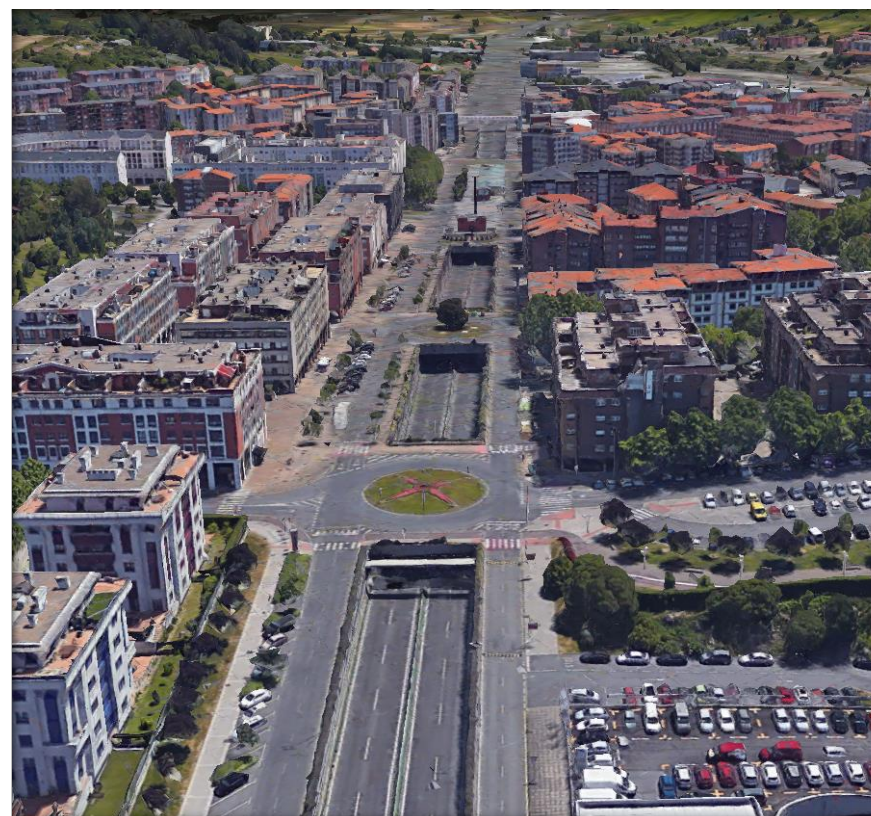


PROYECTO CONSTRUCTIVO DE ADECUACIÓN DEL TÚNEL DE LA AVANZADA EN LA BI-637

Nº EX.: 2020/004/073/10

PROYECTO DE ADECUACIÓN DEL TÚNEL DE LA AVANZADA EN LA BI-637



Anejo 07 - Energía y alumbrado

Control de firmas

Realizado	Aprobado
David Herrera diez / Javier Vazquez Rey	Jorge Alcalde Bezhold
Fecha y Firma	Fecha y Firma
No precisa firma si está aprobado electrónicamente mediante ruta	

Información del Documento	
Código Documento	P0210L59-ATA-AP-EM-AN-0007
Referencia	P0210L59

Registro de cambios

[illegible]

INDICE

1	INTRODUCCIÓN Y OBJETO	5	3.6	Cuadro Sistema Alimentación Ininterrumpida	11
2	MEDIA TENSIÓN	5	4	CABLEADO Y CANALIZACIONES	11
2.1	Introducción	5	4.1	Conductores	11
2.2	Reglamentación y disposiciones oficiales	5	4.2	Canalizaciones eléctricas	12
2.3	Fases de ejecución del proyecto	5	4.2.1	Canalización para cables AT	12
2.4	Acometidas propuestas por IBERDROLA y redundancia.....	6	4.2.2	Canalización para cables BT	12
2.5	Solución adoptada.....	6	5	CUARTOS TÉCNICOS	13
2.6	Especificaciones técnicas para líneas de A.T	7	5.1	Introducción	13
2.6.1	Condiciones generales	7	5.2	Descripción funcional.....	13
2.6.2	Cables	7	5.3	Descripción de los equipos	13
2.6.3	Accesorios	7	6	ILUMINACIÓN.....	14
2.7	Canalización de cables aislados en instalación enterrada entubada	7	6.1	Requisitos del decreto foral 135/2006 de seguridad de túneles de carreteras (tipo de túnel)	14
2.8	Sistema de puesta a tierra	7	6.2	Normativa de referencia	14
2.9	Cruzamientos, proximidades y paralelismos	8	6.3	Datos e hipótesis de partida	14
2.10	Intensidades admisibles	8	6.3.1	Datos de partida	14
2.10.1	Intensidades máximas permanentes en los conductores	8	6.3.2	Asunciones tenidas en cuenta en los cálculos	15
2.10.2	Intensidades de cortocircuito máximas admisibles en los conductores	8	6.4	Cálculos de alumbrado	15
2.10.3	Intensidades de cortocircuito máximas admisibles en las pantallas de cables de aislamiento seco	8	6.4.1	Cálculo de la distancia de parada. DP	15
2.11	Protecciones.....	8	6.4.2	Intensidad Media Horaria. IMH	16
2.11.1	Protección contra sobreintensidades	8	6.4.3	Luminancia en el interior del túnel. Lin	16
2.11.2	Protección contra cortocircuitos	8	6.4.4	Luminancia L ₂₀ en zona de acceso. L ₂₀	16
2.11.3	Protecciones contra sobrecargas	8	6.4.5	Luminancia en zona umbral. L _{th}	16
2.12	Centros de transformación.....	8	6.4.6	Luminancia de la zona de transición. L _{tr}	17
2.13	Resumen de cargas	9	6.4.7	Resultados	17
2.14	Puesta a tierra de los centros de transformación	9	6.4.8	Alumbrado nocturno	17
2.14.1	Tierra de herrajes del C.T. (Tierra de protección).....	9	6.4.8.1	Alumbrado en la carretera de acceso.....	17
2.14.2	Tierra del neutro del transformador (Tierra de Servicio)	9	6.4.8.1.1	Antecedentes	17
2.14.3	Separación entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización (receptores de alumbrado) y de las masas de un centro de transformación	9	6.4.8.1.2	Necesidades de Alumbrado según REEIAE	17
2.15	Control, supervisión, monitorización y mando	9	6.4.8.2	Resultados	18
3	BAJA TENSIÓN.....	10	6.4.9	Alumbrado en la zona de salida (refuerzo)	18
3.1	Reglamentación y disposiciones oficiales.....	10	6.4.10	Alumbrado de la zona de partida (exterior)	18
3.2	Cuadro general de baja tensión de CT 1 (C.G.B.T - 1).....	10	6.4.11	Alumbrado de emergencia por interrupción del servicio eléctrico	18
3.3	Cuadro general de baja tensión de CT 2 (C.G.B.T - 2).....	10	6.4.12	Alumbrado de evacuación en caso de incendio	18
3.4	Motores de ventilación.....	10	6.5	Control de alumbrado	18
3.4.1	Ventiladores de Chorro.....	10	6.6	Estudios lumínicos.....	19
3.4.2	Ventiladores de las salidas de emergencia	11	6.6.1	Control del Efecto Flicker	19
3.5	Grupo electrógeno	11	6.6.2	Guiado visual	19
			6.7	Descripción de la solución Propuesta	19

FIGURAS

Figura 1: Red distribución 13,2kV Zona Leioa 6

Figura 2: Esquema unifilar MT simplificado propuesto 6

Figura 3: Clasificación de túneles atendiendo a los factores de riesgo principales: nivel de servicio y longitud 14

Figura 4: Sección transversal túnel 15

Figura 5: Relación entre las zonas de acceso, umbral y de transición 15

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETO

El 3 de marzo de este año 2020 la Diputación Foral de Bizkaia publicó el primer documento para licitar los trabajos de ASISTENCIA TÉCNICA PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO CONSTRUCTIVO DE ADECUACIÓN DEL TÚNEL DE LA AVANZADA EN LA BI- 637, siendo adjudicados el 22 de septiembre del 2020 a SENER, INGENIERÍA Y SISTEMAS, S.A. y formalizándose mediante la resolución 2020-004-073-10.

El objeto del presente documento es explicar la configuración adoptada en el esquema eléctrico de alimentación, así como su dimensionamiento y la ubicación de los cuartos eléctricos. Se describen las canalizaciones previstas, tanto de interconexión entre centros de transformación, como de distribución eléctrica a las cargas. También se describe las características principales de los elementos eléctricos, incluido todo lo relacionado con el diseño del alumbrado.

En el documento se explica la solución propuesta por la distribuidora eléctrica de la zona (Iberdrola) y la localización de los puntos de acometida. También se justifica la solución adoptada basada en las tres fases de ejecución que tendrá el túnel, y las exigencias de las instrucciones técnicas de seguridad y explotación del Decreto Foral 91/2012 de Seguridad de túneles en carreteras de la DFB. (Pendiente de aprobación la revisión)

El presente documento define las bases del diseño eléctrico que deben tenerse en cuenta para realizar el proyecto constructivo.

2 MEDIA TENSIÓN

2.1 Introducción

Este documento describe las soluciones adoptadas para el diseño de la aparamenta de AT del proyecto. Este diseño está condicionado por la separación de la construcción del proyecto en tres fases separadas en el tiempo, así como por la clasificación del túnel.

2.2 Reglamentación y disposiciones oficiales

Para la elaboración del Proyecto se ha tenido en cuenta la siguiente normativa:

- Ley 54/1997 de 27 de noviembre del Sector Eléctrico.
- 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.
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.
- Decreto Foral de la Diputación Foral de Bizkaia 91/2012, de 24 de abril, por el que se aprueban las Instrucciones Técnicas de Seguridad y Explotación en Túneles de Carreteras
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23, así como sus Guías Técnicas de Aplicación si las hubiera.
- Real Decreto 223/2008, 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 ITC-LAT01 a 09, así como sus Guías Técnicas de Aplicación.
- Asimismo, serán también de aplicación las Especificaciones Particulares de las Empresas Suministradoras, Proyectos Tipo y Especificaciones Particulares de las Empresas de Transporte y Distribución de Energía Eléctrica (artículos 13 y 15 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión) que hayan sido aprobadas mediante resolución del órgano directivo competente del Ministerio de Industria, Economía y Competitividad.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
- Escrito de Adaptación (junio 2016) del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (Real Decreto 842/2002) tras la publicación del Reglamento Delegado 2016/364, que establece las clases posibles de reacción al fuego de los cables eléctricos.
- Real Decreto 842/2013, de 31 de octubre, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego.
- Orden Circular 36/2015 sobre Criterios a Aplicar en la Iluminación de Carreteras a Cielo Abierto y Túneles, publicada por el Ministerio de Fomento.

2.3 Fases de ejecución del proyecto

El proyecto se ejecutará en tres fases separadas en el tiempo.

En la fase 1 se ejecutará únicamente el centro de transformación de la boca lado Bilbao, construyéndose las galerías de evacuación situadas en las proximidades de dicho centro de transformación.

En la fase 2, se ejecutará el centro de transformación de la boca lado Getxo construyéndose las galerías de evacuación situadas en las proximidades de dicho centro de transformación, así como la línea de interconexión entre los dos centros de transformación.

Anejo 07 - Energía y alumbrado

En la fase 3 se ejecutará la cubrición total del túnel, instalando los ventiladores de chorro en las dos bocas.

El túnel de la Avanzada, tras la fase final de ejecución, se clasificará como túnel de tipo 1. (Debido a su intensidad media diaria de vehículos y longitud). Esta clasificación exige la instalación de un sistema eléctrico que tenga de una doble alimentación independiente en alta tensión.

2.4 Acometidas propuestas por IBERDROLA y redundancia

Se ha solicitado a la compañía distribuidora de la zona, IBERDROLA, dos acometidas eléctricas independientes en AT, situadas en las proximidades de los dos centros de transformación, cada uno situado en cada una de las bocas del túnel actual.

Tras dicha petición de dos acometidas en AT de 1300kVA a IBERDROLA, hemos obtenido respuesta afirmativa de la compañía. Las referencias de dichas peticiones son los números: 9039814540 y 9039814629.

