

PROYECTO Y POSIBLE NECESIDAD DE NORMALIZACIÓN DE LA OBRA CIVIL AUXILIAR PARA ALOJAR LAS INSTALACIONES DE UN TÚNEL VIARIO

Ivan Ricondo Zaldivar

TEKIA, Ingenieros, S.A.

1. Introducción

La seguridad en túneles carreteros viene siendo un aspecto de interés creciente en los últimos años, sobre todo, a raíz de los incendios en los túneles de Mont Blanc y Tauern en 1999, y en el túnel de Sant Gotardo en 2001, los cuales provocaron un total de 62 víctimas mortales en su conjunto.

Con objeto de disminuir el riesgo inherente a los túneles, el Parlamento Europeo público en el año 2004 la Directiva 2004/54/CE, sobre requisitos mínimos de seguridad para túneles de la red transeuropea de carreteras, estableciendo requerimientos sobre las instalaciones e infraestructuras de túneles de longitud superior a 500 metros.

A posteriori, los distintos Estados Miembros han ido publicando diferentes transposiciones de dicha Directiva a sus legislaciones particulares. En el caso español, se produjo en el año 2006 mediante el Real Decreto 635/2006 para túneles de la red de carreteras del Estado, y en Bizkaia, mediante el Decreto Foral 135/2006 y sus Instrucciones Técnicas publicadas en 2008. Dichas transposiciones son en general más restrictivas que la Directiva 2004/54/CE.

Con el objetivo de satisfacer los requerimientos de infraestructura e instalaciones de dichas reglamentaciones, el presente documento describe la proyección de la obra

civil auxiliar para alojar las diferentes instalaciones previstas en un túnel de 2 km de longitud, de tipo unidireccional de doble tubo, por el cual se permite el paso de vehículos con mercancías peligrosas.

2. Normativa Existente

2.1. La Situación en España

La reglamentación existente al respecto de la obra civil auxiliar para contener las instalaciones de un túnel de carretera es escasa, aunque no inexistente.

En España se dispone del mencionado RD 635/2006 para túneles de carreteras del Estado, la cual impone exigencias de infraestructura, aunque no aporta requerimientos detallados acerca de la obra civil auxiliar objeto de estudio.

Sin embargo, en el ámbito Bizkaia, las Instrucciones Técnicas de seguridad y explotación del DF 134/2008, sí marcan algunas exigencias y recomendaciones a cerca del tema tratado. La siguiente tabla muestra los requerimientos de obra civil auxiliar, aplicables a todos los tipos de túneles:

Requerimientos DF 134/2008

Barreras laterales	- Se instalarán en todos los túneles barreras tipo New Jersey.
Revestimiento estético	- Se instalará revestimiento estético en todos los tipos de túneles, por encima de la barrera de tipo New Jersey.
Canalización de energía de AT	- Las 2 líneas suministradoras de AT seguirán trazados distintos. - Tendido de los cables por el interior del túnel será enterrado a 0,8 m. como mínimo de profundidad, sobre lecho de arena sin necesidad de arquetas o bajo tubo embebido en hormigón con falsas arquetas cada 100 metros aprox., una vez tendido el cable estas arquetas serán selladas mediante protección pasiva.
Arquetas para las instalaciones contra incendios (PCI)	- Se recomienda que las dimensiones mínimas interiores de las arquetas para protección contra incendios sean de 0,65 m. en la dirección longitudinal del túnel y 0,35 m. en la transversal.

Requerimientos DF 134/2008

Canalización de comunicaciones y energía de BT	- Salvo justificación, se preverá la instalación de tubos para comunicaciones, preferente mente bajo la acera, en ambos lados del túnel. Se preverán 8 tubos de $\varnothing \geq 50$ mm diámetro, y arquetas estancas a distancia no superiores a 50 m en cada uno de los lados del túnel. - Salvo justificación, se preverá la instalación de tubos para suministro de energía eléctrica en alta o media tensión (mínimo 2 tubos $\varnothing \geq 200$ mm) y baja tensión (mínimo 8 tubos $\varnothing \geq 110$ mm con arqueta estanca situada a distancia no superior a 50 m). Se recomienda realizar la salida de las subidas de los tubos de energía eléctrica desde las arquetas sobre la barrera de seguridad. Asimismo, se recomienda ejecutar una roza en el hastial con el objetivo de lograr una mayor protección. - En ambos casos, se preverán pasos de calzada entre aceras de túneles y arquetas de derivación enfrentadas a las galerías de evacuación y pasos de vehículos.
Bandejas de canalización	- Bandejas de material plástico si solo soportan cables y no están sujetas a daños mecánicos, en otro caso, metálicas galvanizadas de espesor mínimo 1,5 mm. - En las verticales las bandejas quedarán protegidas con tapas metálicas. - Los cables relacionados con la seguridad e instalados dentro del túnel se tenderán en bandejas metálicas protegidas mediante conductos formados por paneles incombustibles resistentes al fuego durante 120 min. Estas canalizaciones protegidas lo serán en el último tramo de salida de las arquetas hasta los ventiladores. También puede realizarse dicha protección incrementando la categoría del tipo de cable a utilizar en el caso

del alumbrado de seguridad.

