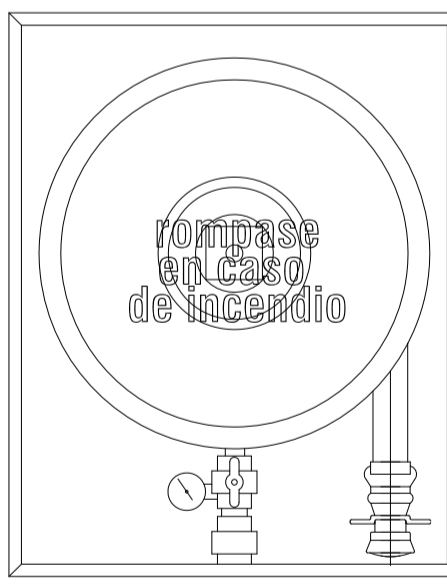


-  EXTINTOR
-  SEÑALIZACION EXTINTOR
-  SALIDA SEÑALIZACION SALIDA
-  (BIE) BOCA DE INCENDIOS EQUIPADA 20 METROS MANGUERA.
-  HIDRANTES

EXTINTOR MANUAL DE POLVO POLIVALENTE

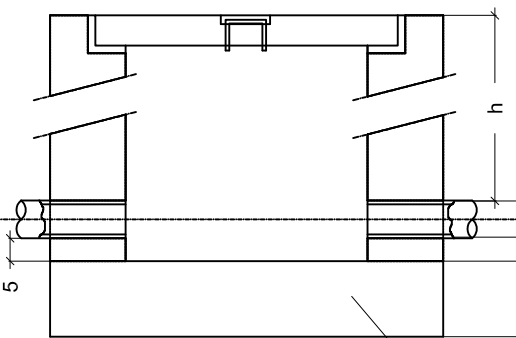
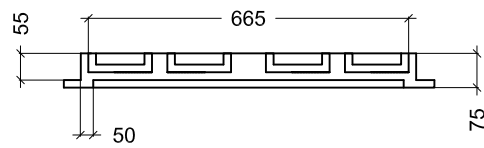
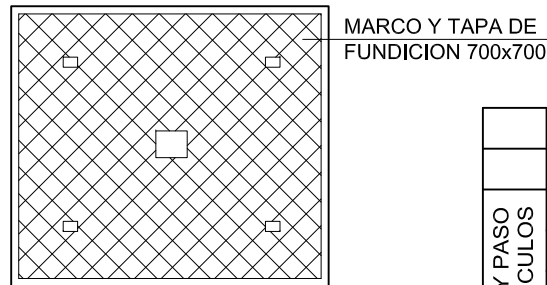


BOCA INCENDIO EQUIPADA



EXTINCIÓN DE INCENDIOS

<b>PROYECTO DE:</b> INSTALACION ELECTRICA PARA TUNEL AUTOVIA EX-A1 Trabajo fin de Carrera		<b>EMPLAZAMIENTO</b> TERMINO MUNICIPAL DE CORIA - CACERES	
<b>PLANO DE:</b> DETECCION Y EXTINCION DE INCENDIOS		Firma:	ESCALA -----
Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR D. ROBERTO REDONDO MELCHOR		Peticionario: ETSII DE BEJAR AREA INGENIERIA ELECTRICA	FECHA Marzo 2015
Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS			PLANO nº <b>21</b>



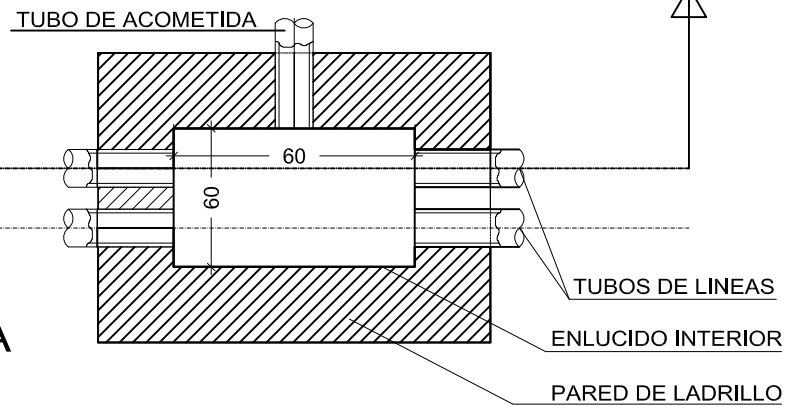
VISTA B-B

A

A

B

B

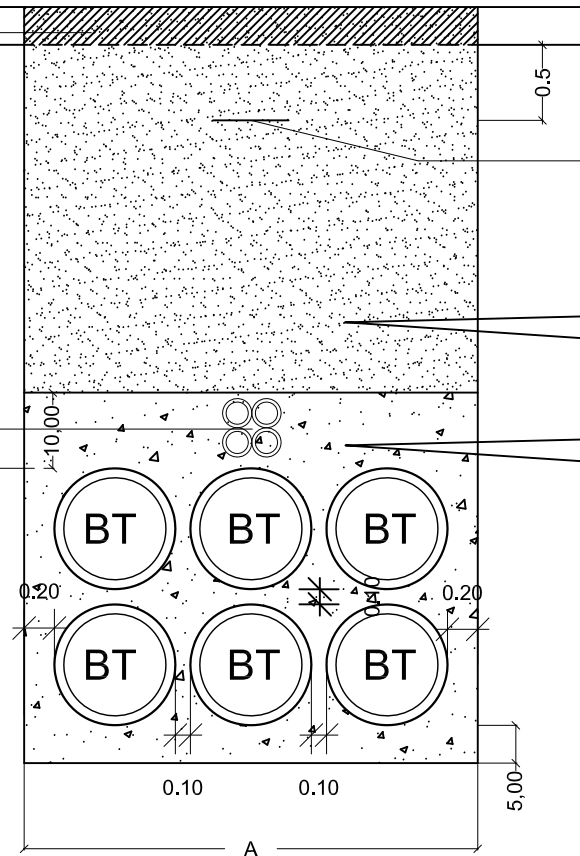


VISTA A-A

	TUBOS P.V.C.		ZANJA	
	Nº TUBOS	ANCHURA	PROFUNDIDAD	CINTA
ACERA Y PASO DE VEHICULOS	T	Ø 160mm	A	h
	1	1-2-3	60	1
	2	4-5-6	60	1
	3	7-8-9	60	2
4	10-11-12	60	2	
CALZADA	1	1-2-3	60	1
	2	4-5-6	60	2
	3	7-8-9	60	2
	4	10-11-12	60	2

REPOSICION DE PAVIMENTO O TIERRA EXISTENTE

MULTITUBOS MTT 4x40, según NI 52.95.20



CINTA DE SEÑALIZACION

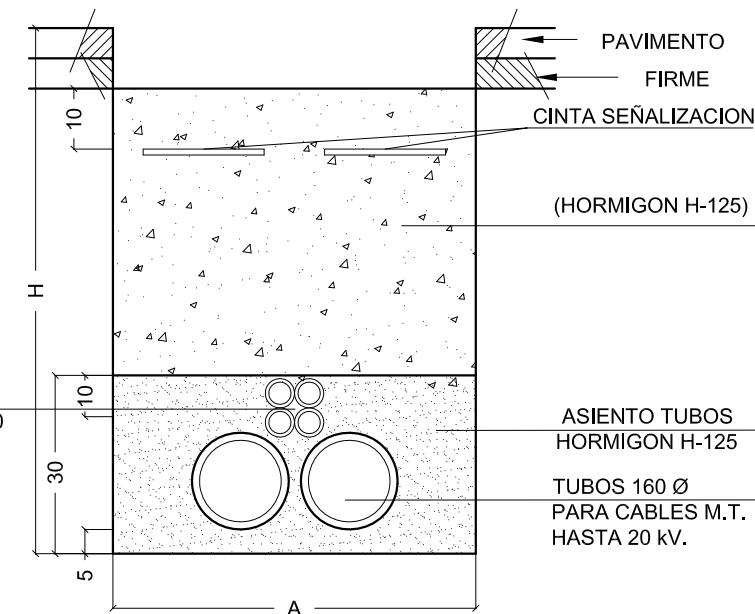
RELLENO ZANJA	ACERA Y JARDINES	CALZADA Y PASO DE VEHICULOS
	TIERRA EXCAV. ó ARENA	HORMIGON
ASIENTO TUBOS	ARENA	HORMIGON

PARA SECCION 240 mm. EL TUBO SERÁ DE 225 Ø

Nº DE TUBOS 160 Ø	ANCHURA (A)	PROFUNDIDAD (H)	CINTA SEÑALIZACION
2	0,35	0,80	1
3	0,60	0,80	2
4-5-6		1,00	
7-8-9		1,20	

MULTITUBOS MTT 4x40, según NI 52.95.20

DETALLE ZANJAS M.T.