IBERDROLA propone dos centros de seccionamiento en su red de 13,2 kV. Los dos (2) centros de seccionamiento propuestos por Iberdrola se instalan en dos circuitos diferentes del sistema de 13.2kV de la zona, y en las proximidades de las bocas actuales. Esta red de distribución de 13,2 kV forma una malla entre las subestaciones STR LIBOA, STR FADURA y STR LAMIAKO. Cualquiera de los dos circuitos donde está previsto instalar los dos centros de seccionamiento proyectados, pueden ser alimentados desde las tres subestaciones transformadoras de reparto (STR).

Por lo tanto, podemos concluir que dichas acometidas de AT pueden ser consideradas como independientes, debido al alto nivel de redundancia entre ellas.

Adjuntamos un esquema sinóptico, en el que representamos la localización de los centros de maniobra /seccionamiento propuestos por IBERDROLA dentro de la red de 13,2kV de la zona de Leioa.

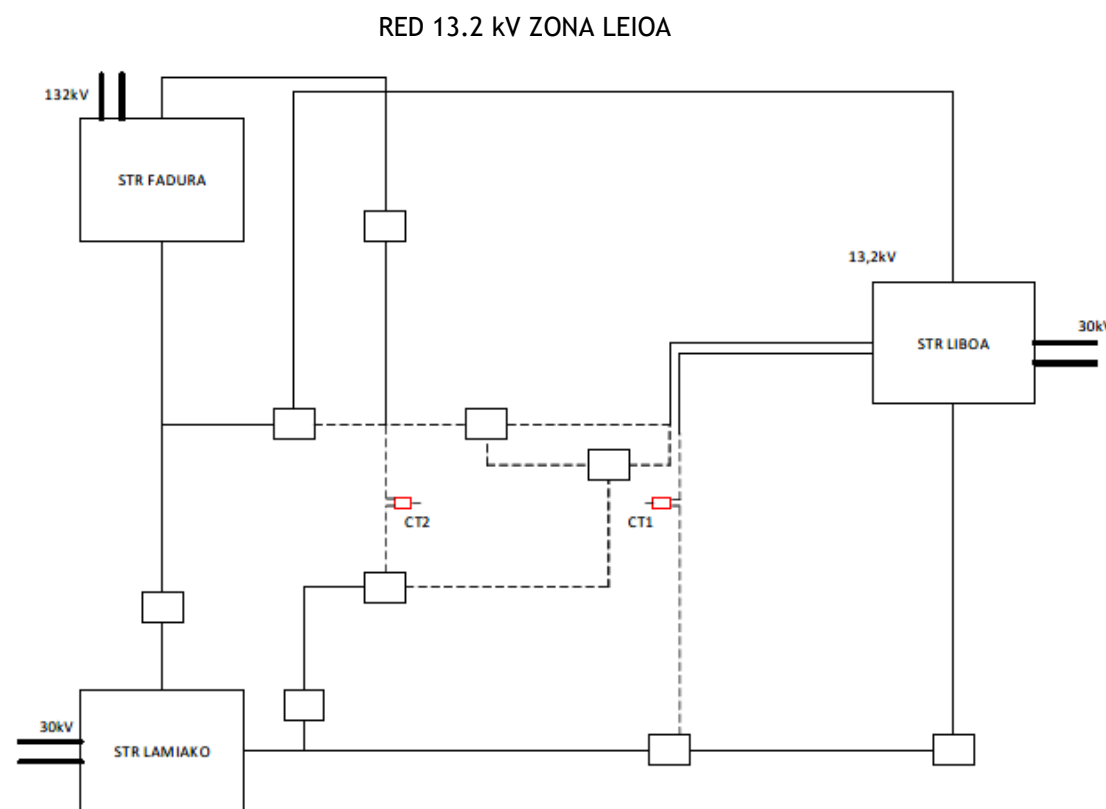


Figura 1: Red distribución 13,2kV Zona Leioa

2.5 Solución adoptada

Durante la fase 1, únicamente se construirá el primer centro de transformación. Por lo tanto, únicamente habrá disponible una acometida eléctrica en AT para alimentar a la instalación del túnel. Esto hace necesario la instalación de otra fuente de energía redundante para alimentar las cargas esenciales del túnel durante la fase 1. De acuerdo a las instrucciones técnicas de seguridad y explotación en túneles de carreteras (DF 91/2012), para paliar la falta de la segunda alimentación independiente, se adoptará una configuración de alimentación propia de un túnel tipo 2, incorporando un grupo electrógeno para suplir la ausencia de la segunda alimentación independiente.

Durante la fase 2, se construirá el segundo centro de transformación, similar al centro de transformación de la fase 1, utilizando la segunda acometida en 13,2 kV, independiente eléctricamente de la primera.

Se instalará un único grupo de celdas en cada centro de transformación. Cada grupo de celdas dispondrá de una celda de salida para alimentar al centro de transformación opuesto mediante una línea de interconexión en AT, así como una celda de llegada para recibir la línea de interconexión desde el otro centro de transformación. Cada acometida en AT desde los centros de seccionamiento estará dimensionada para alimentar a los dos centros de transformación simultáneamente.

Existirá un sistema automático de conmutación de acometida de AT, lo que unido a la instalación de los grupos electrógenos, evita la necesidad de instalar doble transformador y cuadro de BT en los centros de transformación, de acuerdo al DF 91/2012.

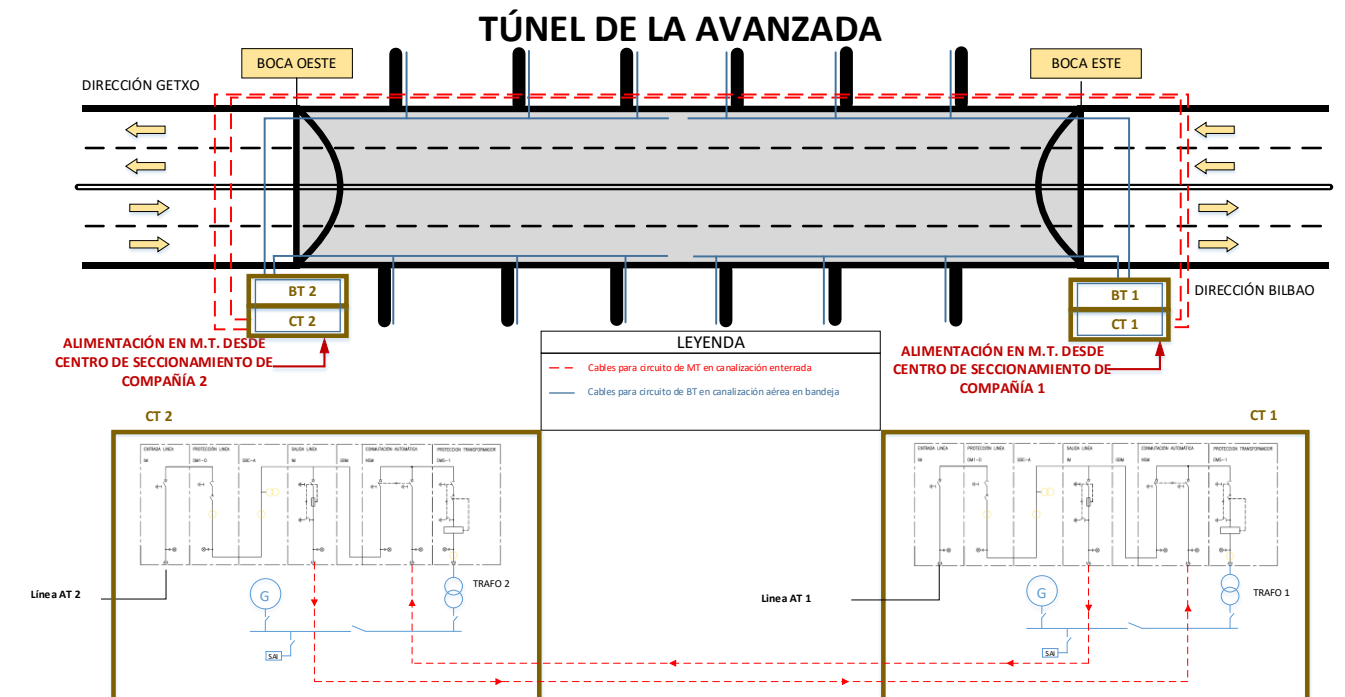


Figura 2: Esquema unifilar MT simplificado propuesto

Las líneas de interconexión de 13,2kV entre los centros de transformación no irán canalizadas por el interior del túnel sino en una zanja en superficie.

Es preciso hacer notar que no existen cables en alta tensión resistentes al incendio por lo que para evitar que estas líneas se vean afectadas por un incendio se canalizarán entubadas en un dado de hormigón y a una profundidad, mínima de 600mm.

La solución adoptada para la ejecución de las líneas será enterrada en conducción bajo tubo de polietileno corrugado, siguiendo lo dispuesto en REAL DECRETO 223/2008, 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 su instrucción técnica complementaria ITC-LAT 06.

Las líneas de interconexión entre los centros de transformación estarán dimensionadas para la potencia requerida por cada centro de transformación en funcionamiento a máxima potencia.

Por lo tanto, de acuerdo al DF 91/2012, se implantarán las siguientes medidas para garantizar el suministro eléctrico al túnel.

- Redundancia de alimentación en AT. Se dispondrá de dos alimentaciones en AT independientes (posibilidad de distinta subestación de origen), estando interconectadas ambas acometidas a través de un sistema de transferencia automática. Las dos líneas de alimentación en AT no compartirán canalización eléctrica y vendrán de centros de seccionamiento distintos. Esta medida estará disponible a partir de la Fase 2.
- Conmutación automática de cambio de alimentación en AT. Se dispondrá de un cambio de acometida en AT en cada centro de transformación, de manera que se podrá alimentar la totalidad de las cargas del túnel, desde cualquiera de las dos alimentaciones independientes suministradas por la compañía distribuidora. Esta medida estará disponible a partir de la Fase 2.
- Grupos electrógenos. Se instalará un grupo electrógeno en cada uno de los centros de transformación. En caso de fallo del transformador del centro de transformación, el grupo electrógeno alimentará a las cargas esenciales del túnel. Esta medida se instalará en la fase 1 para el CT1 y en la fase 2 para el CT2.
- Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI). Los servicios y alumbrado considerados de emergencia dispondrán de un SAI con una autonomía de una hora, de forma que las baterías del SAI aseguren la alimentación eléctrica durante el tiempo que necesite el generador para arrancar u operaciones de conmutación de líneas o transformadores y dar la potencia necesaria a los servicios que se hayan considerado de emergencia durante este periodo. Esta medida se instalará en la fase 1 para el CT1 y en la fase 2 para el CT2.

2.6 Especificaciones técnicas para líneas de A.T

Las ITC, tablas, etc., a las que se hace referencia en este apartado son las incluidas en REAL DECRETO 223/2008, 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 ITC-LAT 01 a 09.

2.6.1 Condiciones generales

Las principales características serán:

- Tensión nominal 12/20 kV
- Tensión más elevada 24 kV
- Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo 125 kV
- Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial 50 kV

Los materiales y su montaje cumplirán con los requisitos y ensayos de las normas UNE aplicables de entre las incluidas en la ITC-LAT 02 y demás normas y especificaciones técnicas aplicables. En el caso de que no exista norma UNE, se utilizarán las Normas Europeas (EN o HD) correspondientes y, en su defecto, se recomienda utilizar la publicación CEI correspondiente (Comisión Electrotécnica Internacional).

2.6.2 Cables

Los cables utilizados en las redes subterráneas tendrán los conductores de aluminio y estarán aislados con materiales adecuados a las condiciones de instalación y explotación manteniendo, con carácter general, el mismo tipo de aislamiento de los cables de la red a la que se conecten. Estarán debidamente apantallados, y protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se instalen o la producida por corrientes erráticas, y tendrán resistencia mecánica suficiente para soportar las acciones de instalación y tendido y las habituales después de la instalación. Se exceptúan las agresiones mecánicas procedentes de maquinaria de obra pública como excavadoras, perforadoras o incluso picos. Los cables serán unipolares.