- Otro método para cubrir los requisitos de resistencia al fuego consiste en realizar la distribución de alimentaciones de fuerza y alumbrado mediante el principio de cantonamientos.

No específicas de túnel, existen otras reglamentaciones que aplican a instalaciones exteriores de túnel, como son el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), especialmente su ITC-BT-09 de Alumbrado Exterior y la ITC-BT-21 Instalaciones interiores y receptoras, y la ITC-BT-07 de redes subterráneas de distribución en BT, las cuales exigen lo siguiente:

Requerimientos REBT

Instalaciones interiores y receptoras ITC-BT-21

- Los cables irán entubados; los tubos para las canalizaciones subterráneas deben ser los indicados en la ITC-BT-21, y podrán ir hormigonados en zanja o no. Cuando vayan hormigonados el grado de resistencia al impacto será ligero según UNE-EN 50.086-2-4. Los tubos irán enterrados a una profundidad mínima de 0,4 m del nivel del suelo medidos desde la cota inferior del tubo (recomendado desde la cota superior, y en el caso de cruzamiento de calzadas con un valor de 0,5 m) y su diámetro interior no será inferior a 60 mm.
- Se colocará una cinta de señalización que advierta de la existencia de cables de alumbrado, situada a una distancia mínima del nivel del suelo de 0,10 m. y a 0,25 m. por encima del tubo.
- En los cruzamientos de calzadas, la canalización, además de entubada, irá hormigonada y se instalará como mínimo un tubo de reserva.

Instalaciones interiores y receptoras ITC-BT-21

Tubos de canalización en Redes subterráneas de distribución ITC-BT-07

- Se recomienda instalar los tubos a una altura de 0,45 m. del pavimento bajo las aceras, y de 0,6 m. bajo ¿tierra? en el resto de casos, se recomienda un recubrimiento mínimo inferior de 0,03 m. y un recubrimiento mínimo superior de 0,06 m.
- Se evitarán, en lo posible, los cambios de dirección de los tubos. En los puntos donde se produzcan se dispondrán arquetas con tapa, registrables o no. Para facilitar el tendido de los cables, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro, como máximo cada 40 m. A la entrada en las arquetas, los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores y de agua.
- La profundidad de los cables directamente enterrados, hasta la parte inferior del cable, no será menor de 0,60 m. en acera, ni de 0,80 m. en calzada.
- 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 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 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.

2.2. Otras Referencias en el contexto Europeo

2.2.1. Francia

En el ámbito francés, el CETU publicó en 1998 el informe “dossier pilote des tunnels génie civil”, donde se describen redes tipo en túneles. Entre otros sistemas recomienda:

- Red eléctrica MT, para túneles con doble acometida, con tubos de Ø 150 mm.
- Red eléctrica de BT, con 10 tubos de Ø 80 mm.
- Red eléctrica de muy baja tensión, con 2 tubos de Ø 80 mm.
- Red eléctrica para el alumbrado público, con 2 tubos de Ø 80 mm.
- Red de corrientes débiles (postes SOS, GTC, opacímetros, detectores, PMVs, ordenadores, etc...), con tubos de Ø 80 mm.
- Red eléctrica para sistema CCTV, con tubos de Ø 80 mm
- Red de comunicaciones PTT

Así mismo, indica la conveniencia de separar las canalizaciones:

- De MT, para evitar interferencias
- de ciertas derivaciones, para evitar saturación de cables con radios de giro críticos (fibra óptica por ejemplo)
- de líneas redundantes, para aumentar la seguridad de explotación.

Posteriormente, se publicó la Circular Interministerial 2000-63, de obligado cumplimiento para túneles de la red de carreteras francesa, donde se exige:

- proteger de los efectos directos del fuego a los cables de alimentación eléctrica de las arterias principales, estas son, las de interconexión entre postes. Dicho cumplimiento puede realizarse de diferente formas, entubados bajo acera o calzada, en conductos o galerías técnicas, con una protección al fuego N3 (correspondiente a una curva de fuego CN 240 y HCM 120).
- Los circuitos de alumbrado de seguridad y evacuación estarán igualmente protegidos de los efectos directos del fuego. Para ello se realizarán con cables de categoría CR1 (resistentes al fuego). Dado que el incendio de vehículos pesados puede superar la resistencia al fuego de dichos cables, la alimentación se realizará según el principio de cantonamientos, no pudiendo exceder de 600 m aproximadamente por cantón para el alumbrado de seguridad, y de 100 m en el caso de las balizas de evacuación.