Nº TUBOS QUE ENTRAN		MEDIDAS INTERIORES ANCHO (A) LARGO (L)	
ACERA	CALZADA		
1-2 ○○		60	60
1-2-3 ○○○			
4-5-6 ○○○ ○○○	4-5-6 ○○○ ○○○		
7-8-9 ○○○ ○○○ ○○○	7-8-9 ○○○ ○○○		

ARQUETAS

PROYECTO DE:

INSTALACION ELECTRICA PARA TUNEL AUTOVIA EX-A1  
Trabajo fin de Carrera

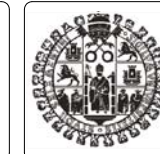
EMPLAZAMIENTO

TERMINO MUNICIPAL DE CORIA - CACERES

PLANO DE:

DETALLES ARQUETAS Y CANALIZACIONES

Firma:



ESCALA

FECHA  
Marzo 2015

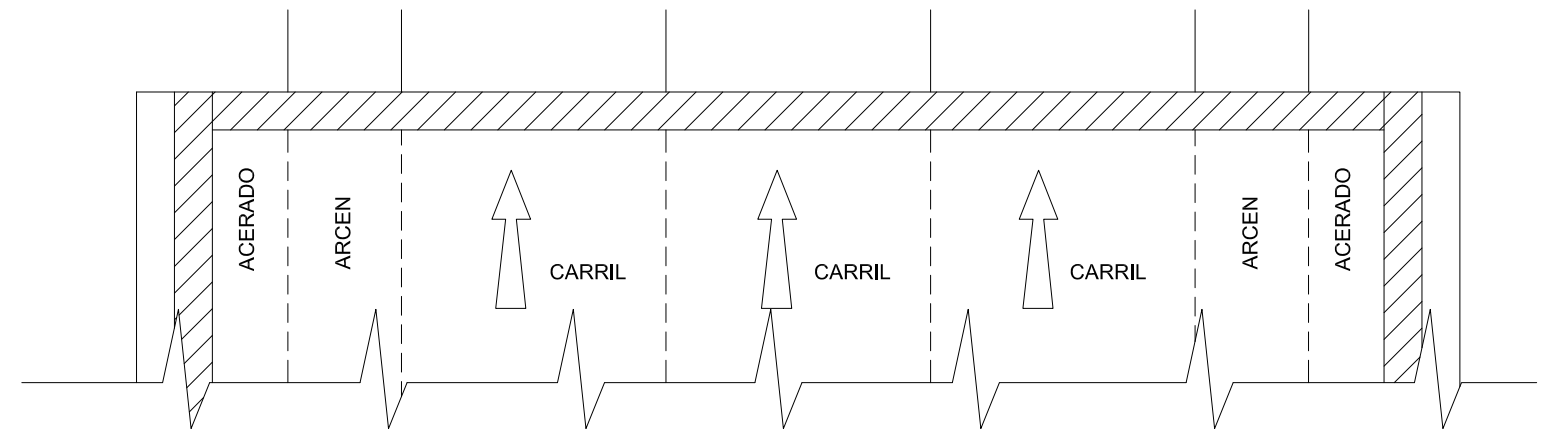
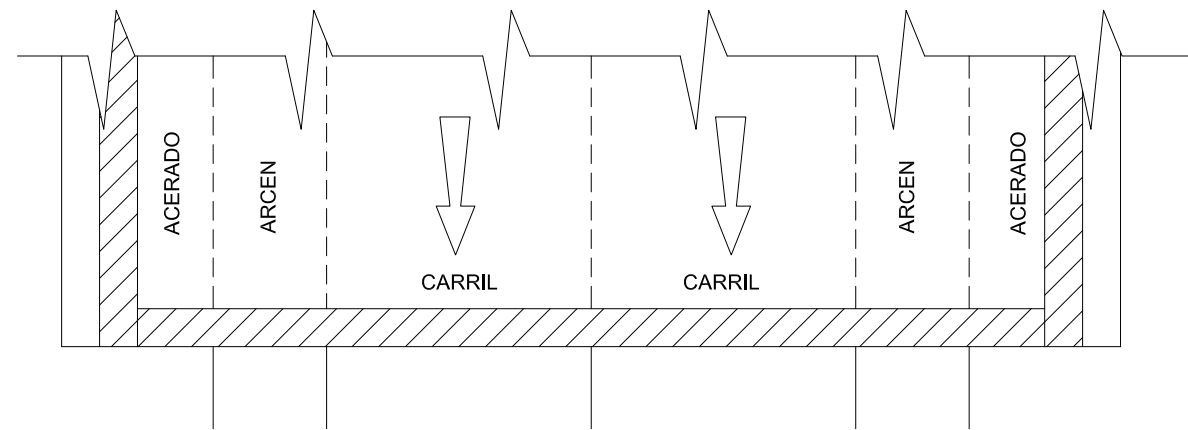
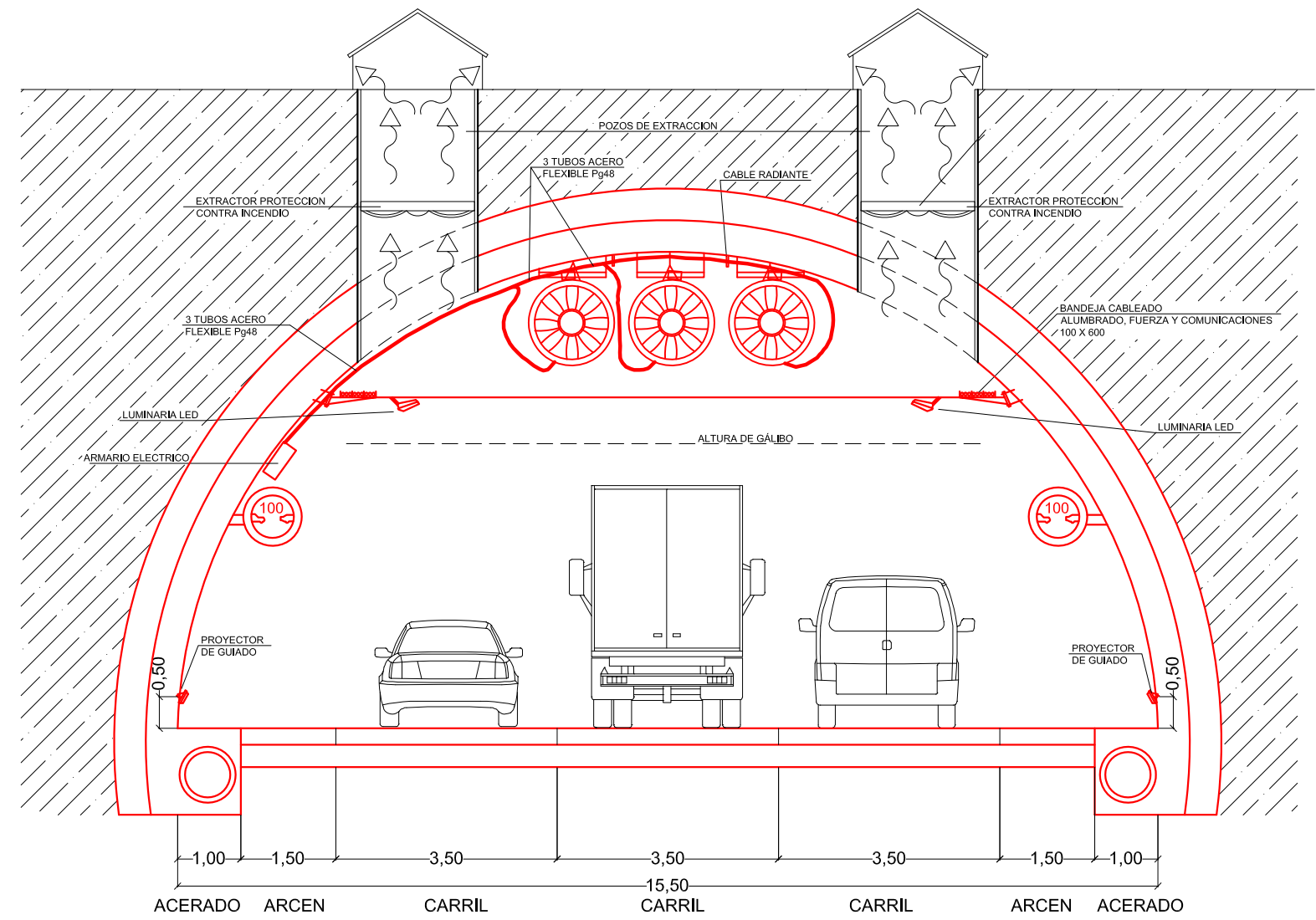
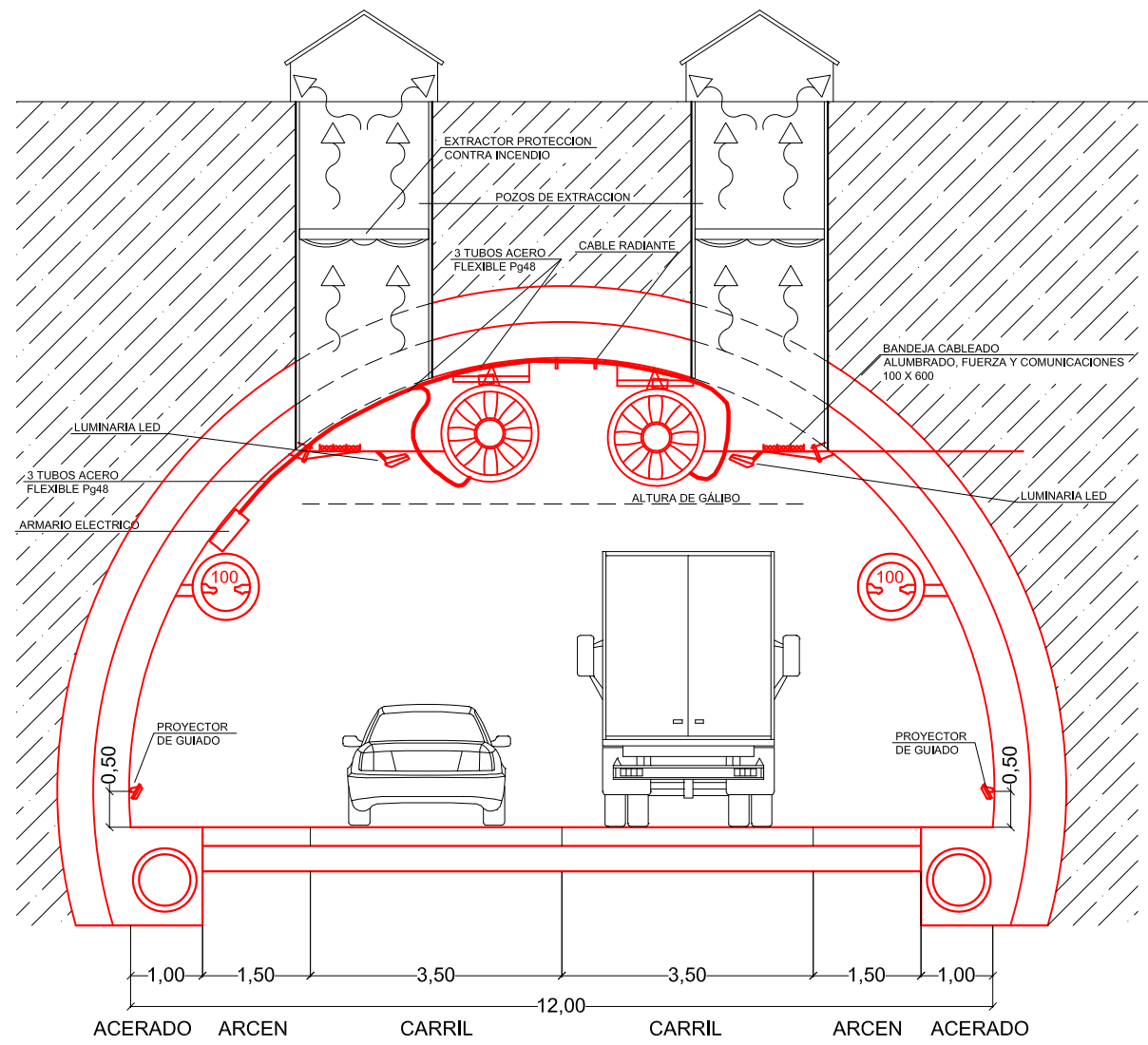
Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
D. ROBERTO REDONDO MELCHOR