2.6.3 Accesorios

Los accesorios serán adecuados a la naturaleza, composición y sección de los cables, y no deberán aumentar la resistencia eléctrica de éstos. Los accesorios deberán ser asimismo adecuados a las características ambientales (interior, exterior, contaminación, etc.).

2.7 Canalización de cables aislados en instalación enterrada entubada

Las canalizaciones se dispondrán, en general, por terrenos de dominio público en suelo urbano o en curso de urbanización que tenga las cotas de nivel previstas en el proyecto de urbanización (alineaciones y rasantes), preferentemente bajo las aceras y se evitarán los ángulos pronunciados. El trazado será lo más rectilíneo posible, a poder ser paralelo en toda su longitud a las fachadas de los edificios principales o, en su defecto, a los bordillos. Así mismo, deberá tenerse en cuenta los radios de curvatura mínimos que pueden soportar los cables sin deteriorarse, a respetar en los cambios de dirección.

Los cables se dispondrán de la forma que se indican a continuación.

La profundidad, hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie, no será menor de 0,6 metros en acera o tierra, ni de 0,8 metros en calzada. Estarán construidas por tubos de material sintético, de cemento y derivados, o metálicos, hormigonadas en la zanja, con tal que presenten suficiente resistencia mecánica. El diámetro interior de los tubos no será inferior a vez y media el diámetro exterior del cable o del diámetro aparente del circuito en el caso de varios cables instalados en el mismo tubo. El interior de los tubos será liso para facilitar la instalación o sustitución del cable o circuito averiado. No se instalará más de un circuito por tubo. Si se instala un solo cable unipolar por tubo, los tubos deberán ser de material no ferromagnético.

Antes del tendido se eliminará de su interior la suciedad o tierra garantizándose el paso de los cables mediante mandrilado acorde a la sección interior del tubo o sistema equivalente. Durante el tendido se deberán embocar correctamente para evitar la entrada de tierra o de hormigón.

Se evitará, en lo posible, los cambios de dirección de las canalizaciones entubadas respetando los cambios de curvatura indicados por el fabricante de los cables. En los puntos donde se produzcan, para facilitar la manipulación de los cables podrán disponerse arquetas con tapas registrables o no. Con objeto de no sobrepasar las tensiones de tiro indicadas en las normas aplicables a cada tipo de cable, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro en aquellos casos que lo requieran. A la entrada de las arquetas, las canalizaciones entubadas deberán quedar debidamente selladas en sus extremos.

Para proteger el cable frente a excavaciones hechas por terceros, los cables deberán tener una protección mecánica que en las condiciones de instalación soporte un impacto puntual de una energía de 20 J Y que cubra la proyección en planta de los cables, así como una cinta de señalización que advierta la existencia del cable eléctrico de AT Se admitirá también la colocación de placas con doble misión de protección mecánica y de señalización.

2.8 Sistema de puesta a tierra

Las pantallas metálicas de los cables se conectarán a tierra, por lo menos en una de sus cajas terminales extremas. Cuando no se conecten ambos extremos a tierra, el proyectista deberá justificar en el extremo no conectado que las tensiones provocadas por el efecto de las faltas a tierra o por inducción de tensión entre la tierra y pantalla, no producen una tensión de contacto aplicada superiores al valor indicado en la ITC-LAT 07, salvo que en este extremo la pantalla esté protegida por envolvente metálica puesta a tierra o sea inaccesible. Asimismo, también deberá justificar que el aislamiento de la cubierta es suficiente para soportar las tensiones que pueden aparecer en servicio o en caso de defecto.

2.9 Cruzamientos, proximidades y paralelismos

Los cables subterráneos enterrados directamente en el terreno deberán cumplir los requisitos señalados en el presente apartado del REAL DECRETO 223/2008, 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 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 AT.

2.10 Intensidades admisibles

2.10.1 Intensidades máximas permanentes en los conductores

Tubos de gran longitud: En el caso de una línea con un terno de cables unipolares por el mismo tubo, se utilizarán los valores de intensidades indicados en la tabla 12 de la ITC-LAT-06 del R.D. 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión, calculados para una resistividad térmica del tubo de 3,5 Km/W y para un diámetro interior del tubo superior a 1,5 veces del diámetro equivalente de la terna de cables unipolares.

Tubos de corta longitud: Se entiende por corta longitud, canalizaciones tubulares que no superen longitudes de 15 m (cruzamientos de caminos, carreteras, etc.). En este caso, si el tubo se rellena con aglomerados especiales, no será necesario aplicar coeficiente de corrección de intensidad alguno.

2.10.2 Intensidades de cortocircuito máximas admisibles en los conductores

Las intensidades máximas de cortocircuito admisibles en los conductores se calcularán de acuerdo con la Norma UNE 21192.

2.10.3 Intensidades de cortocircuito máximas admisibles en las pantallas de cables de aislamiento seco

Las intensidades de cortocircuito máximas admisible en las pantallas de los cables de aislamiento seco varían de forma notable con el diseño del cable. Esta variación depende del tipo de cubierta, del diámetro de los hilos de pantalla, de la colocación de estos hilos, etc. Por este motivo no puede usarse una tabla general única.

El cálculo será realizado siguiendo la norma UNE 211003 y aplicando el método indicado en la Norma UNE 21192. Los valores obtenidos no dependerán del tipo de aislamiento, ya que en el cálculo intervienen sólo las capas exteriores de la pantalla. La norma UNE 211435 no será de aplicación para estos cálculos. El dimensionamiento mínimo de la pantalla será tal que permita el paso de una intensidad mínima de 1863 A durante 1 segundo.

2.11 Protecciones

2.11.1 Protección contra sobreintensidades

Las líneas deberán estar debidamente protegidas contra los efectos peligrosos, térmicos y dinámicos que puedan originar las sobreintensidades susceptibles de producirse en la instalación, cuando éstas puedan dar lugar a averías y daños en las citadas instalaciones.

Las salidas de línea deberán estar protegidas contra cortocircuitos y, cuando proceda, contra sobrecargas. Para ello se colocarán cortocircuitos fusibles o interruptores automáticos, con emplazamiento en el inicio de las líneas. Las características de funcionamiento de dichos elementos corresponderán a las exigencias del conjunto de la instalación de la que el cable forme parte integrante, considerando las limitaciones propias de éste.

En cuanto a la ubicación y agrupación de los elementos de protección de los transformadores, así como los sistemas de protección de las líneas, se aplicará lo establecido en la ITC MIE-RAT 09 del Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión.

Los dispositivos de protección utilizados no deberán producir, durante su actuación, proyecciones peligrosas de materiales ni explosiones que puedan ocasionar daños a personas o cosas.

Entre los diferentes dispositivos de protección contra las sobreintensidades pertenecientes a la misma instalación, o en relación con otros exteriores a ésta, se establecerá una adecuada coordinación de actuación para que la parte desconectada en caso de cortocircuito o sobrecarga sea la menor posible.

2.11.2 Protección contra cortocircuitos

La protección contra cortocircuito por medio de fusibles o interruptores automáticos se establecerá de forma que la falta sea despejada en un tiempo tal que la temperatura alcanzada por el conductor durante el cortocircuito no exceda de la máxima admisible asignada en cortocircuito.

Las intensidades máximas admisibles de cortocircuito en los conductores y pantallas, correspondientes a tiempos de desconexión comprendidos entre 0,1 y 3 segundos, serán las indicadas en el apartado correspondiente del proyecto correspondiente.

Podrán admitirse intensidades de cortocircuito mayores a las indicadas, y a estos efectos el fabricante del cable deberá aportar la documentación justificativa correspondiente.

2.11.3 Protecciones contra sobrecargas

En general, no será obligatorio establecer protecciones contra sobrecargas, si bien es necesario, controlar la carga en el origen de la línea o del cable mediante el empleo de aparatos de medida, mediciones periódicas o bien por estimaciones estadísticas a partir de las cargas conectadas al mismo, con objeto de asegurar que la temperatura del cable no supere la máxima admisible en servicio permanente.

2.12 Centros de transformación

Los centros de transformación tendrán una redundancia en su diseño del 100%, es decir:

- Dos grupos de celdas independientes de A.T. (un grupo en cada centro de transformación) con capacidad cada una de alimentar el 100% de la carga total del túnel.

Se dispondrá de dos centros de transformación de tipo cliente o abonado según lo siguiente:

- Centro de transformación 01. Ubicado en una zona próxima a la boca actual del túnel lado Bilbao. Incluirá un grupo de celdas de 13.2 kV con una celda de conmutación, un transformador que alimentarán los motores de ventilación, alumbrado normal, un grupo electrógeno para la alimentación de cargas esenciales, etc. Además, se instalará un SAI para alimentar las cargas de emergencia y los servicios de seguridad y control.
- Centro de transformación 02. Ubicado en una zona próxima a la boca actual del túnel lado Getxo. Incluirá un grupo de celdas de 13.2 kV con una celda de conmutación, un transformador que alimentarán los motores de ventilación, alumbrado normal, un grupo electrógeno para la alimentación de cargas esenciales, etc. Además, se instalará un SAI para alimentar las cargas de emergencia y los servicios de seguridad y control.

Anejo 07 - Energía y alumbrado

2.13 Resumen de cargas

Consumos correspondientes a la mitad del túnel					
Cargas alimentadas desde el Sistema de BT	Estimaciones			Potencia estimada (kW)	Comentarios
	Potencia (kW)	Uds	Sim.		
CGBT				501,96	
Ventiladores tipo JET-FAN	55,00	4	1,0	220,00	Estimación de ventiladores en cada boca para ventilación del túnel
Ventilación sobrepresión Galerías de Evacuación	7,50	6	1,0	45,00	Se estima un ventilador por galería de evacuación
Alumbrado Refuerzo	0,30	255	1,0	76,50	Luminarias LED de refuerzo (mitad del túnel)
Alumbrado Base	0,14	80	1,0	11,36	Luminarias LED de base (mitad del túnel)
Alumbrado Evacuación del Túnel	0,15	16	1,0	2,40	Tiras LED (50m) en laterales a una h=1,5m (mitad del túnel)
Grupos de presión	90,00	1	1,0	90,00	Solo en una boca del túnel
HVAC Cuartos Técnicos	10,00	1	1,0	10,00	Ventilación y Aire Acondicionado
Tomas de Fuerza en Nichos de Seguridad	16,60	5	0,5	41,50	2,5kVA - 1P+N+T / 12kVA - 3P+N+T
Centralita Contraincendios	0,20	1	1,0	0,20	Consumo estimado
Centralita Intrusión	0,20	1	1,0	0,20	Consumo estimado
Tomas de Fuerza Cuartos Técnicos	3,00	2	0,8	4,80	Tomas de fuerza eventuales en cuartos técnicos
SAI				39,28	Rendimiento estimado del SAI = 0,87
Control Central	14,99	1	1,0	14,99	Gestión de tráfico, comunicaciones y control centralizado
Armarios APL (ubicados en cada galería de evac.)	1,46	6	1,0	8,76	Consumo promedio CCTV, Postes SOS, UPD, ETD, etc.
Alumbrado Base de Emergencia	0,14	22	1,0	3,12	Luminarias LED de base desde SAI (mitad del túnel)
Alumbrado Galerías de Evacuación	0,03	48	1,0	1,54	Luminarias LED en galerías de evacuación (mitad del túnel)
Alumbrado Cuartos Técnicos	0,03	24	1,0	0,77	Luminarias LED para alumbrado de salas técnicas
Alim. Auxiliar Cabinas MT y Trafo	2,50	1	1,0	2,50	Consumo estimado
Alim. Auxiliar Cuadros BT y Arrancadores Estáticos	2,50	1	1,0	2,50	Consumo estimado
Reserva 20%				108,25	
POTENCIA ACTIVA TOTAL CONSUMIDA POR C.T.				649,5	kW
POTENCIA APARENTE TOTAL CONSUMIDA POR C.T.				683,7	Kva (factor de potencia 0,95 considerando banco de condensadores)
POTENCIA NOMINAL DE CADA TRANSFORMADOR				800	kVA
POTENCIA DE CADA ACOMETIDA DE M.T.				1367	kVA

2.14 Puesta a tierra de los centros de transformación

2.14.1 Tierra de herrajes del C.T. (Tierra de protección)

En las proximidades del centro de transformación se colocará el electrodo de puesta a tierra suficiente para evitar valores de tensión de contacto y paso superiores a las permitidas. Dicho electrodo podrá ser calculado mediante programa de elementos finitos, o bien se podrá adoptar la solución propuesta por la compañía distribuidora en sus manuales técnicas de definición de puestas a tierra de centros de transformación: MT 2-11-34 “Diseño de puestas a tierra en centros de transformación en edificio de otros usos, de tensión nominal <30kV”.