2.2.2. Portugal

En la reglamentación portuguesa se cuenta con la Instrucción Técnica IT/EP/GTSU 01-2008, en el ámbito de la red de carreteras con clasificación IP, IC e IN, variantes

PROYECTO Y POSIBLE NECESIDAD DE NORMALIZACIÓN DE LA OBRA CIVIL AUXILIAR PARA ALOJAR LAS INSTALACIONES DE UN TÚNEL VIARIO

y circulares. Dicha Instrucción detalla la ejecución de las arquetas y tubos necesarios para la instalación de cables de comunicaciones en vías de carretera, para instalaciones exteriores tales como PMVs, cámaras, ETDs, etc., detallando características de materiales y montaje.

Así por ejemplo, especifica distancias máximas en tramos rectos de 250 m. entre arquetas, con las siguientes configuraciones de sección transversal:

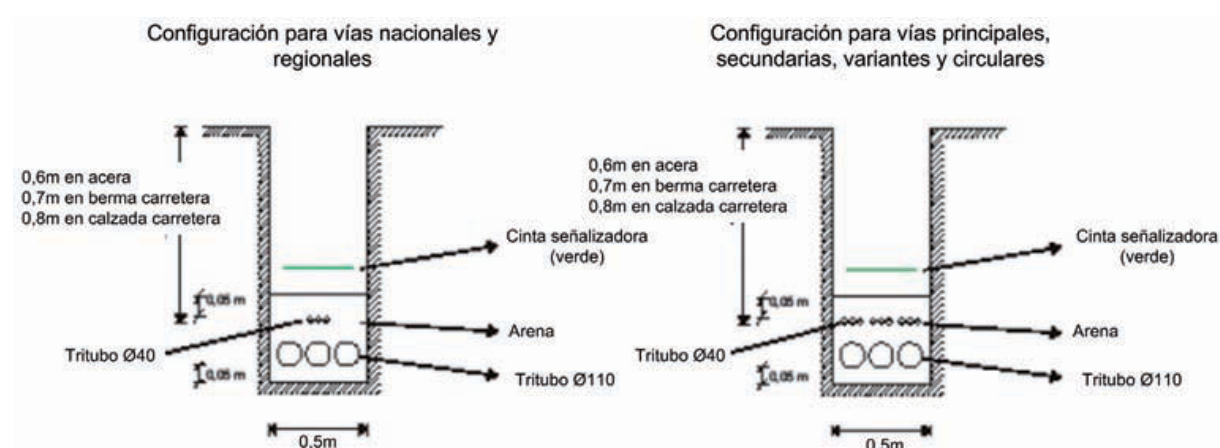


Figura-1

3. Características del Túnel proyectado

TÚNEL	
Tipología	Interurbano
Número de Tubos	2
Velocidad de paso	80 km/h
Tipo de Tráfico	Unidireccional
Sección Longitudinal	
Longitud	2.000 m
Pendiente máxima	0,5 %
Sección Transversal	
Altura máxima / gálibo	8 m / 5,1 m
Número de Carriles	2
Anchura de los carriles	3,50 m
Anchura del arcén derecho	2,5 m

Anchura del arcén izquierdo	1,0 m
Anchura de la acera derecha	0,86 m
Anchura de la acera izquierda	0,95 m
Infraestructuras previstas	
<i>Barreras laterales</i>	<i>Sí (tipo New Jersey)</i>
<i>Revestimiento de hormigón</i>	<i>Sí</i>
<i>Revestimiento estético</i>	<i>Sí</i>
<i>Drenaje de calzada y de aguas subterráneas</i>	<i>Sí</i>
<i>Salidas de emergencia</i>	<i>Sí (7 galerías)</i>
<i>Apartaderos en interior de túnel</i>	<i>Sí (2 por tubo)</i>
Instalaciones previstas	
<i>Energía (doble trafo, grupo y SAI)</i>	<i>Sí</i>
<i>Alumbrado interior y exterior</i>	<i>Sí</i>
<i>Ventilación sanitaria y de emergencia</i>	<i>Sí (para 100 MW)</i>
<i>Detección de incendios (cable lineal)</i>	<i>Sí</i>
<i>Extinción de incendios (hidrantes, bies)</i>	<i>Sí</i>
<i>Depósito de agua y grupo de presión</i>	<i>Sí</i>
<i>Señalización dinámica de accesos</i>	<i>Sí</i>
<i>Señalización dinámica interior</i>	<i>Sí</i>
<i>Control de gálibo exterior</i>	<i>Sí</i>
<i>ETDs</i>	<i>Sí</i>
<i>CCTV+DAI</i>	<i>Sí</i>
<i>Postes SOS</i>	<i>Sí (cada 100 m)</i>
<i>Megafonía y radiotelefonía</i>	<i>Sí</i>