Peticionario:  
ETSII DE BEJAR  
AREA INGENIERIA ELECTRICA

PLANO nº

22

Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS



PROYECTO DE:  
**INSTALACION ELECTRICA PARA TUNEL AUTOVIA EX-A1**  
 Trabajo fin de Carrera

EMPLAZAMIENTO  
 TERMINO MUNICIPAL DE  
**CORIA - CACERES**

PLANO DE:  
**SECCION TUNELES  
 Y DETALLES**

Firma:



ESCALA  
 -----

FECHA  
 Marzo 2015

Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
 D. ROBERTO REDONDO MELCHOR

Peticionario:  
**ETSII DE BEJAR  
 AREA INGENIERIA  
 ELECTRICA**

PLANO n°  
**23**

Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS

# **XI.- MEDICIONES Y PRESUPUESTO**

**Titulo: INSTALACION ELECTRICA DE UN TUNEL DE AUTOPISTA**

**Tutores: D. NORBERTO REDONDO MELCHOR**

**D. ROBERTO REDONDO MELCHOR**

**Alumno: JOSE IGNACIO ALCOBA IGLESIAS**

**Índice:**

**MEDICIONES Y PRESUPUESTO.**

A. Presupuesto desglosado	2
B. Cuadro resumen del presupuesto	15
C. Nombre, fecha y firma	16

## A. Presupuesto desglosado

Orden	Descripción	Medición	Precio	Importe
<b>1</b>	<b>ALTA TENSIÓN</b>			
<b>1.1</b>	<b>LINEA DE MEDIA TENSIÓN</b>			
	<b>Zanja Bajo Acerado</b>			
1.1.1	m. Red eléctrica de media tensión enterrada bajo acera, realizada con cables conductores de 3(1x140)Al. 12/20 kV., con aislamiento de dieléctrico seco, formados por: conductor de aluminio compacto de sección circular, pantalla sobre el conductor de mezcla semiconductora, aislamiento de etileno-propileno (EPR), pantalla sobre el aislamiento de mezcla semiconductora pelable no metálica asociada a una corona de alambre y contraespira de cobre y cubierta termoplástica a base de poliolefina, en instalación subterránea bajo acera, en zanja de 60 cm. de ancho y 100 cm. de profundidad, incluyendo excavación de zanja, asiento con 10 cm. de arena de río, montaje de cables conductores, relleno con una capa de 25 cm. de arena de río, instalación de placa cubrecables para protección mecánica, relleno con tierra procedente de la excavación apisonada con medios manuales en tongadas de 10 cm., colocación de cinta de señalización, sin incluir la reposición de acera, incluso suministro y montaje de cables conductores, con parte proporcional de empalmes para cable, retirada y transporte a vertedero de los productos sobrantes de la excavación y pruebas de rigidez dieléctrica, totalmente instalada, transporte, montaje y conexionado. (U06AL020)			
	TOTAL PARTIDA 1.1.1	600,00	60,78	36.468,00
	<b>Zanja Bajo Pavimento</b>			
1.1.2	m. Red eléctrica de media tensión entubada bajo calzada, realizada con cables conductores de 3(1x140)Al. 12/20 kV., con aislamiento de dieléctrico seco, formados por: conductor de aluminio compacto de sección circular, pantalla sobre el conductor de mezcla semiconductora, aislamiento de etileno-propileno (EPR), pantalla sobre el aislamiento de mezcla semiconductora pelable no metálica asociada a una corona de alambre y contraespira de cobre y cubierta termoplástica a base de poliolefina, en instalación subterránea bajo calzada, en zanja de 60 cm. de ancho y 105 cm. de profundidad, incluyendo excavación de zanja, asiento con 5 cm. de hormigón HM-20/P/20/I, montaje de tubos de material termoplástico de 160 mm. de diámetro, relleno con una capa de hormigón HM-20/P/20/I, hasta una altura de 10 cm. por encima de los tubos envolviéndolos completamente, y relleno con hormigón ciclópeo HM-12,5/P/20, hasta la altura donde se inicia el firme y el pavimento; sin incluir la reposición de pavimento; incluso suministro y montaje de cables conductores, con parte proporcional de empalmes para cable, retirada y transporte a vertedero de los productos sobrantes de la excavación y pruebas de rigidez dieléctrica, totalmente instalada, transporte, montaje y conexionado. (U06AL060)			
	TOTAL PARTIDA 1.1.2	40,00	83,80	3.352,00
	<b>Total capítulo 1.1 (Euros)</b>			<b>39.820,00</b>
	TREINTA Y NUEVE MIL OCHOCIENTOS VEINTE EUROS			
<b>1.2</b>	<b>CENTRO DE SECCIONAMIENTO</b>			
	<b>Caseta Prefabricada</b>			
1.2.1	ud Caseta prefabricada para contener un transformador, de dimensiones exteriores (largoxanchoxalto) 3.220x2.500x3.300 mm., formado por: envolvente de hormigón armado vibrado, compuesto por una parte que comprende el fondo y las paredes incorporando puertas y rejillas de ventilación natural, y otra que constituye el techo, estando unidas las armaduras del hormigón entre sí y al colector de tierra. Las puertas y rejillas presentarán una resistencia de 10 kilo-ohmios respecto a la tierra de la envolvente. Pintado con pintura acrílica rugosa de color blanco en las paredes y marrón en techos, puertas y rejillas. Incluso alumbrado normal y de emergencia, elementos de protección y señalización como: banquillo aislante, guantes de protección y placas de peligro de muerte en los transformadores y accesos al local. (U06TE010)			
	Total partida 1.2.1 (Euros)	2,00	7.503,80	15.007,60