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente, pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de celdas de AT y cuadros BT, carcasa del transformador, etc.

2.14.2 Tierra del neutro del transformador (Tierra de Servicio)

Se conectará a este sistema el neutro del transformador, los circuitos de BT de transformadores de medida, y el seccionador de puesta a tierra del centro de transformación.

Se realizará de acuerdo al manual técnica indicado en el apartado anterior.

2.14.3 Separación entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización (receptores de alumbrado) y de las masas de un centro de transformación

Se verificará que las masas puestas a tierra en la instalación de utilización, así como los conductores de protección asociados a estas masas o a los relés de protección de masa, no están unidas a la toma de tierra de herrajes 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 de utilización puedan quedar sometidas a tensiones de contacto peligrosas. Si no se hace el control de independencia indicado anteriormente (50 V), entre la puesta a tierra de las masas de las instalaciones de utilización respecto a la puesta a tierra de herrajes del centro de transformación, se considerará que las tomas de tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplan todas y cada una de las condiciones siguientes:

- 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 en 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 metros para terrenos cuya resistividad no sea elevada (<100 ohmios.m). Cuando el terreno sea muy mal conductor, la distancia deberá ser calculada.
- El centro de transformación está situado en un recinto aislado de los locales de utilización o bien, si esta 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.

Sólo se podrán unir la puesta a tierra de la instalación de utilización (receptores) y la puesta a tierra de protección (herrajes) del centro de transformación, si el valor de la resistencia de puesta a tierra única es lo suficientemente baja para que se cumpla que en el caso de evacuar el máximo valor previsto de la corriente de defecto a tierra (I_d) en el centro de transformación, el valor de la tensión de defecto ($V_d = I_d \times R_t$) sea menor que la tensión de contacto máxima aplicada.

2.15 Control, supervisión, monitorización y mando

La instalación estará diseñada para poder ser supervisada y comandada desde diferentes puntos de forma que cualquier incidencia quede reflejada y advertida.

- Mando local: Situado en el propio Centro de transformación.

El rack de comunicaciones y PLCs dispondrá de tomas para la conexión de ordenadores portátiles que, con el software necesario e identificación mediante clave, se pueda acceder a la gestión de la red.

- Centro de Control MKZ de Malmasín. (El centro será capaz de operar en local en caso de pérdida de comunicación con MKZ)

La maniobra es gobernada por un sistema electrónico programable.

3 BAJA TENSIÓN

3.1 Reglamentación y disposiciones oficiales

Para la elaboración del proyecto se ha tenido en cuenta la siguiente normativa:

- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.
- Ley 54/1997 de 27 de noviembre del Sector Eléctrico.
- Decreto Foral de la Diputación Foral de Bizkaia 91/2012, de 24 de abril, por el que se aprueban las Instrucciones Técnicas de Seguridad y Explotación en Túneles de Carreteras
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
- Escrito de Adaptación (junio 2016) del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (Real Decreto 842/2002) tras la publicación del Reglamento Delegado 2016/364, que establece las clases posibles de reacción al fuego de los cables eléctricos.
- Real Decreto 842/2013, de 31 de octubre, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego.
- Orden Circular 36/2015 sobre Criterios a Aplicar en la Iluminación de Carreteras a Cielo Abierto y Túneles, publicada por el Ministerio de Fomento.

3.2 Cuadro general de baja tensión de CT 1 (C.G.B.T - 1)

El cuadro general de baja tensión (CGBT-1) tendrá una configuración de doble barra partida de transferencia automática con interruptor de acoplamiento y alimentada una acometida desde un transformador AT/BT (red de distribución) y la otra acometida desde un grupo.

Este cuadro estará ubicado en el Cuarto de Baja Tensión.

En condiciones normales de funcionamiento, el acoplamiento permanecerá cerrado alimentándose las dos semibarras del transformador a través de su acometida. En caso de fallo de la acometida del transformador, su acometida se abrirá, así como el interruptor del acoplamiento, procediéndose a arrancar el grupo electrógeno. Quedarán alimentadas las cargas esenciales desde la semibarra del CGBT-1 que queda alimentada desde el grupo electrógeno.

El transformador, estará dimensionado para dar servicio al 100% de la carga (con las cargas de ambos semibarras simultáneamente). El grupo electrógeno, estará dimensionado para dar servicio a las cargas conectadas a su misma semibarra.

Dado que la alimentación a los ventiladores y al alumbrado de emergencia, constituye alimentación de seguridad, las interconexiones entre secundarios de transformadores y cuadros eléctricos de baja tensión, se realizarán con cables resistentes al incendio, a la humedad y a la actuación de los roedores.

3.3 Cuadro general de baja tensión de CT 2 (C.G.B.T - 2)

El cuadro general de baja tensión (CGBT-2) tendrá una configuración de doble barra partida de transferencia automática con interruptor de acoplamiento y alimentada una acometida desde un transformador AT/BT (red de distribución) y la otra acometida desde un grupo.

Este cuadro estará ubicado en el Cuarto de Baja Tensión.

En condiciones normales de funcionamiento, el acoplamiento permanecerá cerrado alimentándose las dos semibarras del transformador a través de su acometida. En caso de fallo de la acometida del transformador, su acometida se abrirá, así como el interruptor del acoplamiento, procediéndose a arrancar el grupo

electrógeno. Quedarán alimentadas las cargas esenciales desde la semibarra del CGBT-2 que queda alimentada desde el grupo electrógeno.

El transformador, estará dimensionado para dar servicio al 100% de la carga (con las cargas de ambos semibarras simultáneamente). El grupo electrógeno, estará dimensionado para dar servicio a las cargas conectadas a su misma semibarra.

Dado que la alimentación a los ventiladores y al alumbrado de emergencia, constituye alimentación de seguridad, las interconexiones entre secundarios de transformadores y cuadros eléctricos de baja tensión, se realizarán con cables resistentes al incendio, a la humedad y a la actuación de los roedores.

3.4 Motores de ventilación

Los ventiladores se pondrán en marcha en caso de incendio, mantenimiento o simulacros y para ventilación sanitaria del túnel, en la que entran a funcionar un número bajo de ventiladores (definidos en los informes propios de ventilación) y estos ventiladores se van alternando por lo que no son siempre los mismos los que arrancan para la ventilación sanitaria.

Por lo tanto, se puede concluir que el nº de horas de funcionamiento, y por consiguiente el nº de arranques, de cada motor al año es bajo.

En caso de incendio los ventiladores deben arrancar en el menor tiempo posible.

En esta instalación los ventiladores serán de tipo chorro. Además, se instalarán ventiladores en las galerías de emergencia.

3.4.1 Ventiladores de Chorro

Asíncrono, trifásico, con rotor en cortocircuito, construido según norma EN60034-1.

Potencia (kW)	55
Tensión (V)	230/400
Frecuencia (Hz)	50

Los motores están contruidos para poder trabajar con temperaturas de 400° C durante al menos 2 horas.

Equipado con sondas de temperatura en bobinados y cojinetes, resistencias calefactoras que se pondrán en funcionamiento automáticamente cuando el motor se detiene y sensor de vibraciones. En caso de emergencia (funcionamiento a alta temperatura), las sondas quedan inhibidas de funcionamiento.

Los ventiladores tienen que tener posibilidad de girar en ambos sentidos, para poder dar el empuje de ventilación en cualquier sentido de circulación. Esto implica que el arrancador debe incorporar inversión de giro.

Estos motores se arrancarán con arrancadores estáticos (suaves) para controlar la aceleración de motores trifásicos y que compensa holgadamente el gasto inicial gracias a sus cualidades de protección.

Estos pequeños elementos electrónicos son convertidores que permiten el arranque de motores de corriente alterna con aplicación progresiva de tensión, con limitación de corriente y par de arranque.

Los arrancadores estáticos sustituyen al clásico arranque estrella-triángulo (una solución más barata y mucho menos sofisticada). La función de estos pequeños elementos llega a ser fundamental, consiguiendo aumentar la vida útil del motor, eliminando los golpes de arranque y suavizando al máximo los tan temidos picos que pueden generar problemas en el sistema eléctrico.

El arrancador presenta las siguientes ventajas:

- Integra las funciones de arranque y ralentización con suavidad, de protección de las máquinas y los motores y las funciones de comunicación de los automatismos.
- Reduce los costes de explotación de las máquinas disminuyendo los problemas mecánicos y mejorando sus prestaciones.
- Reduce las solicitaciones de la distribución eléctrica, disminuyendo las puntas de corriente y las caídas de tensión en la línea relativas a los arranques de motores.

3.4.2 Ventiladores de las salidas de emergencia

Potencia (kW)	7.5
Tensión (v)	230/400
Frecuencia (Hz)	50

Estos ventiladores de pequeña potencia dispondrán de un arranque con disyuntor, contactor y relé térmico.

3.5 Grupo electrógeno

Se instalará un Grupo Electrógeno) en cada una de las bocas del túnel actual, cada uno capaz de asumir el 100% de las cargas de emergencia de la mitad el túnel: alumbrado permanente, alumbrado de seguridad y de emergencia, sistemas de seguridad, alumbrado de guiado, SAI y la ventilación de emergencia del túnel.

Las principales características del nuevo grupo electrógeno serán las siguientes:

- Combustible: diésel
- Frecuencia: 50 Hz
- Tensión: 400/230 V, trifásica
- Potencia de emergencia: 500 kVA
- Velocidad: 1500 rpm
- Sistema de refrigeración: radiador

La autonomía mínima del grupo electrógeno será de 4 horas de funcionamiento alimentando a todas las cargas de emergencia simultáneamente.

3.6 Cuadro Sistema Alimentación Ininterrumpida

La instalación necesita de un Sistema de Alimentación Ininterrumpida para dar una alimentación segura a las cargas críticas, como pueden ser el mando y control de todos los cuadros eléctricos, celdas de 13.2kV, PLC's, armarios de comunicaciones, centralitas PCI, etc.

Se instalarán dos SAI's, uno en cada Cuarto de Baja Tensión de cada CT.

El SAI se dimensionará para dar alimentación a los equipos de seguridad y alumbrado de emergencia con una autonomía de una hora.

Para garantizar la vida de las baterías asociadas a los equipos SAI, se requiere mantener unas condiciones de temperatura y humedad establecidas dentro de unos límites, por lo que la ubicación de los mismos se realizará en un local dotado de aire acondicionado.

4 CABLEADO Y CANALIZACIONES

4.1 Conductores

Los cables eléctricos en el interior del túnel tendrán tensión de aislamiento mínimo de 0,6/1 kV y reacción al fuego mínima Cca-s1b, d1, a1 según UNE EN 50.575.