PROYECTO Y POSIBLE NECESIDAD DE NORMALIZACIÓN DE LA OBRA CIVIL AUXILIAR PARA ALOJAR LAS INSTALACIONES DE UN TÚNEL VIARIO

A continuación se muestra un gráfico de la sección transversal del túnel

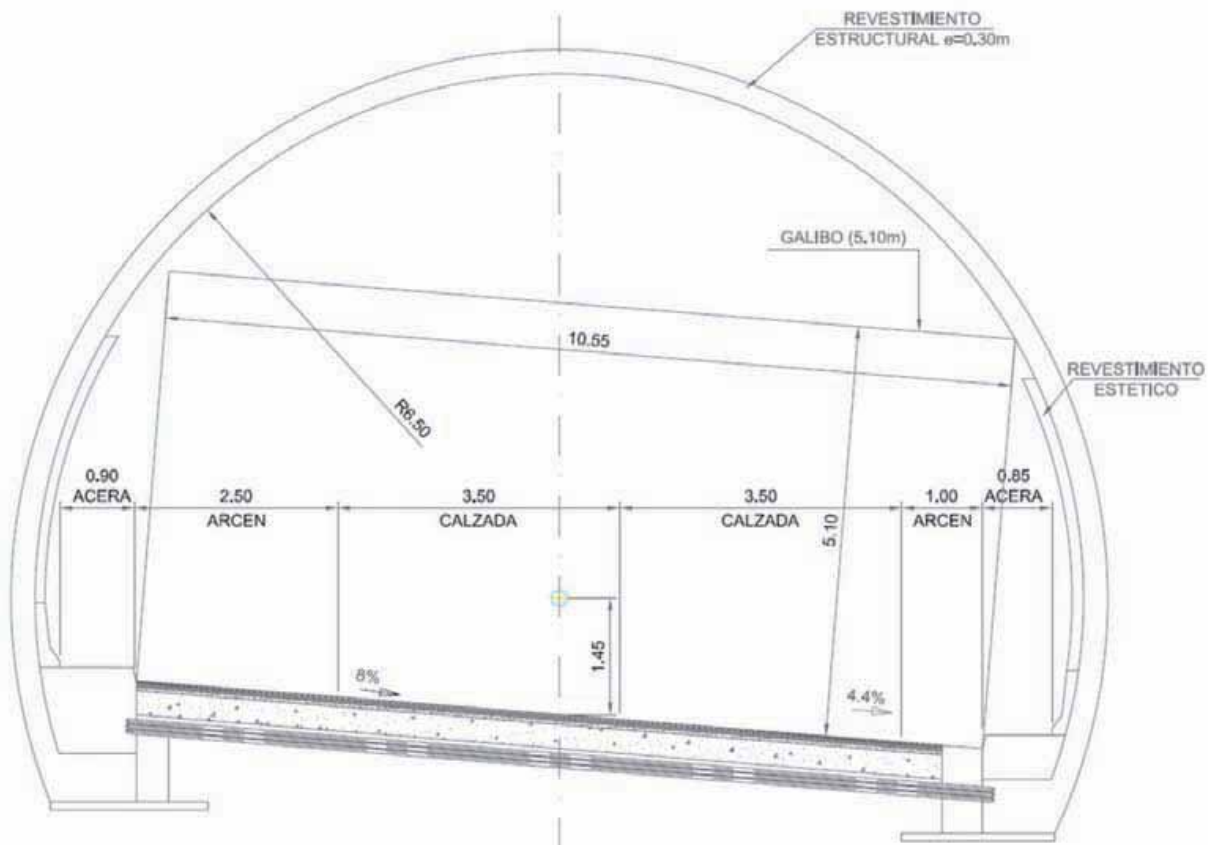


Figura-2

4. Criterios de diseño

El incidente de mayor riesgo en el interior de un túnel es el incendio. La mayoría de instalaciones previstas en los túneles tienen como funciones principales:

- 1) mitigar las consecuencias de un incendio ya producido, o
- 2) prevenir accidentes que puedan desarrollar un posterior incendio.

Aunque existen otros sistemas con funciones relacionadas con la mejora medio ambiental y del confort de la circulación.

La siguiente tabla muestra la división de instalaciones en cuanto a su función principal de actuación sobre el incendio:



Figura-3

Se han coloreado en rojo las instalaciones críticas, estas son, las que deben mantener su funcionalidad en condiciones de altas temperaturas, dado que su función principal es la de mitigar las consecuencias de un incendio mientras éste se está produciendo.

Dichos equipos, excepto los de extinción de incendios (extintores, hidrantes, bies), necesitan ser alimentados y comunicados desde los locales técnicos adyacentes para mantener su funcionalidad, para lo cual se tienden líneas de distribución de energía y comunicaciones, las cuales son susceptibles de quemarse, perdiendo así la funcionalidad deseada.