<b>Módulo de Línea</b>				
1.2.2	ud Módulo de línea, para corte y aislamiento íntegro, con aparellaje en dieléctrico de gas SF6, de 370 mm. de ancho, 1.800 mm. de alto y 850 mm. de fondo, conteniendo en su interior debidamente montados y conexionados, los siguientes aparatos y materiales: un interruptor III, con posiciones Conexión - Seccionamiento - Puesta a tierra, (conectado, desconectado, y puesta a tierra), de 24 kV de tensión nominal, 400 A. de intensidad nominal, capacidad de cierre sobre cortocircuito de 40 kA. cresta, y capacidad de corte de 400 A. y mando manual tipo B; tres captosres capacitivos de presencia de tensión de 24 kV.; embarrado para 400 A.; pletina de cobre de 30x3 mm. para puesta a tierra de la instalación. Accesorios y pequeño material. Instalado. (U06TM010)			
	Total partida 1.2.2 (Euros)	2,00	2.470,22	4.940,44
<b>Módulo de Medida</b>				
1.2.3	ud Módulo de medida para tres transformadores de tensión e intensidad, de 800 mm. de ancho, 1.865 mm. de alto y 850 mm. de fondo, conteniendo en su interior debidamente montados y conexionados los siguientes aparatos y materiales: tres transformadores de tensión relación x/110 V., de 50 VA., en clase 0,5.; tres transformadores de intensidad relación x/5A de 15 VA., en clase 0,5; interconexión de potencia con módulos contiguos; pletina de cobre de 30x3 mm. para puesta a tierra de la instalación. Accesorios y pequeño material. Instalado. (U06TM080)			
	Total partida 1.2.3 (Euros)	2,00	5.891,30	11.782,60
<b>Módulo de Seccionamiento</b>				
1.2.4	ud Módulo de seccionamiento, para corte y aislamiento íntegro, con aparellaje en dieléctrico de gas SF6, de 370 mm. de ancho, 1.800 mm. de alto y 850 mm. de fondo, conteniendo en su interior debidamente montados y conexionados, los siguientes aparatos y materiales: un interruptor III, con posiciones Conexión - Seccionamiento - Puesta a tierra, (conectado, desconectado, y puesta a tierra), de 24 kV de tensión nominal, 400 A. de intensidad nominal, capacidad de cierre sobre cortocircuito de 40 kA. cresta, y capacidad de corte de 400 A. y mando manual tipo B; tres captosres capacitivos de presencia de tensión de 24 kV.; embarrado para 400 A.; pletina de cobre de 30x3 mm. para puesta a tierra de la instalación. Accesorios y pequeño material. Instalado. (U06TM010_1)			
	Total partida 1.2.4 (Euros)	2,00	2.470,22	4.940,44
<b>Conexión Armario Medida-Módulo de Contadores</b>				
1.2.5	ud Conexión entre los transformadores de intensidad y tensión del módulo de medida en media tensión y el armario de contadores, con conductores y secciones normalizados por la Cía Suministradora. (U06TM130)			
	Total partida 1.2.5 (Euros)	2,00	76,89	153,78
<b>Armario Medida A.T.</b>				
1.2.6	ud Armario para medida en alta tensión, en instalación interior o intemperie, formada por los siguientes elementos: envolvente de poliéster reforzada con fibra de vidrio, con panel de poliéster troquelado para montaje de equipos de medida, dispositivo de comprobación según normas de Cía Suministradora, placa transparente precintable de policarbonato con mirilla practicable de acceso a maxímetro. (U06TM120)			
	Total partida 1.2.6 (Euros)	2,00	1.987,90	3.975,80
<b>Red de Puesta a Tierra</b>				
1.2.7	ud Redes de puesta a tierra de protección general y servicio para el neutro, en centro de transformación, de acuerdo con lo indicado en la MIE-RAT-13, y normas de Cía Suministradora, formada la primera de ellas por cable de cobre desnudo de 50 mm2. de sección y la segunda por cable de cobre aislado, tipo RV de 0,6/1 kV, y 50 mm2. de sección y picas de tierra de acero cobrizado de 2 m. de longitud y 14 mm. de diámetro. Incluso material de conexión y fijación. (U06TE100_1)			
		2,00	651,65	1.303,30
<b>Total capítulo 1.2 (Euros)</b>				<b>42.103,96</b>
CUARENTA Y DOS MIL CIENTO TRES EUROS CON NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS				



### 1.3 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

#### Caseta Prefabricada

- 1.3.1 ud Caseta prefabricada para contener un transformador, de dimensiones exteriores (largoxanchoxalto) 4.830x2.500x3.300 mm., formado por: envolvente de hormigón armado vibrado, compuesto por una parte que comprende el fondo y las paredes incorporando puertas y rejillas de ventilación natural, y otra que constituye el techo, estando unidas las armaduras del hormigón entre sí y al colector de tierra. Las puertas y rejillas presentarán una resistencia de 10 kilo-ohmios respecto a la tierra de la envolvente. Pintado con pintura acrílica rugosa de color blanco en las paredes y marrón en techos, puertas y rejillas. Incluso alumbrado normal y de emergencia, elementos de protección y señalización como: banquillo aislante, guantes de protección y placas de peligro de muerte en los transformadores y accesos al local.

(U06TE020)

Total partida 1.3.1 (Euros) 1,00 7.773,35 7.773,35

#### Transformador

- 1.3.2 ud Transformador de media a baja tensión de 1000 KVA. de potencia, en baño de aceite, refrigeración natural, para interior, de las siguientes características: tensión primaria 15/20 kV., tensión secundaria 231/400 A., regulación +- 2,5% +- 5%; conexión DYn11; tensión de cortocircuito 4%. Equipado con termómetro de esfera de dos contactos y termostato, puentes de conexión entre módulo de protección y transformador realizado con cables de A.T. 12/20 kV. unipolares de 1x150 mm2. Al., terminales enchufables en ambos extremos y rejilla de protección.

(U06TT040)

Total partida 1.3.2 (Euros) 1,00 18.637,35 18.637,35

#### Red de Puesta a Tierra

- 1.3.3 ud Redes de puesta a tierra de protección general y servicio para el neutro, en centro de transformación, de acuerdo con lo indicado en la MIE-RAT-13, y normas de Cía Suministradora, formada la primera de ellas por cable de cobre desnudo de 50 mm2. de sección y la segunda por cable de cobre aislado, tipo RV de 0,6/1 kV, y 50 mm2. de sección y picas de tierra de acero cobrizado de 2 m. de longitud y 14 mm. de diámetro. Incluso material de conexión y fijación.

(U06TE100)

Total partida 1.3.3 (Euros) 1,00 651,65 651,65

#### Módulo Conmutación Automática

- 1.3.4 ud Módulo de conmutación automática de líneas, con aparellaje en dieléctrico de gas SF6, de 480 mm. de ancho, 1.950 mm. de alto y 850 mm. de fondo, conteniendo en su interior debidamente montados y conexionados, los siguientes aparatos y materiales: un interruptor-seccionador automático III en SF6, de 24 kV. de tensión nominal, 400 A. de intensidad nominal, y 12,5 kA. de intensidad de cortocircuito, mando automático de conmutación de líneas en ausencia de tensión en línea principal y contactos auxiliares; un seccionador III con posiciones Conexión - Seccionamiento - Puesta a tierra, (conectado, desconectado, y puesta a tierra), de 24 kV. de tensión nominal, 400 A. de intensidad nominal, capacidad de cierre sobre cortocircuito de 40 kA. cresta, y capacidad de corte de 400 A. de apertura y cierre rápido, y mando manual; un relé de protección de 3F+N autoalimentado; tres transformadores de intensidad toroidales para protección de fases y homopolar; tres captosres capacitivos de presencia de tensión de 24 kV.; embarrado para 400 A.; pletina de cobre de 30x3 mm. para puesta a tierra de la instalación. Accesorios y pequeño material. Instalado.

(U06TM050)

Total partida 1.3.4 (Euros) 1,00 13.946,49 13.946,49

#### Módulo de Protección Trafo

1.3.5	ud Módulo de protección de transformadores, para corte y aislamiento íntegro, con aparellaje en dieléctrico de gas SF6, de 480 mm. de ancho, 1.800 mm. de alto y 850 mm. de fondo, conteniendo en su interior debidamente montados y conexiados, los siguientes aparatos y materiales: un interruptor III, con posiciones Conexión - Seccionamiento - Puesta a tierra, (conectado, desconectado, y puesta a tierra), de 24 kV. de tensión nominal, 400 A. de intensidad nominal, capacidad de cierre sobre cortocircuito de 40 kA. cresta, y capacidad de corte de 400 A. y mando manual tipo B; tres portafusibles para cartuchos de 24 kV. según DIN-43625; tres cartuchos fusibles de 24 kV. según DIN-43625; un seccionador de puesta a tierra sobre los contactos inferiores de los fusibles, de 24 kV. de tensión nominal; tres captosres capacitivos de presencia de tensión de 24 kV.; embarrado para 400 A.; pletina de cobre de 30x3 mm. para puesta a tierra de la instalación. Accesorios y pequeño material. Instalado. (U06TM090)	Total partida 1.3.5 (Euros)	1,00	2.749,72	2.749,72
<b>Cuadro Baja Tensión</b>					
1.3.6	ud Cuadro de baja tensión tipo UNESA, para protección con cuatro salidas en baja tensión, con fusibles de A.P.R. dispuestos en bases trifásicas maniobrables fase a fase, con posibilidad de apertura y cierre en carga; incluso barraje de distribución, y conexiones necesarias. (U06TM140)	Total partida 1.3.6 (Euros)	1,00	883,58	883,58
<b>Módulo Remonte de Cables</b>					
1.3.7	ud Módulo de remonte de cables de dimensiones 370 mm. de ancho, 1.800 mm. de alto y 850 mm. de fondo, conteniendo en su interior, debidamente montados y conexiados, los siguientes aparatos y materiales: tres bornas atornillables tipo K400TB; tres conos difusores tipo 36MSC; cable seco de aluminio de 1x150 mm <sup>2</sup> . para 12/20 kV.; pletina de cobre de 30x3 mm. para puesta a tierra de la instalación. Pequeño material. Instalado. (U06TM110)	Total partida 1.3.7 (Euros)	1,00	2.419,62	2.419,62
<b>Total capítulo 1.3 (Euros)</b>					<b>47.061,76</b>