El tipo de cable de AT será el siguiente:

CABLE TIPO HEPRZ1 DE 12/20 KV DE ALUMINIO (3X240mm)

El tipo de cables a emplear para las cargas de emergencia será:

CABLE TIPO SZ1-K (AS+) DE 0,6/1 KV DE COBRE

Nivel de aislamiento:	0,6/1 kV
Denominación UNE:	SZ1-K (AS+) 0,6/1 kV (a partir de 25 mm ² : RZ1-K AS+)
Tipo de cable:	Multipolar para secciones hasta 50 mm ² Unipolar para secciones mayores de 50 mm ²
Conductor:	Cobre flexible, clase 5, según UNE EN 60228
Temperatura máxima	90°C en servicio permanente, 250°C en cortocircuito
Sección mínima:	2,5 mm ²
Aislamiento:	Silicona hasta 25 mm ² y cinta vidrio-mica a partir de 35 mm ²
Cubierta:	Poliolefina termoplástica ignífuga especial cero halógenos (Z1), color naranja
Normativa y características frente al fuego:	
Norma constructiva:	UNE 211025
Emisión de halógenos:	Nula emisión de Halógenos, según UNE 50267-2-1
Emisión de humos y gases:	Reducida emisión de gases tóxicos, según DEF STAN 02-713, NFC 20454
Baja emisión de humos opacos,	según UNE EN 61034-2
Nula emisión de gases corrosivos,	según UNE 50267-2-2
No propagación de la llama,	según UNE EN 60332-1-2
No propagación del incendio,	según UNE EN 60332--24
Resistencia al fuego (842°C, 120 min),	según UNE 50200 PH 120 e IEC 60331-1

El tipo de cables a emplear en el resto de cargas en el interior del túnel y galerías de evacuación será:

CABLE TIPO RZ1-K (AS) DE 0,6/1 KV DE COBRE

Nivel de aislamiento:	0,6/1 kV
Denominación UNE:	RZ1-K 0,6/1 kV

Tipo de cable:	Multipolar para secciones hasta 50 mm ² Unipolar para secciones mayores de 50 mm ²
Conductor:	Cobre flexible, clase 5, según UNE EN 60228
Temperatura máxima	90°C en servicio permanente, 250°C en cortocircuito
Sección mínima:	2,5 mm ² (salvo cable DALI, que será de 2x1,5 mm ²)
Aislamiento:	Polietileno reticulado (XLPE)
Cubierta:	Poliolefina termoplástica especial cero halógenos (Z1), color verde
Normativa y características frente al fuego:	
Norma constructiva:	UNE 21123-4
Emisión de halógenos:	Nula emisión de Halógenos, según UNE 50267-2-1
Emisión de humos y gases:	Reducida emisión de gases tóxicos, según DEF STAN 02-713, NFC 20454
Baja emisión de humos opacos	según UNE EN 61034-2
Nula emisión de gases corrosivos	según UNE 50267-2-2
No propagación de la llama	según UNE EN 60332-1-2
No propagación del incendio	según UNE EN 60332-3-24

El resto de cables a emplear será del siguiente tipo:

CABLE TIPO DN-K DE 0,6/1 KV DE COBRE .

Nivel de aislamiento:	0,6/1 kV
Denominación UNE:	DN-K 0,6/1 kV
Tipo de cable:	Multipolar para secciones hasta 50 mm ² Unipolar para secciones mayores de 50 mm ²
Conductor:	Cobre flexible, clase 5, según UNE EN 60228
Temperatura máxima	90°C en servicio permanente, 250°C en cortocircuito
Sección mínima:	2,5 mm ²
Aislamiento:	Elastómero termoestable de etileno-propileno (EPR)
Cubierta externa:	Policloropreno o elastómero sintético equivalente
Normativa y características frente al fuego:	
Norma constructiva:	IEC 60502-1
No propagación de la llama,	según UNE EN 60332-1-2

4.2 Canalizaciones eléctricas

4.2.1 Canalización para cables AT

Los cables de AT se instalarán en el interior de tubos en zanjas enterradas en el exterior del túnel con arquetas visitables.

Los tubos serán de polietileno de alta densidad (PEAD), libres de halógenos y con un diámetro de Ø200mm.

Cada 50 metros como máximo se colocará una arqueta de registro.

4.2.2 Canalización para cables BT

La canalización de los conductores que alimenta los proyectores del túnel se realizará por medio de bandejas metálicas con adecuado comportamiento ante el fuego.

Estas bandejas estarán colocadas en las paredes laterales del túnel para alimentación del alumbrado y resto de cargas.

Las bandejas utilizadas serán metálicas de acero inoxidable tipo “Rejiband” o similar clasificado como material M0 (material no combustible ante la acción térmica normalizada del ensayo) que aseguran un comportamiento óptimo frente al fuego, que es la situación más crítica que puede presentarse en un túnel, y sobre todo en comparación a la alternativa de bandejas de material plástico.

Hay que tener en cuenta que el objetivo de las instalaciones de seguridad es continuar funcionando incluso en el caso de un fallo de potencia o de un fuego local.

Los conductores de seguridad, resistentes al fuego, necesitan estar dispuestos sobre bandejas que, en caso de incendio, mantengan sus características de resistencia para permitir las acciones de salvamento y socorro sin incrementar los daños ni añadir más riesgos y peligros a la situación.

La bandeja dispondrá de certificación de comportamiento al fuego E90 según DIN 4102-12.

Los soportes y todos los accesorios de bandeja serán igualmente galvanizados por inmersión después de fabricados. Se incluye pieza de fijación del cable de Cu desnudo de puesta a tierra.

Los soportes serán de tipo regulable, que permita dejar la bandeja perfectamente nivelada independientemente de la inclinación del hastial del túnel.

El instalador realizará los cálculos de carga necesarios para asegurar que las cargas en N/m no superan los valores admisibles, en función de la separación entre apoyos establecida (los valores deberán estar conforme a la norma UNE-EN 61537).

5 CUARTOS TÉCNICOS

5.1 Introducción

Como se ha explicado anteriormente, se va a proceder a la construcción de dos nuevos centros de transformación en el túnel de La Avanzada, siendo necesaria la nueva construcción de un cuarto técnico por encima de la nueva cubrición del túnel cerca de la boca de Getxo (CT2), a continuación de la rotonda existente y otro cerca de la boca de Bilbao (CT1), a continuación del túnel existente. Los nuevos edificios acogerán varias salas en las cuales se ubicarán los distintos equipos electromecánicos: sala de transformador y celdas, sala de celdas de seccionamiento, sala del grupo electrógeno, sala de Baja Tensión, sala de comunicación, sala PCI, etc.

El acceso a los edificios se realizará a través de una entrada mediante puerta doble desde la superficie. Tendrá que existir dos accesos a cada uno de los edificios: uno para la compañía con la sala de celdas de seccionamiento y otro para el gestor del túnel con un vestíbulo o pasillo de distribución a todas las otras dependencias del cuarto. Las puertas de acceso se tendrán que situar próximas a las aceras existentes, del túnel existente para el CT1 y de la glorieta existente para el CT2.

5.2 Descripción funcional

Con la nueva configuración, los Edificios Técnicos dispondrán de varias salas con una separación física entre dependencias mediante tabiquería.

- Edificio para el CT1 (boca Bilbao)
 - Sala de seccionamiento para las celdas de seccionamiento de la compañía
 - Sala de transformador y celdas de MT para trafo con celdas de protección
 - Sala de grupo electrógeno
 - Sala de BT para cuadros eléctricos y batería de condensador
 - Sala de comunicación para racks y SAI
- Edificio para el CT2 (boca Getxo)
 - Sala de seccionamiento para las celdas de seccionamiento de la compañía
 - Sala de transformador y celdas de MT para trafo con celdas de protección
 - Sala de grupo electrógeno
 - Sala de BT para cuadros eléctricos y batería de condensador
 - Sala de comunicación para racks y SAI
 - Sala de equipos PCI para la bomba y tubería contra incendios del túnel.

Cada edificio tendrá que disponer de un acceso reservado y exclusivo para la sala de celdas de seccionamiento de la compañía y otro para las otras dependencias del cuarto técnico.

Las puertas deberán ser doble de mínimo 1,80 metros para el paso de los equipos y personas. Los cuartos técnicos dispondrán de un suelo técnico de 0,50 m para el paso de cables y bandejas. La altura libre entre el suelo técnico y el techo interior de los edificios será de 3 metros.

5.3 Descripción de los equipos

Los equipos que se instalarán en el nuevo edificio CT:

- Transformador seco
- Celdas (celda de entrada, celda de medida (solo en la boca norte), celda de protección de transformador y celda de salida)
- Equipo de verificación de medición
- Grupo electrógeno
- Grupo de presión
- Cuadro eléctrico de control de los equipos
- Cuadro General de Baja Tensión (CGBT)
- Armarios del cuadro general de BT

- SAI
- Baterías del SAI
- Paneles del SAI
- Baterías del SAI
- Baterías de condensadores
- Racks del sistema de megafonía y radiocomunicación
- Armarios y paneles de comunicación y control

6 ILUMINACIÓN

El objeto de este capítulo es la propuesta del diseño completo del sistema de alumbrado del túnel y de las instalaciones necesarias para su funcionamiento, de acuerdo con los condicionantes recogidos en el borrador de la Instrucción Técnica de Alumbrado incluida en las Instrucciones Técnicas de Seguridad y Explotación en Túneles de Carreteras.

Se propondrá la metodología para realizar un dimensionamiento adecuado del sistema de alumbrado del túnel.

En esta actuación, el túnel se prolonga de los 310 m actuales hasta unos 824 m de longitud y se dota al túnel de todos los equipamientos requeridos por normativa. Lo considerado en el presente documento es una primera propuesta de las necesidades del nuevo túnel y podrá sufrir ajustes durante la etapa de redacción del proyecto constructivo.

En esta primera versión del presente documento se recoge el predimensionamiento del sistema de alumbrado en la configuración final.

Se considera dotar con esta solución de alumbrado al túnel en Fase 3. Las fases anteriores, al llevarse a cabo la cobertura del túnel mediante una solución abierta, no requerirán de la solución definitiva de alumbrado aquí planteada, adaptando únicamente las necesidades de alumbrado nocturno, como si se tratara de un vial a cielo abierto.

6.1 Requisitos del decreto foral 135/2006 de seguridad de túneles de carreteras (tipo de túnel)

El túnel se clasifica como de Tipo I, de acuerdo a los criterios fijados en el Decreto Foral.

Clasificación de túneles atendiendo a los factores de riesgo principales: nivel de servicio y longitud

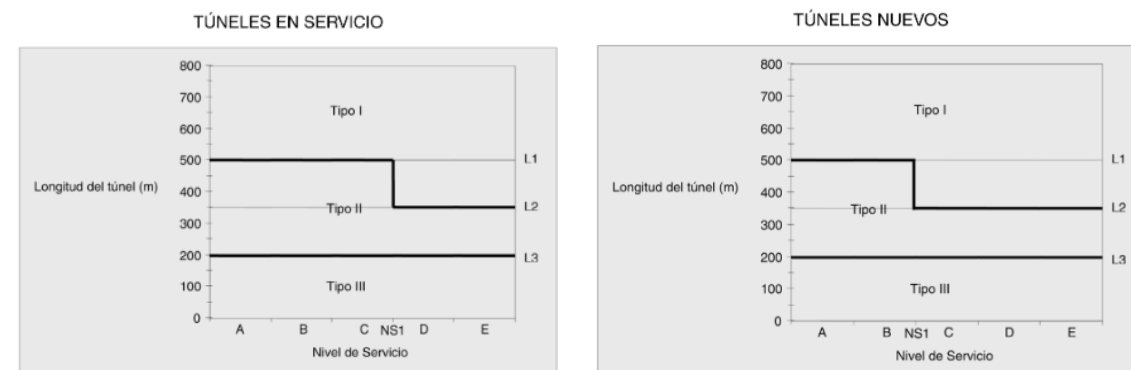


Figura 3: Clasificación de túneles atendiendo a los factores de riesgo principales: nivel de servicio y longitud

Se establecen tres umbrales de longitud del túnel:

- L1 = 500 m.
- L2 = 350 m.
- L3 = 200 m.

Se establece un umbral para el nivel de servicio:

- NS1.

El umbral NS1 tiene en cuenta la posibilidad de congestión en el túnel en un plazo cercano. Las condiciones en las que se supera el umbral NS1 son las siguientes:

- Nivel de Servicio C, D, E o F para Túneles Nuevos.
- Nivel de Servicio D, E o F para Túneles en Servicio

Para un túnel de estas características, el DF, en su Anexo III referente a Alumbrado, establece que se debe de dotar de 3 tipos de iluminación:

- La iluminación normal se proporcionará de modo que asegure a los conductores una visibilidad adecuada de día y de noche en la entrada del túnel, en las zonas de transición y en la parte central
- La iluminación de emergencia se proporcionará de modo que permita una visibilidad mínima para que los usuarios del túnel puedan evacuarlo en sus vehículos, en caso de avería del suministro de energía eléctrica
- La iluminación de evacuación estará situada a una altura no superior a 1,5 metros y deberá proyectarse de modo que permita guiar a los usuarios del túnel para evacuarlo a pie en caso de incendio

6.2 Normativa de referencia

La normativa que será de aplicación directa en el presente proyecto será la siguiente.