Existen varios métodos para mantener dicha funcionalidad:

- Empleando líneas de alimentación y comunicación resistentes al fuego, siendo conformes a las especificaciones de la norma UNE-EN 50200.
- Protegiendo las líneas de alimentación y comunicación mediante conductos resistentes al fuego, bien sea mediante canalización enterrada de hormigón, o empleando conductos formados por paneles incombustibles resistentes al fuego.
- Realizando la distribución de alimentaciones de fuerza, alumbrado y comunicaciones mediante el principio de cantonamientos, estableciendo cómo pérdida asumible las instalaciones de tramos cortos (cantones).

De entra todas ellas, y para proyectos de túneles nuevos, se recomienda llevar las líneas de alimentación y comunicación de los equipos críticos sobre canalización enterrada en hormigón, bajo tubo. Desde las arquetas hasta los propios equipos se

PROYECTO Y POSIBLE NECESIDAD DE NORMALIZACIÓN DE LA OBRA CIVIL AUXILIAR PARA ALOJAR LAS INSTALACIONES DE UN TÚNEL VIARIO

utilizará cable resistente al fuego según norma UNE-EN 50200, llevándolo siempre por detrás del revestimiento estético.

Dado que no supone incremento apreciable en coste, se recomienda igualmente llevar bajo canalización enterrada el cableado correspondiente al alumbrado normal y de seguridad, y el de la señalización dinámica, dado que, a pesar de que no son sistemas críticos que deban mantener el servicio durante y después del incendio, sí que pueden ayudar en la evacuación de los usuarios, aumentando y mejorando los niveles de iluminación y señalización durante el proceso de evacuación, y contribuyendo por tanto a mitigar los efectos del incendio.

Para las instalaciones exteriores del túnel, se prevé una canalización enterrada bajo tubo, aunque no se requiere que sea de hormigón por estar en el exterior.

5. Solución propuesta de Obra Civil Auxiliar

5.1. Interior de Túnel

Como se ha comentado en los criterios de diseño, se prevé canalización enterrada para la alimentación eléctrica y comunicaciones de todos los equipos críticos de interior de túnel, además del alumbrado normal y de seguridad. Como algunos equipos se alimentan desde los postes SOS (señales dinámicas, detectores de CO, NO, opacímetros, y ETDs), dichos equipos tendrán igualmente canalización enterrada hasta los postes SOS.

La solución final de la sección transversal del túnel viene representada en la siguiente figura:

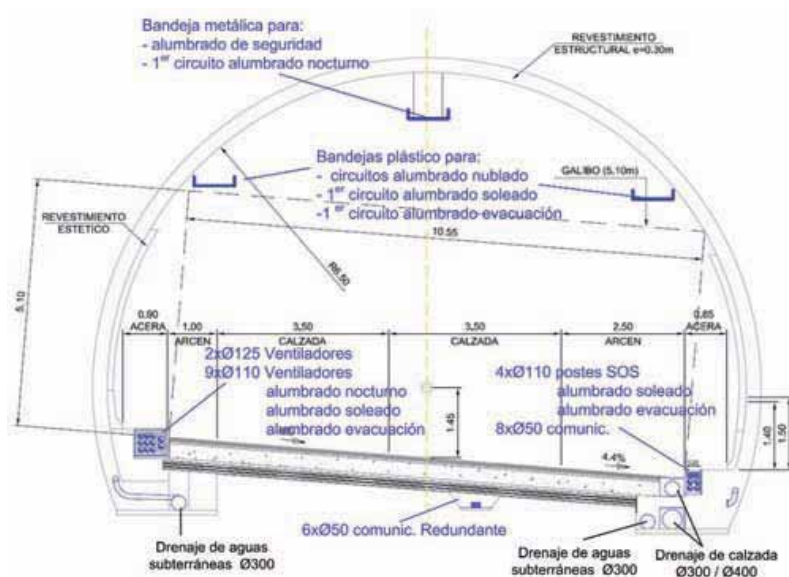


Figura-4

A continuación se da la justificación de la solución adoptada.

5.1.1. Energía

Los mayores requerimientos de tubos para BT los condiciona la ventilación y el alumbrado. En el túnel se han previsto 34 ventiladores de 45 kW, 20 en el tubo de pendiente negativa, y 14 en el de pendiente positiva. De otra parte, los mayores requerimientos para el alumbrado se producen en las bocas de entrada, dado que dichas bocas cuenta con refuerzos de alumbrado para una buena adaptación del ojo humano a las condiciones de luminosidad del túnel.

Por tanto, el tubo con pendiente negativa en el lado de la boca entrada tendrá el mayor requerimiento de nº de tubos a canalizar. El resultado del cálculo de este caso servirá para el resto de zonas, aunque resulte que algunos tubos queden vacíos.

