

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA REDUCCIÓN DE LA CONGESTIÓN Y DE LA VULNERABILIDAD EN LA RED BÁSICA TRANSEUROPEA (TEN-T), EN LOS ACCESOS A LOS ELEMENTOS Y NODOS DEL CORREDOR ATLÁNTICO EN BILBAO Y EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BIZKAIA: MALLADO DE LA RED MEDIANTE LA CONEXIÓN BI-637 CON A-8, VSM/E-70 Y BI-628 ENTRE MÁRGENES



Anejo 9 - Instalaciones de Seguridad en Túneles

Protección contra incendios

Registro de cambios

Control de firmas				
Realizado	Revisado	Supervisor de la Disciplina	Supervisor General	Aprobado
Arturo Pelayo (SENER)	Santiago Vilariño (SENER)	Juan Manuel Sanz (SENER)		Eduardo Rivero (SENER)
27/10/200				
Fecha y Firma	Fecha y Firma	Fecha y Firma	Fecha y Firma	Fecha y Firma
No precisa firma si está aprobado electrónicamente mediante ruta				

Información del Documento	
Código Documento	TSL-EM-DB-01-01-AN-00009
Revisión	00

[illegible]

INDICE	
1	INTRODUCCIÓN Y ALCANCE 5
2	NORMATIVA APLICABLE 5
3	DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA..... 5
4	FILOSOFÍA Y CRITERIO DE DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS 5
4.0	Estudio de las causas posibles de incendio..... 6
4.1	Incendio originado por instalaciones fijas 6
4.2	Incendio debido al tráfico de vehículos..... 6
4.3	Criterios de sectorización y definición de riesgos 6
4.4	Materiales de construcción de los cerramientos 6
4.5	Estabilidad al fuego de la estructura 6
4.6	Resistencia al fuego de los cerramientos 6
4.7	Requisitos de resistencia al fuego de los componentes del sistema de protección contra incendios 7
5	SISTEMAS DE EXTINCIÓN 7
5.0	Requisitos del Decreto Foral de Seguridad de Túneles de Carreteras..... 7
5.0.0	Detección y alarma 7
5.0.1	Extintores portátiles..... 7
5.0.2	BIES..... 8
5.0.3	HIDRANTES 8
5.0.4	Columnas secas..... 8
5.0.5	Cuartos técnicos..... 8
5.0.6	Sistemas Fijos protección estructura 8
5.0.7	Señalización y evacuación 8
5.1	Requisitos de la Directiva 2004/54/CE 9
5.2	Requisitos del proyecto 9
5.2.0	Consideraciones. 9
5.3	Abastecimiento de agua..... 9
5.4	Grupo de bombeo 10
5.4.0	Detección y alarma en la sala de bombas..... 10
5.5	Red de distribución de agua y medios manuales (hidrantes y BIES) 11
5.5.0	Hidrantes 11
5.5.1	BIES..... 11
5.6	Sistema de diluvio. 11
5.6.0	Criterios de diseño. 11
5.6.1	Solución propuesta y dimensionamiento. 12
5.6.2	Requisitos de materiales. 13
5.7	Sistema fijo de extinción por agua nebulizada..... 13

5.8	Sistema de extintores portátiles 13
5.9	Sistema de Columna Seca 13
5.10	Sistema de Extinción Mediante Agentes Limpios..... 13
5.11	Sistema fijo de Extinción automática por Aerosol en armarios eléctricos y electrónicos..... 14
6	SISTEMA DE DETECCIÓN Y ALARMA DE INCENDIOS 14
6.0	Introducción 14
6.1	Detección lineal de incendios en el interior del túnel..... 15
6.1.0	Cable sensor de fibra óptica..... 15
6.1.1	Unidad controladora. 15
6.1.2	Distribución de controladores..... 15
6.1.3	Integración del sistema 15
6.2	Detección de incendios en los Centros de Transformación y vías evacuación..... 16
6.2.0	Central analógica de incendios 16
6.2.1	Detectores de humo 16
6.2.2	Pulsadores de alarma 16
6.2.3	Sirenas y rótulos..... 16
6.2.4	Lazo de detección analógico 16
7	SEÑALIZACIÓN DE EMERGENCIA 16
7.0	Equipamiento del sistema de señalización de emergencia 16
7.0.0	Señales fotoluminiscentes para vías de evacuación 17
7.0.1	Señales fotoluminiscentes para postes SOS y extintores..... 17
7.0.2	Señalización de indicación de salidas a las galerías de evacuación..... 17
7.1	Equipamiento del sistema de señalización dentro de galería de evacuación 18
7.1.0	Señales fotoluminiscentes en galería de evacuación 18
7.2	Carteles identificativos..... 19
7.3	Zonas de rociadores..... 19
7.4	Cuartos técnicos 19