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
- Real Decreto 1890/2008, de 19 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior
- Decreto Foral de la Diputación Foral de Bizkaia 91/2012, de 24 de abril, por el que se aprueban las Instrucciones Técnicas de Seguridad y Explotación en Túneles de Carreteras
- Guía para el Alumbrado de Túneles de Carretera y Pasos Inferiores. Comisión Internacional de la Iluminación. CIE 88:2004
- Orden Circular 36/2015 sobre Criterios a Aplicar en la Iluminación de Carreteras a Cielo Abierto y Túneles, publicada por el Ministerio de Fomento.

NOTA: A lo largo del documento se hace referencia al articulado del DF 91/2012, actualmente en vigor. Sin embargo, se ha tratado de tener en cuenta, en todo momento, las modificaciones al mismo propuestas en el Borrador de la revisión de las Instrucciones Técnicas de Seguridad y Explotación en Túneles de Carreteras, facilitado por el Organismo de Inspección de Túneles de la Diputación de Bizkaia pendiente de aprobación.

6.3 Datos e hipótesis de partida

6.3.1 Datos de partida

Se exponen a continuación los principales datos que se propone utilizar para la realización de los cálculos que se mostrarán a lo largo del documento:

- Intensidad Media Diaria (IMD) = 92.896 (% de vehículos pesados = 3 %), según lecturas de la estación 84A correspondientes al año 2019 (últimos datos publicados)
- Gálibo (altura de colocación de luminarias) = 4,15 m, según la sección mostrada a continuación.

Anejo 07 - Energía y alumbrado

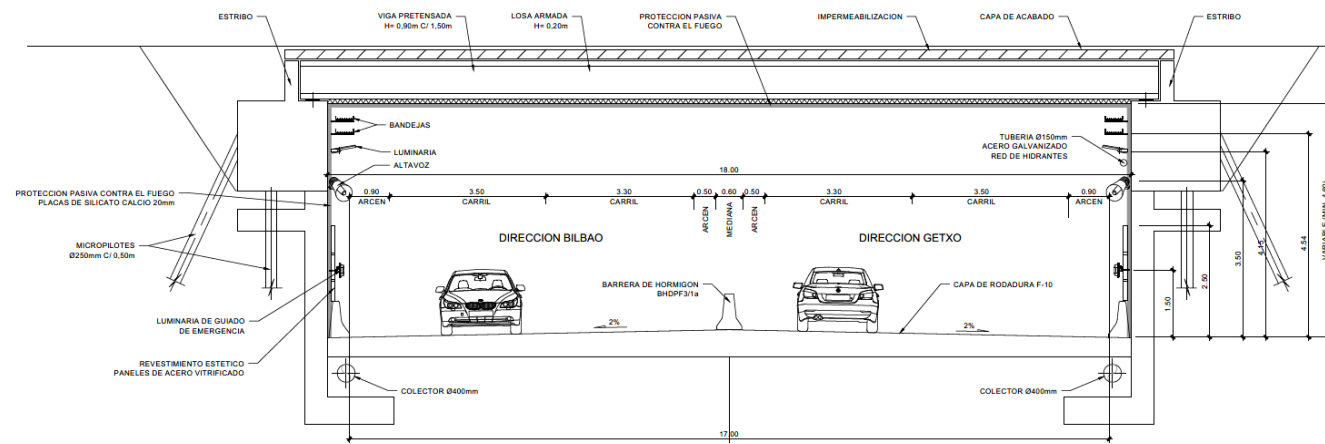


Figura 4: Sección transversal túnel

- Longitud = 824 m. La longitud utilizada para los estudios de iluminación será 824 m (resultantes de considerar cubiertas parciales en bocas y en tramos entre rotondas)
- Velocidad de diseño = 80 km/h
- Túnel bidireccional (2+2 carriles)
- Pendientes a considerar (en la ubicación de las futuras bocas)
 - Boca sentido Bilbao: 3 %
 - Boca sentido Getxo: -5,2 %
- Orientación del túnel: Boca Bilbao-SE/Boca Getxo-NO.

6.3.2 Asunciones tenidas en cuenta en los cálculos

Se tendrán en cuenta las siguientes asunciones a lo largo de todo el documento, entendiéndose que no afectarán a los resultados:

- El aporte de luz a través de la abertura longitudinal será equiparable al de una instalación a cielo abierto en las fases 1 y 2. La Fase 3 considerará un túnel totalmente cubierto.
- La luminancia en la zona L_{20} estará considerada, en ambas bocas, como la existente en un hipotético plano situado en la entrada de cada boca formada por una cubierta de 100 m de longitud, aproximadamente. Asimismo, la distancia de seguridad de parada considerada en todos los cálculos será la resultante de aplicar la pendiente en esas hipotéticas bocas.

6.4 Cálculos de alumbrado

Se realizarán los cálculos sobre la base de un túnel, totalmente cubierto, con cubiertas opacas.

Primeramente, se calculará el nivel de luminancia requerido en la zona interior de túnel (L_{in}), es decir, cuando ya se ha producido la adecuación de la visión desde los niveles de alumbrado del exterior a los del interior. La L_{in} es, exclusivamente, función de la distancia de parada (DP), la longitud del túnel, la velocidad y la IMH, entendida ésta última como la intensidad media horaria.

Después, se establecerán los niveles de luminancia en bocas, para lo cual se calcularán los niveles necesarios en zonas de acceso, umbral y de transición, relacionadas gráficamente tal y como se indica en el croquis adjunto, determinando la denominada curva CIE.

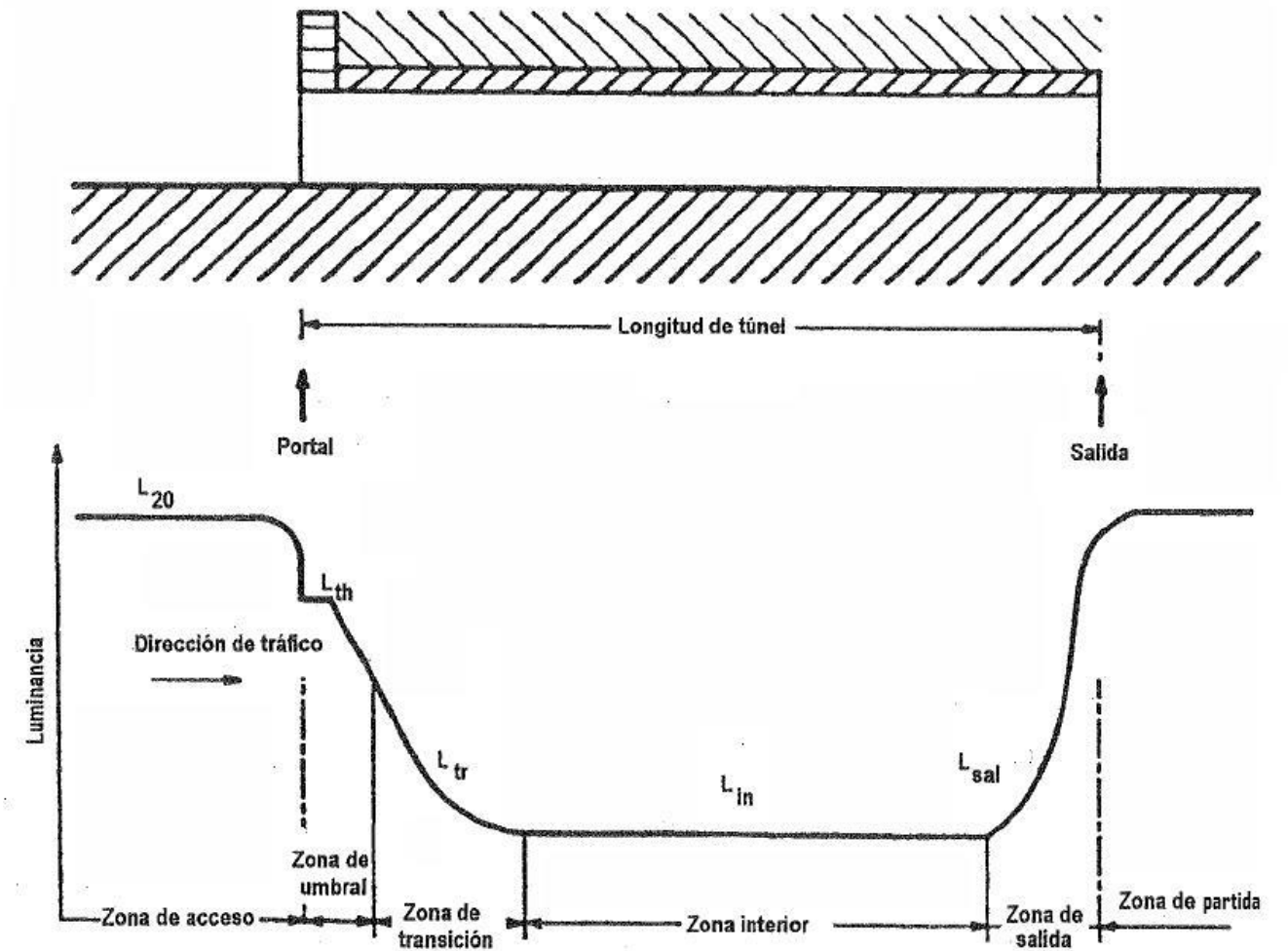


Figura 5: Relación entre las zonas de acceso, umbral y de transición

6.4.1 Cálculo de la distancia de parada. DP

El cálculo de la DP se obtendrá de la fórmula de cálculo de la SD del Anexo A2 de la CIE88:2004, tal y como indica el apartado 4.3.4 de la IT-III de Alumbrado, del DF 91/2012

$$DP = u \cdot t_0 + \frac{u^2}{2 \cdot g \cdot (f + i)}$$

Siendo:

- DP = distancia de parada (m)
- u = velocidad (m/s)
- t_0 = tiempo de percepción y reacción (s)
- f = Coeficiente de rozamiento longitudinal rueda-pavimento
- i = Inclinación de la rasante (en tanto por uno)

Habiéndose obtenido el coeficiente de rozamiento longitudinal, para pavimento húmedo, de la tabla de la figura A.2.2 del Anexo, y considerándose el tiempo de percepción y reacción de un segundo, y considerando las inclinaciones de 3 % dirección Bilbao y -5,2 % en dirección Getxo, se obtendrán los resultados de DP en bocas.

Anejo 07 - Energía y alumbrado

6.4.2 Intensidad Media Horaria. IMH

Para el cálculo de la IMH se considerará la IH30 por carril, entendiéndose que la IH30 se puede considerar como el 10 % de la IMD, mayorada en un 10%, para considerar futuros incrementos de tráfico.

$$IMH = \frac{IH30}{n^{\circ} \text{ de carriles}}; IH30 = \frac{10}{100} \times IMD$$

Hay que señalar que, aunque se consideraran para la IMH valores más reducidos correspondientes a un valor medio horario (IMD/24) los resultados del estudio no variarían.

6.4.3 Luminancia en el interior del túnel. Lin

Para la obtención de la Lin se aplicará lo indicado en el del apartado 5.3 de la IT-III de Alumbrado, del DF 91/2012.

La zona interior sólo incluye una única subzona, puesto que puede ser recorrida en menos de 30 segundos, por lo que sólo se establecerá un nivel de Lin para el interior del túnel y por lo tanto se utilizará únicamente la tabla para valores de luminancia de «túneles largos».

Para clasificar si el caudal de tráfico es bajo o elevado se utilizará la tabla 5.3.3, reflejada a continuación.

Tabla 5.3.3 – Clasificación de caudal de tráfico

Caudal de tráfico	Tráfico unidireccional	Tráfico bidireccional
Elevado	>1500	>400
Bajo	<500	<100

Para obtener la Lin utilizaremos la tabla 5.3.1.