Siguiendo los requerimientos de la ITC-BT-21 del REBT, se eligen secciones de tubos de acuerdo a la siguiente tabla:

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	< 6	7	8	9	10
1,5	25	32	32	32	32
2,5	32	32	40	40	40
4	40	40	40	40	50
6	50	50	50	63	63
10	63	63	63	75	75
16	63	75	75	75	90
25	90	90	90	110	110
35	90	110	110	110	125
50	110	110	125	125	140
70	125	125	140	160	160
95	140	140	160	160	180
120	160	160	180	180	200
150	180	180	200	200	225
185	180	200	225	225	250
240	225	225	250	250	--

Para más de 10 conductores por tubo o para conductores o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 4 veces la sección ocupada por los conductores.

Figura-5

Por cuestiones de homogeneidad, y vista la normativa existente, no se instalan tubos de menor diámetro que 110 mm.

En el caso que nos ocupa, el cálculo ha resultado el siguiente:

**PROYECTO Y POSIBLE NECESIDAD DE NORMALIZACIÓN DE LA OBRA CIVIL AUXILIAR
PARA ALOJAR LAS INSTALACIONES DE UN TÚNEL VIARIO**

TÚNEL	
Sistemas	Nº de tubos
Ventiladores (10 circuitos)	2 x Ø110 2 x Ø125
Alumbrado nocturno o permanente (7 circuitos)	2 x Ø110
Alumbrado soleado (2 circuitos)	2 x Ø110
Alumbrado de evacuación (2 circuitos)	2 x Ø110
Circuitos de resto de equipos (3 circuitos)	1 x Ø110
TOTAL	9 x Ø110 2 x Ø125

De los cuales 6xØ110 y 2xØ125 irían por el hastial izquierdo, y 3xØ110 por el hastial derecho alimentando a los equipos asociados a los postes SOS y el alumbrado correspondiente del hastial derecho de refuerzo y evacuación. Para tener una cierta reserva, se decide llevar 9xØ110 y 2xØ125 por hastial izquierdo, y 4xØ110 por el hastial derecho.

El resto de circuitos de alumbrado, que comienzan directamente en las bocas, como son el alumbrado de seguridad (1 circuito), nublado (4 circuitos), 2 circuitos de soleado, 1 circuito del nocturno, y 2 circuitos de evacuación, se llevan por bandejas en ambos hastiales.

No se han incluido canalización para cables de AT dado que no se cuenta con doble línea de alimentación en los centros de transformación.

5.1.2. Comunicaciones

En cuanto a las comunicaciones en interior de túnel, únicamente la norma DF 134/2008 especifica llevar 8 tubos de diámetro 50 mm por ambos hastiales (16 tubos en total).

Sin embargo, se entiende innecesario llevar tantos tubos para comunicar los equipos de interior de túnel, estimando más que suficiente llevar únicamente 8xØ50 por el hastial derecho, dado que todos los equipos se encuentran en el lado derecho o en posición cenital centrada.

A parte de las comunicaciones de los equipos del túnel, se ha previsto una canalización independiente para las comunicaciones de los elementos exteriores, que atraviesa el túnel, con 18xØ50 como red troncal en un tubo, y de 6xØ50 como red redundante en el otro tubo. Dichas canalizaciones van bajo calzada sin arquetas.

5.1.3. Subida de cables desde las arquetas

La llegada de los cables hasta las arquetas va protegida al ir enterrada, pero desde dichas arquetas hasta los propios equipos hay que prever otro sistema de protección para los sistemas críticos.

1. Existe la posibilidad de, durante la ejecución del encofrado de los hastiales, dejar canales entre carros para posteriormente poder subir cables, hormigonando al final.



Figura-6

Esta solución plantea la dificultad de que existen diferentes longitudes de carros de encofrado (6, 9, 12 metros), y no es posible especificar exclusivamente una en proyecto, situando las arquetas convenientemente en función de dicha distancia.

2. Otra posibilidad es, una vez terminada la ejecución de los hastiales, realizar rozas en los puntos adecuados para la introducción de los cables y hormigonado posterior, o bien, llevar conductos resistentes al fuego RF 120 hasta los equipos, solución exigida según el DF 134/2008 para los ventiladores.
3. Igualmente, y dada la complicación de ejecución y económica de las soluciones anteriores, puede realizarse la subida de cables sin protección adicional de conductos, prescribiendo cableado con aislamiento resistente al fuego según norma UNE-EN 50200.

Analizado el coste económico con el incremento de seguridad, se prevé la 3ª solución, especificando cables resistentes al fuego desde las salidas de arquetas hasta los equipos críticos (altavoces, cámaras y ventiladores), llevando dichos cables por detrás del revestimiento estético en las verticales.

5.2. Exterior de Túnel

En el exterior del túnel, en los accesos a cielo abierto, también se dispone de instalaciones asociadas al túnel, como pueden ser:

- Alumbrado exterior
- Cámaras móviles
- Estaciones meteorológicas
- Paneles de mensajería variable
- Semáforos
- Barreras
- Etc.