CUARENTA Y SIETE MIL SESENTA Y UNO Y SETENTA Y SEIS CENTIMOS

**Total capítulo 1 (Euros)****128.985,72**

CIENTO VEINTIOCHO MIL NOVECIENTOS OCHENTA Y CINCO EUROS CON SETENTA Y DOS CÉNTIMOS

**2 REDES DE DISTRIBUCIÓN Y CABLEADO****Arquetas de Registro**

2.1	ud Arquetas de registro de fábrica de ladrillo macizo de ½ pie de espesor enfoscada y bruñida con las dimensiones indicadas en los planos, incluso tapa de fundición modelo IBERDROLA, para cruzamientos derivaciones a parcela y paso de conductores, incluido señalización de línea de iberdrola e identificación de fases con cinta. (P15AA020)	TOTAL PARTIDA 2.1	48,00	222,75	10.692,00
<b>Línea Alumbrado Público y Zanja</b>					
2.2	m. Línea de alimentación para alumbrado público formada por conductores de cobre 4(1x6) mm <sup>2</sup> . con aislamiento tipo RZ-k (AS) 0,6/1 kV, incluso cable para red equipotencial tipo VV-750, canalizados bajo tubo de PVC de D=110 mm. en montaje enterrado en zanja en cualquier tipo de terreno, de dimensiones 0,40 cm. de ancho por 0,60 cm. de profundidad, incluso excavación, relleno con materiales sobrantes, sin reposición de acera o calzada, retirada y transporte a vertedero de los productos sobrantes de la excavación, totalmente instalada, transporte, montaje y conexiados. (U06BCCB010)	TOTAL PARTIDA 2.2	1650,00	13,90	22.935,00
<b>Línea Semaforización</b>					

2.3	m. Línea de alimentación para semaforización, PMV formada por conductores de cobre 2(1x2,5) mm <sup>2</sup> . con aislamiento tipo RZ-k (AS) 0,6/1 kV, incluso cable para red equipotencial tipo VV-750, canalizados bajo tubo de PVC de D=110 mm. en montaje enterrado en zanja en cualquier tipo de terreno, de dimensiones 0,40 cm. de ancho por 0,60 cm. de profundidad, incluso excavación, relleno con materiales sobrantes, sin reposición de acera o calzada, retirada y transporte a vertedero de los productos sobrantes de la excavación, totalmente instalada, transporte, montaje y conexionado. (U06BCCB010)	TOTAL PARTIDA 2.3	120,00	11,90	1.428,00
<b>Bandeja Metálica</b>					
2.4	Montaje y suministro de bandeja metálica de dimensiones 300x60 mm construida con chapa de acero galvanizada perforada en caliente con tabique de separación de circuitos, incluyendo suministro de soporte de acero galvanizado fijada en bóveda o pared del túnel, formada por piezas de anclaje para compensar la inclinación de la pared, tacos químicos, varillas de roscar, tornillos, piezas especiales, etc.	TOTAL PARTIDA 2.4	955,00	37,04	35.373,20
<b>Bandeja Metálica + 2 Tab. Separador</b>					
2.5	Montaje y suministro de bandeja metálica de dimensiones 400x60 mm construida con chapa de acero galvanizada perforada en caliente con tabique de separación de circuitos, incluyendo suministro de soporte de acero galvanizado fijada en bóveda o pared del túnel, formada por piezas de anclaje para compensar la inclinación de la pared, tacos químicos, varillas de roscar, tornillos, piezas especiales, etc.	TOTAL PARTIDA 2.5	2580,00	83,48	215.378,40
<b>Cableado de Cobre RZ1-K (AS) 1x1,5mm<sup>2</sup></b>					
2.6	Cableado de cobre tipo RZ1-K (AS) de 1x1,5mm <sup>2</sup> con puntos de empalmes y accesorios de montaje. Totalmente instalado	TOTAL PARTIDA 2.6	60.400,00	0,67	40.468,00
<b>Cableado de Cobre RZ1-K (AS) 1x2,5mm<sup>2</sup></b>					
2.7	Cableado de cobre tipo RZ1-K (AS) de 1x2,5mm <sup>2</sup> con puntos de empalmes y accesorios de montaje. Totalmente instalado	TOTAL PARTIDA 2.7	37.200,00	2,17	80.724,00
<b>Cableado de Cobre RZ1-K (AS) 1x4mm<sup>2</sup></b>					
2.8	Cableado de cobre tipo RZ1-K (AS) de 1x4mm <sup>2</sup> con puntos de empalmes y accesorios de montaje. Totalmente instalado	TOTAL PARTIDA 2.8	4.560,00	1,35	6.156,00
<b>Cableado de Cobre RZ1-K (AS) 1x6mm<sup>2</sup></b>					
2.9	Cableado de cobre tipo RZ1-K (AS) de 1x6mm <sup>2</sup> con puntos de empalmes y accesorios de montaje. Totalmente instalado	TOTAL PARTIDA 2.9	21.600,00	1,87	40.392,00
<b>Cableado de Cobre RZ1-K (AS) 1x10mm<sup>2</sup></b>					
2.10	Cableado de cobre tipo RZ1-K (AS) de 1x10mm <sup>2</sup> con puntos de empalmes y accesorios de montaje. Totalmente instalado	TOTAL PARTIDA 2.10	4.910,00	2,78	13.649,80
<b>Cableado de Cobre RZ1-K (AS) 1x16mm<sup>2</sup></b>					
2.11	Cableado de cobre tipo RZ1-K (AS) de 1x16mm <sup>2</sup> con puntos de empalmes y accesorios de montaje. Totalmente instalado	TOTAL PARTIDA 2.11	12,00	4,36	52,32
<b>Cableado de Cobre RZ1-K (AS) 1x25mm<sup>2</sup></b>					
2.12	Cableado de cobre tipo RZ1-K (AS) de 1x25mm <sup>2</sup> con puntos de empalmes y accesorios de montaje. Totalmente instalado	TOTAL PARTIDA 2.12	60,00	7,10	426,00
<b>Tubo acero galvanizado M40</b>					
2.13	Tubo de acero galvanizado M40, incluidos accesorios de montaje e instalación.	TOTAL PARTIDA 2.13	2.600,00	12,43	32.318,00
<b>Tubo acero galvanizado M50</b>					
2.14	Tubo de acero galvanizado M50, incluidos accesorios de montaje e instalación.	TOTAL PARTIDA 2.14	57,00	17,65	1.006,05
<b>Tubo acero galvanizado M32</b>					
2.15	Tubo de acero galvanizado M50, incluidos accesorios de montaje e instalación.				

TOTAL PARTIDA 2.15	3.120,00	10,09	31.480,80
--------------------	----------	-------	-----------

<b>Total capítulo 2 (Euros)</b>			<b>532.479,57</b>
---------------------------------	--	--	-------------------

QUINIENTOS TREINTA Y DOS MIL CUATROCIENTOS SETENTA Y NUEVE Y CINCUENTA Y SIETE CENTIMOS

**3 BAJA TENSIÓN****Cuadro Alimentación Servicios Comunes**

3.1	Cuadro general de baja tensión de alimentación para servicios comunes construido en armarios metálicos con lámina cincada en caliente, provisto de doble puerta frontal, la primera transparente y bloqueada mediante cerradura con llave maestra de seguridad, la segunda troquelada para paso de mandos manuales de interruptores y fijada con tornillos, IP65, zócalo, columna lateral de cables, toma de tierra estándar, incluso elementos de fijación y soportes para apartamento estándar, con la apartamento para el control y protección de todos los equipos del túnel. Incluido PLC encargado de gestionar todos los mandos motores de los interruptores motorizados, antes disparos intempestivos. Incluye protección contra sobretensiones			
	Total partida 3.1	1,00	80.542,00	80.542,00

**CUADRO ALIMENTACIÓN TUBO 3 CARRILES**

3.2	Cuadro general de baja tensión de alimentación para servicios comunes construido en armarios metálicos con lámina cincada en caliente, provisto de doble puerta frontal, la primera transparente y bloqueada mediante cerradura con llave maestra de seguridad, la segunda troquelada para paso de mandos manuales de interruptores y fijada con tornillos, IP65, zócalo, columna lateral de cables, toma de tierra estándar, incluso elementos de fijación y soportes para apartamento estándar, con la apartamento para el control y protección de todos los equipos del túnel. Incluido PLC encargado de gestionar todos los mandos motores de los interruptores motorizados, antes disparos intempestivos. No existe posibilidad de instalación de protección contra sobretensiones debido a que necesita alimentación permanente.			
	Total partida 3.2	1,00		195.148,35

**CUADRO ALIMENTACIÓN TUBO 2 CARRILES**

3.3	Cuadro general de baja tensión de alimentación para servicios comunes construido en armarios metálicos con lámina cincada en caliente, provisto de doble puerta frontal, la primera transparente y bloqueada mediante cerradura con llave maestra de seguridad, la segunda troquelada para paso de mandos manuales de interruptores y fijada con tornillos, IP65, zócalo, columna lateral de cables, toma de tierra estándar, incluso elementos de fijación y soportes para apartamento estándar, con la apartamento para el control y protección de todos los equipos del túnel. Incluido PLC encargado de gestionar todos los mandos motores de los interruptores motorizados, antes disparos intempestivos. No existe posibilidad de instalación de protección contra sobretensiones debido a que necesita alimentación permanente.			
	Total partida 3.3	1,00		181.725,48