Tabla 5.3.1 – Valores de luminancia en cd/m² en la zona interior (túneles largos)

Distancia de parada	Túneles largos Caudal de tráfico (vehículos/hora/carril)	
	Bajo	Elevado
160 m	6	10
60 m	3	6

Dado que la tabla proporciona valores extremos de luminancia, entre 60 y 160 m de distancia de parada, por interpolación se obtendrán los valores exactos de luminancia correspondientes a las distancias de seguridad calculadas.

Dado que se trata de un túnel bidireccional, a efectos prácticos, la Lin quedará establecida en el valor que resulte más elevado de los dos sentidos de circulación de tráfico.

6.4.4 Luminancia L₂₀ en zona de acceso. L₂₀

La luminancia L₂₀ en la zona de acceso es definida como la media de los valores de luminancia medidos en un campo de visión cónico, que subtiende un ángulo de 20° (2 x 10°), por un observador situado en el punto de referencia y mirando hacia un punto centrado a una altura igual a una cuarta parte de la altura de la abertura del túnel. Para su cálculo se utilizará el denominado “Método Exacto” tal y como se indica en el Anexo A1 de la CIE 88:2004.

Para utilizar este método se tomará una foto a la DP de cada boca objeto de estudio. Sobre esta foto se dibujará, a escala, un círculo que represente la visión con un ángulo de 20° por un observador situado a la DP.

Dentro de este círculo se discriminarán las zonas que correspondan a cielo, carretera, entorno y zona umbral, obteniéndose sus áreas correspondientes.

La expresión que permitirá obtener el valor de la L₂₀ se indica a continuación.

$$L_{20} = \gamma L_c + \rho L_r + \varepsilon L_E + \tau L_{th}; \gamma + \rho + \varepsilon + \tau = 1$$

Siendo:

- L₂₀ = Luminancia en zona de acceso (Kcd/m²)
- L_c = Luminancia de cielo (Kcd/m²)
- L_r = Luminancia de carretera (Kcd/m²)
- L_E = Luminancia de entorno (Kcd/m²)
- L_{th} = Luminancia de zona de umbral (Kcd/m²)
- γ = % de cielo en el campo de 20°
- ρ = % de carretera
- ε = % de entorno
- τ = % de entrada de túnel

Para valores de L_{c,r,E,th} se utilizarán los indicados en la IT-III de Alumbrado, del DF 91/2012, tabla 5.1.1.2, que se reproducen a continuación, con un cálculo de valores intermedios para cuando la orientación del túnel no se adapta a los puntos cardinales, como es el caso que nos ocupa.

VALORES DE LAS LUMINANCIAS DE CIELO, CARRETERA Y ALREDEDORES (Kcd/m²)

Dirección de conducción	Cielo L _c	Carretera L _R	L _E (alrededores)			
			Rocas	Edificios	Nieve	Praderas
N	8	3	3	8	15 (V) 15 (H)	2
NW	10	3,5	2,5	7		2
E-W	12	4	2	6	10 (V) 15 (H)	2
SE	14	4,5	1,5	5		2
S	16	5	1	4	5 (V) 15 (H)	2

Nota: (V) Superficies verticales; (H) Superficies horizontales.

Los valores de γ, ρ, ε y τ se obtendrán de las superficies discriminadas en las fotografías de las bocas.

Los resultados de la fórmula de cálculo L₂₀, una vez obtenidas las áreas y aplicados los valores de L de referencia, permitirán establecer los valores de L₂₀ de ambas bocas del túnel.

6.4.5 Luminancia en zona umbral. L_{th}

La zona umbral es la primera parte del túnel, ubicada directamente después del portal. El nivel de luminancia L_{th} es un porcentaje de la luminancia de la zona de acceso L₂₀, de forma que se verifica la siguiente fórmula:

$$L_{th} = k \cdot L_{20}$$

Siendo:

- L₂₀ = Luminancia en zona de acceso (cd/m²)
- L_{th} = Luminancia de zona de umbral (cd/m²)
- k = Coeficiente función de la velocidad y el tipo de alumbrado

Anejo 07 - Energía y alumbrado

Para la elección del coeficiente k se utilizará la tabla 5.2.1 de la IT-III de Alumbrado, del DF 91/2012, que se muestra a continuación:

Tabla 5.2.1 – Valores mínimos de K

Sistema de alumbrado Velocidad (km/h)	Simétrico $k = L_{th}/L_{20}$	Contraflujo
≤ 60	0,05	0,04
80	0,06	0,05
120	0,10	0,07

Aplicando el valor de k que corresponda para la velocidad del estudio, 80 km/h en este caso, se procederá a obtener los valores de L_{th} para cada boca.

La longitud de la zona umbral debe ser, como mínimo, igual a la distancia de parada. En la primera mitad de dicha distancia la luminancia de la calzada será igual a L_{th} . A partir de la mitad de la distancia de seguridad la luminancia de la calzada puede disminuir gradual y linealmente hasta un valor, al final de la zona de umbral, igual a $0,4 L_{th}$.

6.4.6 Luminancia de la zona de transición. L_{tr}

La zona de transición es la parte del túnel que sigue a la zona de umbral. Por tanto, comienza al final de la zona de umbral y termina al inicio de la zona interior.

La zona de transición debe permitir al conductor de un vehículo, durante su recorrido, adaptarse visualmente desde el nivel de la zona umbral hasta el de la zona interior.

El valor de la luminancia de transición obedece a una curva empírica representada por la siguiente ecuación (ver apartado 5.2.4 de la IT-III de Alumbrado, del DF 91/2012):

$$L_{tr} = L_{th} (1,9 + t)^{-1,428}$$

Siendo:

- L_{tr} = Luminancia en zona de acceso (cd/m^2)
- L_{th} = Luminancia de zona de umbral (cd/m^2)
- t = tiempo (s)

Los valores obtenidos de la aplicación de la fórmula anterior permitirán determinar la longitud de la zona de transición, así como el valor de luminancia a aplicar en cada punto.

6.4.7 Resultados

Todos los valores que se obtengan con lo descrito hasta aquí nos permitirán representar la gráfica del apartado 5 (Curva CIE) con sus valores correspondientes, adecuados a las necesidades de este túnel

6.4.8 Alumbrado nocturno

Encontrándose el túnel en un tramo de carretera iluminado, la luminancia media de la superficie de la calzada en el interior del túnel debe ser, al menos, igual al nivel de uniformidades y deslumbramiento de la carretera de acceso. Siendo recomendable según el mismo apartado 5.9 de la IT-III de Alumbrado, del DF 91/2012, que durante la noche y periodos crepusculares y/o días muy nublados se proyecten luminancias medias iguales o mayores a $3 cd/m^2$.

Dado que se desconoce el nivel de alumbrado existente en la carretera de acceso, se calculan a continuación las necesidades del mismo, de forma que se puedan utilizar en posteriores cálculos de la iluminación del túnel.

6.4.8.1 Alumbrado en la carretera de acceso

6.4.8.1.1 Antecedentes

La carretera de acceso puede ser considerada un tramo de autovía de doble carril, con vías laterales auxiliares. La velocidad está limitada a 80 km/h en el vial principal, que es la que da acceso al túnel.

6.4.8.1.2 Necesidades de Alumbrado según REEIAE

Para fijar las necesidades de iluminación recurriremos a la ITC-EA-02 del REEIAE, en la cual primeramente se clasifica la vía en función de su velocidad.

Para una velocidad de 80 km/h, al vial principal le correspondería una clasificación A por ser considerada una vía de alta velocidad al superar los 60 km/h, según la Tabla 1 de clasificación de las vías del REEIAE incluida a continuación.

Tabla 1 – Clasificación de las vías

Clasificación	Tipo de vía	Velocidad del tráfico rodado (km/h)
A	de alta velocidad	$v > 60$
B	de moderada velocidad	$30 < v \leq 60$
C	carriles bici	–
D	de baja velocidad	$5 < v \leq 30$
E	vías peatonales	$v \leq 5$

Considerando una Clasificación A, y mediante el resto criterios ya mencionados, se establecen subgrupos dentro de la clasificación anterior. En la Tabla 2 incluida a continuación se establecen las Clases de Alumbrado para estas situaciones de proyecto, de cuya aplicación resulta una Clase de Alumbrado ME1.

Tabla 2 – Clases de alumbrado para vías tipo A

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado ^(*)
A1	• Carreteras de calzadas separadas con cruces a distinto nivel y accesos controlados (autopistas y autovías). Intensidad de tráfico	
	Alta (IMD) ≥ 25.000	ME1
	Media (IMD) ≥ 15.000 y < 25.000	ME2
	Baja (IMD) < 15.000	ME3a
A2	• Carreteras de calzada única con doble sentido de circulación y accesos limitados (vías rápidas). Intensidad de tráfico	
	Alta (IMD) > 15.000	ME1
	Media y baja (IMD) < 15.000	ME2
A2	• Carreteras interurbanas sin separación de aceras o carriles bici.	
	• Carreteras locales en zonas rurales sin vía de servicio. Intensidad de tráfico	

Habida cuenta de la zona geográfica en la que nos encontramos, y por lo ya expuesto con anterioridad, corresponde la aplicación de las clases de alumbrado MEW. De la aplicación de dicha tabla, incluida a continuación, se obtiene que la necesidad de luminancia es MEW1, con $2 cd/m^2$.

Tabla 7 – Series MEW de clase de alumbrado para viales húmedos tipos A y B

Clase de Alumbrado	Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas y húmedas				Deslumbramiento Perturbador	Iluminación de alrededores
	Calzada seca			Calzada húmeda		
	Luminancia ⁽⁵⁾ Media L_m (cd/m ²) ⁽¹⁾	Uniformidad Global U_o [mínima]	Uniformidad Longitudinal U_l ⁽²⁾ [mínima]	Uniformidad Global U_o [mínima]	Incremento Umbral TI (%) ⁽³⁾ [máximo]	Relación Entorno SR ⁽⁴⁾ [mínima]
MEW1	2,00	0,40	0,60	0,15	10	0,50
MEW2	1,50	0,40	0,60	0,15	10	0,50
MEW3	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,50
MEW4	0,75	0,40	Sin requisitos	0,15	15	0,50
MEW5	0,50	0,35	Sin requisitos	0,15	15	0,50

⁽¹⁾ Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado, a excepción de (TI), que son valores máximos iniciales. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento (f_m) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

⁽²⁾ Este criterio es voluntario pero puede utilizarse, por ejemplo, en autopistas, autovías y carreteras de calzada única de doble sentido de circulación y accesos limitados.

⁽³⁾ Cuando se utilicen fuentes de luz de baja luminancia (lámparas fluorescentes y de vapor de sodio a baja presión), puede permitirse un aumento de 5% del incremento umbral (TI).

⁽⁴⁾ La relación entorno SR debe aplicarse en aquellas vías de tráfico rodado donde no existan áreas contiguas a la calzada con sus propios requerimientos. La anchura de las bandas adyacentes para la relación entorno SR será igual como mínimo a la de un carril de tráfico recomendándose a ser posible 5 m de anchura.

⁽⁵⁾ Los valores de luminancia dados pueden convertirse en valores de iluminancia, multiplicando los primeros por el coeficiente R (según C.I.E.) del pavimento utilizado, tomando un valor de 15 cuando éste no se conozca.

6.4.8.2 Resultados

Por todo lo expuesto a lo largo del apartado 6.4.8, y a falta de mediciones *in situ* se puede establecer que el alumbrado nocturno de las inmediaciones del túnel debería ser de 2 cd/m², y así deberá ser tenido en cuenta cuando se realicen los cálculos del alumbrado necesario en el interior del túnel.

6.4.9 Alumbrado en la zona de salida (refuerzo)

La definición de zona de salida según indica el apartado 5.4 de la IT III de Alumbrado no resulta de aplicación al tratarse de un túnel bidireccional. La zona de salida de un sentido de circulación es la boca del otro sentido de circulación, prevaleciendo su iluminación como boca sobre cualquier refuerzo de zona de salida.

6.4.10 Alumbrado de la zona de partida (exterior)

Según el apartado 5.5 de la IT III de alumbrado, en los túneles que pertenezcan a carreteras sin iluminar y la velocidad de conducción sea mayor de 50 km/h, se recomienda disponer de iluminación en la zona de partida si el nivel del alumbrado nocturno es superior a 1 cd/m², o si es probable que aparezcan condiciones atmosféricas diferentes entre la boca y la salida, debido a la longitud del túnel.