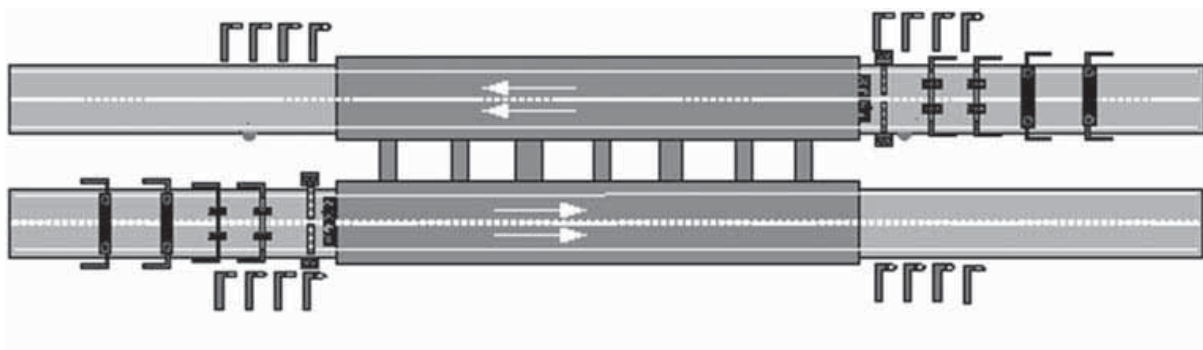


Figura-7

Dichos equipos necesitan igualmente ser alimentados eléctricamente y comunicados con el nodo más cercano. Se ha procedido a calcular el número de tubos de PEAD necesarios para poder canalizar dichos cableados según el mismo criterio del apartado anterior, concluyendo suficiente en todos los casos llevar 2 tubos de diámetro 110 mm, uno para fuerza y otro para alumbrado. Por criterios de reserva, se dispone siempre un tercer tubo de las mismas características, obligatorio en los cruzamientos según la ITC-BT-09 del REBT.

Para las comunicaciones de los equipos se ha estimado conveniente disponer de 6 tubos de PEAD de diámetro 50 mm.

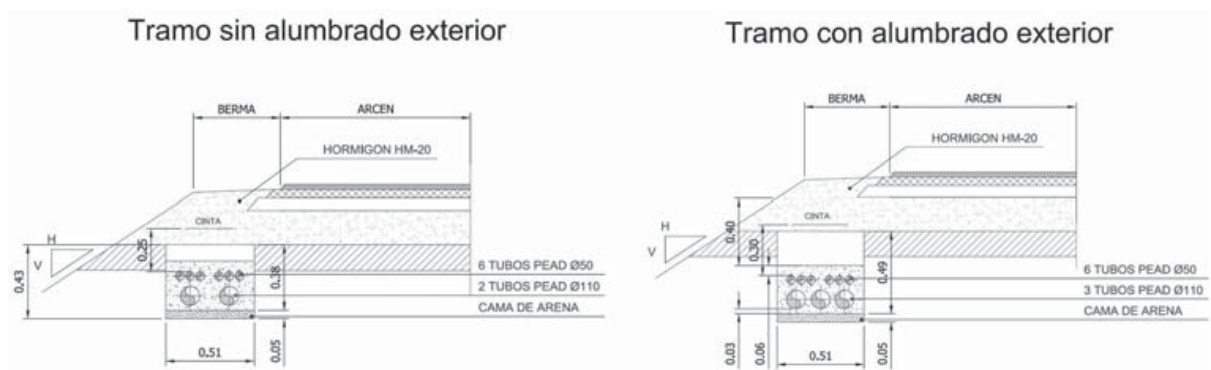


Figura-8

5.3. Arquetas

Se dispondrán arquetas de registro cada 50 m en el interior y exterior del túnel como marcan por ejemplo el DF 134/2008, y en todos los cambios de dirección y en las entradas a cajas generales de distribución.

Las dimensiones interiores de las mismas serán de al menos 400 x 540 mm (largo x ancho) y 1000 mm. de altura, suficientes para poder alojar los tubos previstos, construidas con bloque de hormigón armado y enlucidas interiormente, provistas de marco y tapa de hierro fundido.

En las arquetas los tubos quedarán a unos 25 cm por encima del fondo de éstas, para permitir la colocación de los rodillos en la operación de tendido. Una vez tendido el cable, los tubos se taponarán con yeso de forma que el cable quede situado en la parte superior del tubo. La situación de los tubos en las arquetas será la que permita los mayores radios de curvatura. El fondo de la arqueta será permeable de forma que permita la filtración de agua.

La arqueta tendrá un espesor mínimo de 60 mm., aunque llevará rebajado el espesor de sus paredes laterales en su mitad inferior, con al menos 20 mm., al objeto de que, de acuerdo con las necesidades que se presenten según el tipo de canalización, pueda romperse para la instalación de los tubos.