**SAI**

3.4	Sistema de Alimentación Ininterrumpida SAI, marca MASTERYS o similar de 60 KVA de potencia con baterías de plomo hermético para una autonomía superior a 30 minutos, con equipo de by-pass y salida serie de información para comunicación. Totalmente instalado y en funcionamiento.			
	Total partida 3.4 (Euros)	1,00	38.565,18	38.565,18

**Batería de Condensadores**

3.5	Batería automática de condensadores para la corrección del factor de potencia hasta 0,96, marca Siemens Serie 400 o similar de 150 KVA, 400/230 V, montaje de equipo en vertical con posibilidad de regulación. Cableado de unión con cuadro general, pequeño material, toma de tierra, etc. Instalada y en funcionamiento			
	Total partida 3.5 (Euros)	1,00	5.280,01	5280,01

**Grupo Electrónico**

3.6	Grupo electrógeno de emergencia Caterpillar 3512 o similar de 1275VA en potencia prime y 1400VA en potencia emergencia, con sistema de escape, tubería y silencioso, sistema de refrigeración incorporado, bancada, cuadro de control, funcionamiento, equipos de medida con salida analógica y digital 230/400V. Depósito de 10.000 litros incluido en la instalación en compartimento aparte por normativa. Instalado y funcionando para alimentar al sistema de ventilación forzada mediante pozos verticales de extracción.			
	Total partida 3.6 (Euros)	1,00	198.643,05	198.643,05

**Caseta Prefabricada**

3.7	Caseta prefabricada para contener el grupo electrógeno, bomba de agua diesel, bomba de agua eléctrica, SAI y Batería de condensadores de dimensiones exteriores (largoxanchoxalto) 10.500x4.500x3.300 mm., formado por: envolvente de hormigón armado vibrado, compuesto por una parte que comprende el fondo y las paredes incorporando puertas y rejillas de ventilación natural, y otra que constituye el techo, estando unidas las armaduras del hormigón entre sí y al colector de tierra. Las puertas y rejillas presentarán una resistencia de 10 kilo-ohmios respecto a la tierra de la envolvente. Pintado con pintura acrílica rugosa de color blanco en las paredes y marrón en techos, puertas y rejillas. Incluso alumbrado normal y de emergencia, elementos de protección y señalización como: banquillo aislante, guantes de protección y placas de peligro de muerte en los accesos al local. Puerta de acceso dimensionada para introducir el grupo electrógeno sin desmontar.			
	Total partida 3.7 (Euros)	1,00	11.801,50	11.801,50
<b>Total capítulo 3 (Euros)</b>				<b>711.705,57</b>

SETECIENTOS ONCE MIL SETECIENTOS CINCO Y CINCUENTA Y SIETE CENTIMOS

**4 ALUMBRADO DEL TÚNEL****4.1 ALUMBRADO INTERIOR****Proyectores Led 98 W**

4.1.1	Proyector tipo LED marca Schreder o similar con consumo de 98 W, base fusible, soporte, accesorios de montaje y manguera de conexión. Incluye alumbrado en ambos túneles y galerías.			
	Total partida 4.1.1	435,00	911,04	396.302,40

**Proyectores Led 129 W**

4.1.2	Proyector tipo LED marca Schreder o similar con consumo de 129 W, base fusible, soporte, accesorios de montaje y manguera de conexión.			
	Total partida 4.1.2	10,00	957,65	9.576,50

**Proyectores Led 179 W**

4.1.3	Proyector tipo LED marca Schreder o similar con consumo de 179 W, base fusible, soporte, accesorios de montaje y manguera de conexión.			
	Total partida 4.1.3	32,00	997,15	31.908,80

**Proyectores Led 212 W**

4.1.4	Proyector tipo LED marca Schreder o similar con consumo de 212 W, base fusible, soporte, accesorios de montaje y manguera de conexión.			
	Total partida 4.1.4	20,00	1042,31	20.846,20

**Proyectores Led 268 W**

4.1.5	Proyector tipo LED marca Schreder o similar con consumo de 268 W, base fusible, soporte, accesorios de montaje y manguera de conexión.			
	Total partida 4.1.5	654,00	1085,33	709.805,82

**Célula Fotoeléctrica**

4.1.6	Célula fotoeléctrica para controlar el alumbrado del interior de los túneles y maniobrar los encendidos y apagados de los sistemas para días nublados y días soleados. Incluido conexión, poste y cableado hasta centro de transformación y aparatos necesarios para maniobra.			
	Total partida 4.1.6	4,00	2628,43	10.513,72

**Tubo Acero Galvanizado**

4.1.7	Tubo acero galvanizado M32, incluido todos los accesorios de montaje			
	Total partida 4.1.7	7580,00	9,03	68.446,40

**Cajas de Derivación**

4.1.8	Cajas de derivación de material termoplástico, IP66, libre de halógenos, resistente al fuego para conductores unipolares o multipolares de sección hasta 4 conductores de 35 mm cuadrados, con porta-fusibles y fusibles térmicos para protección de luminarias y circuitos.			
	Total partida 4.1.8	286,00	312,10	89.260,06

**Luminaria Estanca Fluorescente**

4.1.9	Luminaria estanca fluorescente para iluminación cuartos técnicos, otras estancias. IP65. Montada e instalada con todos los accesorios			
	Total partida 4.1.9 (Euros)	9,00	51,25	461,25

<b>Luminaria Led 6 W</b>				
4.1.10	Luminaria Led 6 W para iluminación de sala de control, con IP65. Montada e instalada con todos los accesorios			
		Total partida 4.1.10 (Euros)	10,00	18,45
				180,45
<b>Regletas Derivación</b>				
4.1.11	Suministro e instalación de regletas de derivación para suministro de energía sin corte de la lía principal.			
		Total partida 4.1.11 (Euros)	2854,00	9,78
				27.912,12
		<b>Total capítulo 4.1 (Euros)</b>		<b>1.365.213,70</b>

UN MILLON TRESCIENTOS SESENTA Y CINCO MIL DOSCIENTOS TRECE Y SETENTA CENTIMOS

**4.2 ALUMBRADO EXTERIOR**

<b>BÁCULOS LUMINARIAS 10 m</b>				
4.2.1	Báculo completo de 10 m. de altura y brazo con caja de conexión y protección, cable interior, pica de tierra, i/cimentación y anclaje, totalmente montado y conexionado.			
		Total partida 4.1.1	68,00	946,88
				64.387,84
<b>Luminarias Led 102 W</b>				
4.2.2	Luminaria tipo LED marca Schreder Teceo o similar con consumo de 102 W, base fusible, soporte, accesorios de montaje y manguera de conexión.			
		Total partida 4.2.2	68,00	895,65
				60.904,20
<b>Célula Fotoeléctrica</b>				
4.2.3	Célula fotoeléctrica para controlar el alumbrado del exterior de los túneles y maniobrar los encendidos y apagados de los sistemas según el nivel de iluminación exterior. La instalación discurre por las mismas zanjas que el alumbrado exterior.			
		Total partida 4.2.3	2,00	101,4p
				202.80
		<b>Total capítulo 4.2 (Euros)</b>		<b>125.494,84</b>

CIENTO VEINTICINCO MIL CUATROCIENTOS NOVENTA Y CUATRO Y OCHETAN Y CUATRO CENTIMOS

**4.3 ALUMBRADO EMERGENCIAS**

<b>Emergencias</b>				
4.3.1	Luminaria de emergencia autónoma de 540 lúmenes, marca Nova 11 W autonomía superior a 1 hora, equipada con batería Ni.Cd estanca de alta temperatura. Según REBT. Montaje e instalación incluida. Dimensionamiento de cableado, tubos acero galvanizado, etc. ya han sido presupuestados en apartado de distribución			
		Total partida 4.3.1	570,00	131,54
				74.977,80
		<b>Total capítulo 4.3 (Euros)</b>		<b>74.977,80</b>

SETENTA Y CUATRO MIL NOVECIENTOS SETENTA Y SIETE Y OCHENTA CENTIMOS

**Total capítulo 4 (Euros)****1.565.686,30**

UN MILLON QUINIENTOS SESENTA Y CINCO MIL SEISCIENTOS OCHENTA Y SEIS Y TREINTA CENTIMOS

**5 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS****5.1 Extinción de Incendios**

<b>Hidrante Enterrado</b>				
5.1.1	Suministro e instalación de hidrante enterrado con arqueta, salida de 70mm, tapón y tapadera metálica. Se instalarán en las entradas y salidas de los túneles y cada 200 metros			
		Total partida 5.1.1	8,00	525,58
				4204,64
<b>BIE</b>				
5.1.2	Boca de incendio equipada con salida de 45mm con llave de bola, armario de poliéster para instalación intemperie, contactos de puerta abierta y manguera de 20 m, alojamiento para extintor polivalente 6 Kg. Totalmente instalada y funcionando.			
		Total partida 5.1.2	33,00	422,63
				13.946,80