En el caso del túnel que nos ocupa, y como ya se ha indicado en el apartado 6.4.8.1, existe un alumbrado exterior en ambas bocas, por lo que no procede ninguna actuación en este aspecto, salvo las de llevar a cabo su instalación en las fases 1 y 2.

6.4.11 Alumbrado de emergencia por interrupción del servicio eléctrico

El alumbrado de emergencia, según el apartado 6.1 de la IT-III de Alumbrado, del DF 91/2012, se instalará a lo largo de todo el túnel, desde la entrada hasta la salida, con un nivel de luminancia como mínimo del 10% de la luminancia interior del túnel o de 0.2 cd/m², debiéndose adoptar el mayor valor de los dos. Luego:

$$L_{emerg} = 0.1 \cdot L_{in} \geq 0.2 \text{ cd/m}^2$$

Nota: con un mínimo de 10 luxes de iluminancia media y 2 luxes como iluminancia mínima en cualquier lugar del túnel. La distancia entre luminarias nunca deberá superar los 50 m.

Siendo:

- Lemerg = Luminancia de emergencia (cd/m²)
- Lin = Luminancia interior del túnel (cd/m²)

Se establecerá así el nivel mínimo de alumbrado de emergencia.

6.4.12 Alumbrado de evacuación en caso de incendio

El alumbrado de evacuación, según el apartado 6.2 de la IT-III de Alumbrado, del DF 91/2012, se instalará en los hastiales que en los que se sitúen las salidas de emergencia, a una altura máxima respecto a la calzada de 1.5 m y con una interdistancia máxima de 50 m. Deberá proyectarse con una iluminancia horizontal mínima de 2 luxes a 0.5 m de la acera, si existiera.

6.5 Control de alumbrado

La luminancia en la zona de acceso varía en función de las condiciones climatológicas diurnas. Durante el día, los niveles de luminancia que deben ser proporcionados por la instalación de alumbrado en las zonas de umbral y transición deben ser porcentajes constantes de la luminancia en la zona de acceso, por lo que es necesario prever un control automático del alumbrado artificial en estas zonas.

En la práctica, para el control del nivel de luminancia requerido en la zona de umbral, que debe ser realizado de forma continua, la solución preferida es la de utilizar un luminancímetro con un campo de medición de 20° en cada boca de entrada, situados a la distancia de parada (DP).

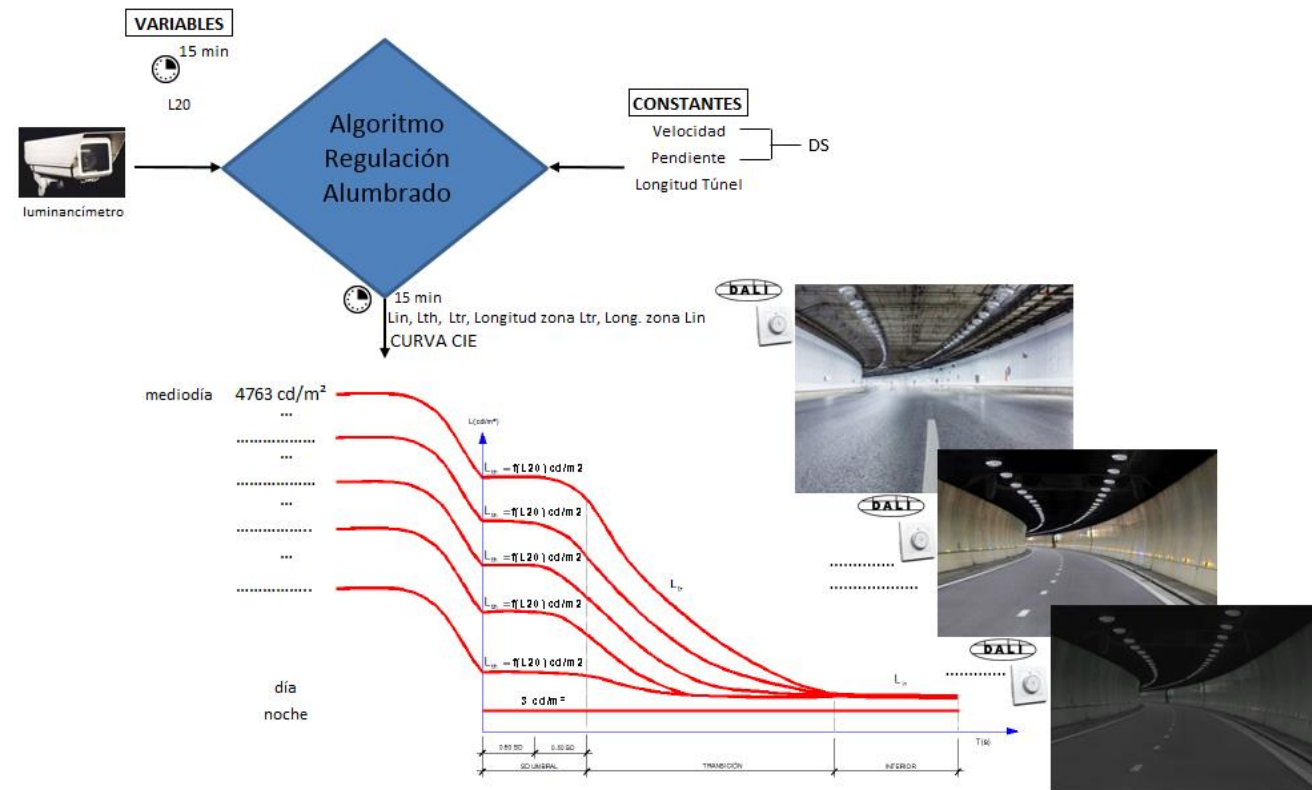
Los distintos regímenes de alumbrado consistían, hasta la fecha, en diferentes niveles de iluminación aplicados a los distintos tramos del túnel, diseñados para adaptarse a las variaciones de la luz natural. Tradicionalmente estos niveles se han obtenido por medio de la conmutación de diferentes circuitos de alimentación a diferentes grupos de luminarias, que proporcionaban en cada tramo el nivel establecido para cada régimen concreto.

Esta forma de proceder, descrita en el párrafo anterior, obedecía a la dificultad para realizar una regulación continua del flujo emitido por los proyectores de VSAP que tradicionalmente se han venido utilizando para el necesario aporte de luz en las zonas umbral y de transición. Sin embargo, el uso en la actualidad de luminarias LED para el aporte lumínico de las zonas umbral y de transición, permite la regulación de la cantidad de luz emitida por cada una de las luminarias, sin mayor problema. Es por este motivo, que en el túnel de la Avanzada se propondrá implantar un sistema de control de alumbrado que, supervisando la lectura de L20 de los luminancímetros cada 15 minutos, calcule la curva CIE correspondiente a ese aporte lumínico, para así cambiar la regulación de las luminarias de las zonas umbral y de transición.

Se obtendrá de la manera descrita un sistema de alumbrado ajustado en todo momento (en lapsos de 15 minutos) a las necesidades reales de la instalación. Evitando así el exceso de consumo de energía que se venía dando en estas instalaciones por funcionar siempre con únicamente 2 escalones de regulación sobre la curva CIE.

Se adjunta a continuación un diagrama de bloques con las funcionalidades básicas requeridas.

Anejo 07 - Energía y alumbrado



Deberá establecerse un nivel de regulación de iluminación mínimo en función de las características eléctricas del material de iluminación que se utilice, de forma que no se superen niveles aceptables de tasa de distorsión de armónicos, ni $\cos \phi$.

6.6 Estudios lumínicos

Llegados a este punto y con las necesidades de alumbrado que se hayan obtenido de aplicar lo indicado en el capítulo 6.4, se solicitará a, al menos, un fabricante de material de alumbrado que realice un estudio luminotécnico con las características de su material, que permita satisfacer los requerimientos lumínicos de la instalación en base a la norma.

Se hace notar que el estudio a realizar por el fabricante deberá ajustarse a la curva CIE solicitada, sin utilizar el tradicional sistema de escalones.

El estudio a realizar constará de las tres partes siguientes:

- Estudio luminotécnico alumbrado base y refuerzos en bocas
- Estudio luminotécnico alumbrado de emergencia
- Estudio luminotécnico alumbrado de evacuación

6.6.1 Control del Efecto Flicker

Según el apartado 5.8 de la IT-III de Alumbrado, del DF 91/2012, sobre los resultados de los estudios lumínicos con la implantación de las luminarias, deberá comprobarse que éstas no resulten ser ubicadas a interdistancias que generen frecuencias de parpadeo entre 2.5 y 15 Hz cuando la situación se alarga durante más de 20 segundos.

Dado que la velocidad de diseño del túnel es 80 km/h (22.22 m/s), supuesta una velocidad constante, calcularemos el tiempo que se tardará en recorrer el túnel.

$$s = v \cdot t$$

siendo:

s = espacio recorrido (m)

v = velocidad (m/s)

t = tiempo (s)

Despejando t se obtiene que el tiempo necesario para recorrer el túnel completo (824 m) es de 37.08 s > 20 por lo que será necesario tener una especial precaución por el efecto Flicker.

Se calcula a continuación las interdistancias entre luminarias para las cuales se puede dar el efecto.

$$f = \frac{v}{s}$$

siendo:

f = frecuencia (Hz)

s = espacio (m)

v = velocidad (m/s)

Despejando s se obtiene que para una velocidad de 22.22 m/s y una frecuencia de 2.5 Hz la interdistancia resultante sería 8.88 m; y para una misma velocidad y frecuencia de 15 Hz la interdistancia sería 1.48 m. Por lo que habrá que prestar una especial atención a las luminarias ubicadas a interdistancias comprendidas entre 1.48 y 8.88 m, cuando esta distribución se pueda prolongar durante más de 20 s (444.4 m).

6.6.2 Guiado visual

Deben instalarse en la zona de entrada de los túneles tipo I y II, en los primeros 75 m, como mínimo 5 luminarias, con el fin de obtener un mínimo guiado visual, según indica el apartado 7.1 de la IT III de alumbrado. En los estudios lumínicos a solicitar se requerirá el cumplimiento de este requisito.

Existe la posibilidad de establecer un guiado visual mucho más exigente, por medio de una tira continua de luminarias sobre cada carril, o en cada sentido de la marcha, que proporciona un guiado visual de una gran calidad. En este caso, por no ser una exigencia normativa, haber problemas de escaso gálibo y su elevado coste, no se considera.

6.7 Descripción de la solución Propuesta

Se propone adoptar un sistema de iluminación, mediante proyección, desde ambos hastiales, basado en luminarias de tecnología LED de 4000 K de temperatura de color. La adopción de tecnología LED permitirá cumplir con los requisitos técnicos de eficiencia energética requeridos por la normativa, al tiempo que se reduce significativamente la potencia instalada, permitiendo reducciones de coste en cables, canalizaciones, cuadros de baja tensión, transformadores, y factura eléctrica.

El Alumbrado de Refuerzo estará compuesto por luminarias de diferentes potencias y paquetes lumínicos, situadas a distancias variables, con el fin de adoptar la curva CIE correspondiente en la entrada del túnel. Parte de este alumbrado de refuerzo estará en disposición de ser alimentado desde grupo electrógeno.

El Alumbrado Base estará compuesto por luminarias de misma potencia cada una, situadas a distancias regulares, a lo largo de cada hastial. Este alumbrado será programado para reducir su potencia entre las 23:00 h y las 05:30 h.

El Alumbrado de Emergencia será llevado a cabo por medio de parte del alumbrado base, encendiendo una parte del mismo de cada hastial, con luminarias enfrentadas preferiblemente. La totalidad de este alumbrado estará alimentado a través de SAI mediante cable resistente al incendio.

El Alumbrado de Evacuación se propondrá formado por una tira continua de LED, instalada sobre un perfil de aluminio con difusor de policarbonato, instalada en ambos hastiales. La totalidad de este alumbrado estará alimentado de SAI mediante cable resistente al incendio, o bien dispondrá de baterías autónomas.