6. Propuesta de Normalización

Revisados todos los elementos a canalizar, se llega a dos conclusiones principales:

- En la obra civil auxiliar de interior de túnel es complicado llevar a cabo soluciones normalizadas, dado que cada túnel tiene mayor o menor cantidad de instalaciones en función de su longitud, pendiente, IMD, etc. Además, las regla

**PROYECTO Y POSIBLE NECESIDAD DE NORMALIZACIÓN DE LA OBRA CIVIL AUXILIAR
PARA ALOJAR LAS INSTALACIONES DE UN TÚNEL VIARIO**

mentaciones de cada país son diferentes, imponiendo requerimientos para las instalaciones que pueden variar considerablemente de unas a otras.

- En la obra civil auxiliar de exterior de túnel sí es viable normalizar soluciones tipo, dado que los requerimientos son siempre parecidos.

6.1. Propuesta de Normanización de la canalización exterior de Túneles

Visto que los requerimientos en el exterior de los túneles no requieren más de 2 tubos de diámetro 110 mm para fuerza y alumbrado, se prevé una canalización tipo con 3 tubos de diámetro 110 mm (uno de reserva), además de 6 tubos de diámetro 50 mm para las comunicaciones de los equipos de exterior, hormigonada con HM-20, y con la siguiente distribución:

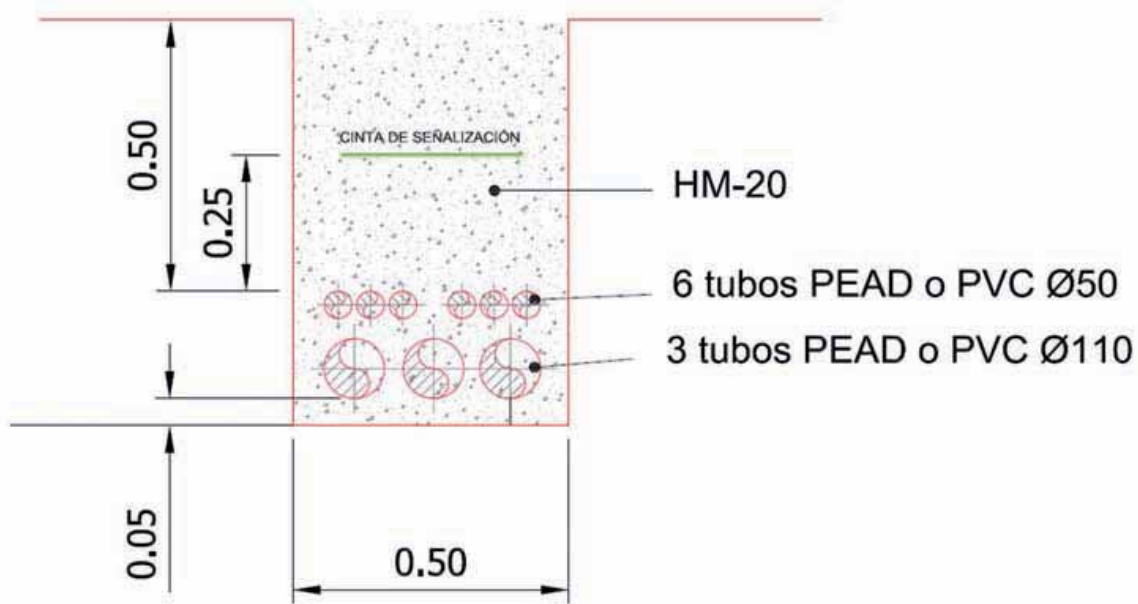


Figura-9

Esta solución es válida tanto para tramos en bermas o bordes de calzada, como para cruzamientos.

Se utilizarán arquetas cada 50 metros, de dimensiones mínimas 400 x 540 x 1000 mm. (largo x ancho x alto), con espesor mínimo de pared 60 mm., rebajado en la mitad inferior a un espesor mínimo de 20 mm., construidas en hormigón armado y con marco y tapa de fundición.

7. Referencias

Para la redacción del presente artículo y la realización del proyecto objeto del mismo se ha hecho uso principalmente de las siguientes referencias:

- Decreto Foral 134/2008 de la Diputación Foral de Bizkaia
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) 2002, en especial las Instrucciones ITC-BT-09 de Alumbrado exterior, y la ITC-BT-21, e ITC-BT-06.
- Circulaire Interministérielle n° 2000-63 (Ministère de l'Équipement, des transports et du Logement 2000).
- Dossier pilote des tunnels. Génie civil. Section 7 (CETU 1998).
- Instrucción Técnica IT/EP/GTSU 01-2008 (Estradas de Portugal 2008).
- Norma Iberdrola NI 50.20.41 (1994), sobre arquetas prefabricadas de hormigón para canalizaciones subterráneas.