<b>Grupo Contra Incendios</b>					
5.1.3	Equipo de presión para agua de extinción de incendios compuesto por una bomba eléctrica de 57,165 KW y 80 m.c.a en la salida más desfavorable, cuadro de protección incluido, valvulería y tuberías totalmente instalado y funcionando	Total partida 5.1.3 (Euros)	1,00	9.628,00	9628,00
<b>Grupo Contra Incendios Diesel</b>					
5.1.4	Equipo de presión para agua de extinción de incendios compuesto por una bomba diésel con potencia de 60,00 KW y 80 m.c.a en la salida más desfavorable. Utilización en caso de incendio y fallo de suministro eléctrico de la bomba eléctrica principal, con cuadro de protección, valvulería y tuberías totalmente instalado y funcionando	Total partida 5.1.4 (Euros)	1,00	11.238.01	11.238,01
<b>Extintor</b>					
5.1.5	Extintor manual de polvo seco polivalente (ABCE) de 6 Kg de capacidad, equipado con manguera difusora. Totalmente instalado y funcionando	Total partida 5.1.5 (Euros)	46,00	48,95	2251,70
<b>Armario Extintor</b>					
5.1.6	Armario poliéster para alojamiento de extintor polivalente totalmente instalado	Total partida 5.1.6 (Euros)	12,00	72,34	868,08
<b>Equipo Extinción Automática</b>					
5.1.7	Equipo extinción automática por gas extintor respirado en sala de grupo electrógeno y sala de transformador, con pulsador de paro y disparo, sirena, equipo de actuación, compuertas cortafuegos en las rejillas de ventilación, cableado de conexión, componentes y unión con la central de detección. Instalado y funcionando.	Total partida 5.1.7 (Euros)	2,00	17.438,19	34.876,38
<b>Tubería Acero 6 “ de diámetro</b>					
5.1.8	Tubería de acero, negra, con piezas, accesorios totalmente instalada y con aislamiento para evitar heladas, incluido tuberías de diámetro más pequeño para la instalación de BIE e Hidrantes.	Total partida 5.1.8 (Euros)	1461,00	198,34	289.774,74
<b>Válvulas de Presión</b>					
5.1.9	Válvulas para regulación de presión en BIEs para obtener una presión de 3 m.c.a con mariposa de acero inoxidable totalmente instalada	Total partida 5.1.9 (Euros)	34,00	95,42	3.244,28
<b>Válvulas de Mariposa</b>					
5.1.10	Válvulas de mariposa general para corte de suministro de agua a la instalación, con mariposa de acero inoxidable totalmente instalada	Total partida 5.1.9 (Euros)	1,00	362,78	362,78
<b>Total capítulo 5.1 (Euros)</b>					<b>370.395,41</b>

TRESCIENTOS SETENTA MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y CINCO Y CUARENTA Y UN CENTIMOS

## 5.2 Detección de Incendios

### 5.2.1 Central detección de incendios y control

5.2.1	Centralita de control para cable detector lineal (cable térmico) con capacidad para instalación de 3 Km, software de funcionamiento, 3 canales independientes para detección en tubo 3 carriles, tubo 2 carriles y galerías y servicios comunes. Totalmente instalada y en funcionamiento	Total partida 5.2.1 (Euros)	1,00	42.732,25	42.732,25
-------	---	-----------------------------	------	-----------	-----------

<b>Detector termovelocimétrico</b>					
5.2.2	Detector óptico termovelocimétrico, con cableado, accesorios, incluida sirena acústica instalado y funcionando.	Total partida 5.2.2 (Euros)	6,00	123,41	740,46

<b>Pulsadores Alarma</b>					
5.2.3	Pulsador de alarma/avisador con cableado, montado instalado y funcionando	Total partida 5.2.3 (Euros)	6,00	38,98	233,88

### Sirena

5.2.4	Sirena para aviso acústico en caso de detección de incendios				
	Total partida 5.2.4 (Euros)	3,00	63,84	191,54	
	<b>Cable térmico</b>				
5.2.5	Cable detector lineal de calor de fibra óptica con cubierta de acero inoxidable, rango de funcionamiento desde los -80º a +90º, elementos de montaje, instalación y accesorios incluidos				
	Total partida 5.2.5 (Euros)	1.280	13,41	17.164,80	
	<b>Total capítulo 5.2 (Euros)</b>				<b>61.062,93</b>
CUARENTA Y TRES MIL OCHOCIENTOS NOVENTA Y OCHO Y TRECE CENTIMOS					
	<b>Total capítulo 5 (Euros)</b>				<b>431.458,34</b>

CUATROCIENTOS TREINTA Y UN MIL CUATROCIENTOS CINCUENTA Y OCHO Y TREINTA Y CUATRO CENTIMOS

## 6 VENTILACIÓN

	<b>Ventilación longitudinal</b>				
6.1	Ventilador longitudinal marca Sodeca o similar de 11 KW de potencia, reversible y con dos velocidades de giro, construido en acero, con motor incorporado, resistente al fuego e índice de protección IP-55. Cableado, instalación, anclajes, soportes etc. Totalmente probado y montado				
	Total partida 6.1	15,00	7.309,45	109.641,75	
	<b>Ventilación forzada</b>				
6.2	Ventilador para pozo de extracción marca Sodeca o similar de 200 KW de potencia, construido en acero, con motor incorporado, resistente la fuego e índice de protección IP-55. Cableado, instalación, anclajes, soportes etc. Probado, montado y funcionando.				
	Total partida 6.2	4,00	101.325,99	405.303,96	
	<b>Sensor</b>				
6.3	Sensores de regulación, detector de vibraciones, elementos auxiliares de ventilación, sondas de temperatura y caudales.				
	Total partida 6.3 (Euros)	9,00	4.367,23	9628,00	
	<b>Sistema Protección Comunicación Túneles</b>				
6.4	Compuerta cortafuegos de cierre de conductos de comunicación entre túneles para evitar la propagación de fuego. Totalmente instalado y montado				
	Total partida 6.4 (Euros)	3,00	856,21	2.568,63	
	<b>Total capítulo 6 (Euros)</b>				<b>527.142,34</b>

QUINIENTOS VEINTISIETE MIL CIENTO CUARENTA Y DOS Y TREINTA Y CUATRO CENTIMOS

## 7 MEGAFONÍA

	<b>Altavoz</b>				
7.1	Altavoz megafonía de 10 W. montado en túneles cada 50 metros con todo lo necesario para su instalación.				
	Total partida 7.1(Euros)	27,00	178,33	4.814,91	
	<b>Unidad de Potencia</b>				
7.2	Instalación de unidad de potencia de 360W para funcionamiento de la instalación.				
	Total partida 7.2(Euros)	1,00	4.321,34	4.321,34	
	<b>Interfaz analógico-digital</b>				
7.3	Reproductor de mensajes de voz con componentes, instalado y funcionando				
	Total partida 7.3 (Euros)	1,00	1.270,31	1.270,31	
	<b>Pupitre microfónico</b>				
7.4	Pupitre microfónico para la reproducción de mensajes a través de la megafonía, instalado y funcionando				
	Total partida 7.4 (Euros)	1,00	356,21	356,21	
	<b>Fuentes de alimentación</b>				
7.5	Fuentes de alimentación y todo tipo de accesorios, elementos etc. necesarios para el funcionamiento correcto de la instalación				



		Total partida 7.5 (Euros)	2,00	195,33	390,66
7.6	<b>Cableado megafonía</b> Cableado de megafonía necesario para el funcionamiento de la instalación de 2x2,5 mm <sup>2</sup> con cable paralelo.	Total partida 7.6 (Euros)	1467,00	2,47	3623,49
<b>Total capítulo 7 (Euros)</b>					<b>14.776,92</b>

CATORCE MIL SETECIENTOS SETENTA Y SEIS Y NOVENTA Y DOS CENTIMOS

## 8 GUIADO DEL TRÁFICO

### 8.1 Señalización Eléctrica

#### 8.1.1 Panel de Mensaje Variable PMV exterior

Panel de mensaje variable de Led para la comunicación al tráfico de las circunstancias de la vía, incluido componentes, accesorios, cableado, soporte etc. Totalmente instalado y montado

Total partida 8.1.1(Euros) 2,00 64.398,20 128.796,40

#### 8.1.2 Panel de Mensaje Variable Interior

Panel de mensaje variable de Led para la comunicación al tráfico de las circunstancias de la vía, incluido componentes, accesorios, cableado, soporte para instalación en bóveda. Totalmente instalado y montado

Total partida 8.1.2(Euros) 2,00 46.111,34 92.222,68

#### 8.1.3 Señal Oculta Aspa-Flecha

Señal oculta de fibra óptica para carril túnel con flecha verde o aspa roja para la utilización de cada uno de los carriles.

Total partida 8.1.3 (Euros) 10 3.668,10 36.680,10

#### 8.1.4 Semáforo

Semáforo de tres aspectos de Led, toma de tierra, columna de fundición, cimentación columna,

Total partida 8.1.4 (Euros) 4,00 947,97 3.791,88

#### 8.1.5 Regulador Electrónico 2 Grupos

Regulador electrónico, sincronizable, coordinable y centralizable para 2 grupos semafóricos, totalmente instalado y programado, incluso armario exterior.

Total partida 8.1.5 (Euros) 2,00 4.232,12 8.464,24

#### 8.1.6 Barrera

Barrera motorizada de control de acceso a túneles, telemandada, cuadro de mando y control, soporte. Etc. Totalmente montada, conexionada y funcionando

Total partida 8.1.6 (Euros) 4,00 3.125,00 12.500,00

#### 8.1.7 Postes SOS

Poste SOS completo, con armario, bastidores, puertas, tornillería, cerraduras, punto de SOS para las comunicaciones, letrero luminoso, toma de tierra, cuadro eléctrico, montaje e instalación incluida.

Total partida 8.1.7 (Euros) 14,00 5.174,82 72.447,48

### Total capítulo 8.1 (Euros)

**354.902,78**

TRESCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO MIL NOVECIENTOS DOS Y SETENTA Y OCHO CENTIMOS

### 8.2 SEÑALIZACIÓN VIAL

#### 8.2.1 Señal Fija

Señal fija interior y exterior de 600 mm homologada, incluido soporte, fijación e instalación.

Total partida 8.2.1(Euros) 20,00 90,45 1.809,00

#### 8.2.2 Panel Chapa Túnel

Panel de chapa para la entrada de ambos túneles según la normativa y descripción de la DGT, indicando longitud del túnel, con cimentación, soporte e instalación.

Total partida 8.2.2(Euros) 2,00 998,54 1.997,08

#### Panel Chapa Túnel

8.2.3	Panel de chapa para la entrada de ambos túneles según la normativa descripción de la DGT, indicando velocidad máxima, separación de vehículos, con cimentación, soporte e instalación.	Total partida 8.2.3 (Euros)	2,00	998,54	1.997,08
-------	--	-----------------------------	------	--------	----------

**Captafaros**

8.2.4	Captafaros instalado en el hastial de ambos túneles.	Total partida 8.2.4 (Euros)	480,00	1,08	518,40
-------	--	-----------------------------	--------	------	--------

**Total capítulo 8.2 (Euros)****6.321,56**

SEIS MIL TRESCIENTOS VEINTIUNO Y CINCUENTA Y SEIS CENTIMOS

**8.3 Señalización Evacuación de Emergencias**

8.3.1	Rótulo luminoso banderola Rótulo luminoso banderola, con batería autónoma de duración superior a 1 h, con luminarias Led, grado de protección IP55, soporte, accesorios. Instalado encima de cada poste SOS y en salidas de emergencia con todos sus componentes.	Total partida 8.3.1(Euros)	18,00	654,32	11.777,76
-------	--	----------------------------	-------	--------	-----------

8.3.2	Señal fotoluminiscente Señal fotoluminiscente especial para entornos de túneles, con diferentes pictogramas (salida de emergencia, flechas indicado el camino de evacuación, etc.) instalada.	Total partida 8.3.2(Euros)	48,00	98,11	4.709,28
-------	--	----------------------------	-------	-------	----------

8.3.3	Señal fotoluminiscente Señal fotoluminiscente especial para entornos de túneles, con pictograma "salida" totalmente instalada	Total partida 8.3.3 (Euros)	6,00	43,21	259,26
-------	--	-----------------------------	------	-------	--------

8.3.4	Captafaros Captafaros instalado en el hastial de ambos túneles.	Total partida 8.3.4 (Euros)	480,00	1,08	518,40
-------	--	-----------------------------	--------	------	--------

**Total capítulo 8.3 (Euros)****17.264,70**

DIECISIETE MIL DOSCIENTOS SESENTA Y CUATRO Y SETENTA CENTIMOS

**Total capítulo 8 (Euros)****378.399,04**

TRESCIENTOS SETENTA Y OCHO MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y NUEVE Y CUATRO CENTIMOS

**9 PUERTAS EMERGENCIAS****Puertas Peatonales**

9.1	Puertas peatonales de emergencias metálicas galvanizadas de hojas de 1000x2150 con barras antipánico incluidas. Montaje e instalación	Total partida 9.1(Euros)	6,00	1.812,00	10.872,00
-----	---	--------------------------	------	----------	-----------

**Puertas Paso Vehículos**

9.2	Puertas para paso de vehículos metálicas galvanizadas corredera de cuatro hojas de 100x4500 mm cortafuegos, con puertas de personas de 800x2150 mm con barras antipánico incluidas. Montaje e instalación	Total partida 9.2(Euros)	3,00	13.150,00	39.450,00
-----	---	--------------------------	------	-----------	-----------

**Total capítulo 9 (Euros)****50.322,00**

CINCUENTA MIL TRESCIENTOS VEINTI DOS Y CERO CENTIMOS

**10 SALA DE CONTROL****Sala de Control**

10.1	Adecuación sala de control, construcción de paredes, lucido y preparado.	Total partida 10.1(Euros)	1,00	4.133,90	4.123,90
------	--	---------------------------	------	----------	----------

**Equipos de Control**

10.2	Equipos de control para el funcionamiento del túnel e transmisión de información, (ordenador, software, controlador SOS, monitores, servidores, mobiliario, etc.)	Total partida 10.2(Euros)	1,00	263.037,33	263.037,33
------	---	---------------------------	------	------------	------------

**Total capítulo 10 (Euros) 267.161,23**

DOSCIENTO SESENTA Y SIETE MIL CIENTO SESENTA Y UNO Y VEINTITRES CENTIMOS

**11 GESTIÓN DE RESIDUOS**

11.1	ud Partida Alzada de Gestión de Residuos de Construcción y demolición, para reutilización en obra de estos.	Total partida 11.1(Euros)	1,00	4.890,45	4.890,45
11.2	ud Partida Alzada de Gestión de Residuos de Construcción y demolición, para reciclaje en planta, alquiler de contenedor de recogida, traslado y separación y tratamiento de residuos.	Total partida 11.2(Euros)	1,00	16.389,89	16.389,89
<b>Total capítulo 11 (Euros)</b>					<b>21.280,34</b>

VENTIUN MIL DOSCIENTO OCHENTA Y TREINTA Y CUATRO CENTIMOS

**12 SEGURIDAD Y SALUD**

12.1	Partida alzada para Seguridad y Salud.(donde se incluye todo lo necesario para esta partida, como alquiler de caseta de obra, aseos, señales de seguridad, etc)	Total partida 12.1(Euros)	1,00	116.820,00	116.820,00
<b>Total capítulo 12 (Euros)</b>					<b>116.820,00</b>

CIENTO DIECISEIS MIL OCHOCIENTOS VEINTE Y CERO CENTIMOS

**13 PLAN DE CONTROL**

13.1	Partida alzada para Plan de control.(control de materiales en obra, así como mediciones de tierra, aislamiento, continuidad, pruebas en las instalaciones, ensayos, verificaciones, manuales y documentación )	Total partida 13.1(Euros)	1,00	55.154,50	55.154,50
<b>Total capítulo 13 (Euros)</b>					<b>55.154,50</b>

CINCUENTA Y CINCO MIL CIENTO CINCUENTA Y CUATRO Y CINCUENTA CENTIMOS

**TOTAL PRESUPUESTO (Euros) 4.801.371,90**

CUATRO MILLONES OCHOCIENTOS UN MIL TRESCIENTOS SETENTA Y UNO Y NOVENTA CENTIMOS

**B.-Cuadro Resumen del Presupuesto**

Descripción	Importe Euros
1 ALTA TENSIÓN	128.985,72
...1.1 ... LINEA DE MEDIA TENSIÓN	39.820,00...
...1.2 ...CENTRO DE SECCIONAMIENTO	42.103,96...
...1.3 ...CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	47.061,76...
2 REDES DE DISTRIBUCIÓN Y CABLEADO	532.479,57
3 BAJA TENSIÓN	711.705,57
4 ALUMBRADO DEL TÚNEL	1.565.686,30
...4.1 ALUMBRADO INTERIOR	1.365.213,70..
...4.2 ...ALUMBRADO EXTERIOR	125.494,84...
...4.3 ...ALUMBRADO EMERGENCIA	74.977,80...
5 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	431.458,34
...5.1 ...EXTINCIÓN DE INCENDIOS	370.395,41...
...5.2 ...DETECCIÓN DE INCENDIOS	61.062,93...
6 VENTILACIÓN	527.142,34
7 MEGAFONÍA	14.776,92
8 GUIADO DEL TRÁFICO	378.399,04
...8.1 ...SEÑALIZACIÓN ELÉCTRICA	354.902,78...
...8.2 ... SEÑALIZACIÓN VIAL	6.321,56...
...8.3 ...SEÑALIZACIÓN EVACUACIÓN DE EMERGENCIAS	17.264,70...
9 PUERTAS DE EMERGENCIAS	50.322,00
10 SALA DE CONTROL	267.161,23
11 GESTIÓN RESIDUOS	21.280,34
12 SEGURIDAD Y SALUD	116.820,00
13 PLAN DE CONTROL	55.154,50
<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>4.801.371,90</b>
Gastos generales 13%	624.178,35
Beneficio industrial 6 %	217.022,01
Parcial	5.642.572,30
Impuesto valor añadido 21 %	1.184.940,20
<b>TOTAL ADJUDICACIÓN</b>	<b>6.827.512,50</b>
Asciende el presente presupuesto a la expresada cantidad de:	
<b>SEIS MILLONES OCHOCIENTOS VEINTISIETE MIL QUINIENTOS DOCE Y CINCUENTA CENTIMOS</b>	

**C. Nombre, fecha y firma**

Coria, Marzo de 2015

El alumno.

Fdo: José Ignacio Alcoba Iglesias.