FIGURAS

Figura 1: Abastecimiento superior , figura 7 de la UNE 23500:2012 9
Figura 1: Abastecimiento superior , figura 7 de la UNE 23500:2012 10
Figura 2: Conexión siamesa para “hidrante”..... 11
Figura 3: Incendio inicial. En el hastial del túnel se observa una temperatura de 115°C 12
Figura 4: Activación del Deluge System la temperatura se reduce a 21,4°C 12
Figura 5: Sistema de diluvio de boquillas de gran dispersión. Japón. 12
Figura 6: Resultados de la campaña de ensayos de FPPS de diluvio 12
Figura 7: Distribución de boquillas en las diferentes secciones del túnel..... 12
Figura 9: Cable detección lineal de dos fibras..... 15

Figura 10: Señalización de equipos de emergencia.

17

Figura 11: Señal fotoluminiscente indicadora de vía de evacuación.....

17

Figura 12: Esquema de la señalización en las salidas a las galerías de evacuación.

18

Figura 13: Detalle de señal fotoluminiscente de “apoyar para abrir” en puertas de salida de emergencia

18

Figura 14: Ejemplo de pictograma de “riesgo de atropello” a ubicar en puertas de salida de emergencia lado interior de galería.....

19

Figura 15: Visión de cámara con la identificación de las zonas de activación y salida de emergencia

19

Figura 16: Señalización de delimitación de zonas de rociadores

19

Figura 16. Pulsador de disparo (amarillo) y paro (azul).....

19

Figura 17. Letrero de Extinción “NO ENTRAR EXTINCIÓN DISPARADA”

20

TABLAS

Tabla 1: Sistemas de extinción por gas.

14

1 INTRODUCCIÓN Y ALCANCE

En el presente Anejo se definirán los requisitos a nivel de Proyecto del Sistema de Protección Contra Incendios tanto en los túneles como las galerías de evacuación, los centros de transformación y las salas eléctricas existentes, todo ello teniendo en cuenta lo indicado en el Decreto Foral de Seguridad de Túneles de Carreteras, en el borrador de la Instrucción Técnica de Protección Contra Incendios incluida en las Instrucciones Técnicas de Seguridad y Explotación en Túneles de Carreteras y otras normas aplicables.

Este documento se utilizará como documento guía para el proceso de diseño de ingeniería, explicando los objetivos en la siguiente etapa de diseño, las limitaciones y los puntos de partida dentro de los cuales desarrollarán su trabajo para la elaboración de detalles adscritos a la disciplina MEP.

1.2 Alcance

Las distintas áreas para las que se ha estudiado el Sistema de Protección Contra Incendios son por una parte las características del Túnel Subfluvial Lamiako y por la otra, las diferentes salidas de emergencia, así como de los diferentes recintos técnicos que se instalen y se consideren dentro del alcance del proyecto.

Los sistemas que conforman el sistema de protección contraincendios son:

- Sistemas de extinción:
 - o Sistemas de extintores portátiles
 - o Sistema de red húmeda: BIE's + Hidrantes..
 - o Sistema de columna seca en cada galería de evacuación.
 - o Sistema de supresión de incendios por agente limpio: En cuartos técnicos y en armarios eléctricos y electrónicos.
- Sistemas de control de temperatura en caso de incendio:
 - o Sistema de rociadores de diluvio ubicado en el lateral del túnel.
- Sistemas de detección y alarma:
 - o Sistema de detección lineal en el interior del túnel
 - o Central analógica de incendios
 - o Subcentral analógica para sistemas fijos de extinción automática de incendios
 - o Pulsadores de alarma
 - o Sirenas
 - o Lazo de detección analógico
 - o Sistema de alarma
- Señalización de emergencia

2 NORMATIVA APLICABLE

Con carácter general serán de aplicación para el proyecto, ejecución y control de las Instalaciones de Protección y Detección de Incendios los Códigos y Normas oficiales vigentes tanto las autonómicas, fundamentalmente el Decreto Foral de Seguridad de Túneles de Carreteras y las Instrucción Técnica de Seguridad en Túneles para el Diseño Seguro V de Protección Contra Incendios, como las nacionales, así como la buena práctica habitual en este tipo de trabajos.

Las siguientes Normas, y Directivas hacen referencia a algún aspecto relacionado con el Sistema de Protección Contra Incendios:

- Decreto Foral 135/2006, de 23 de agosto, sobre Seguridad de Túneles de Carreteras.
- Decreto Foral 91/2012, de 24 de abril, por el que se aprueban las Instrucciones Técnicas de Seguridad y Explotación en Túneles de Carreteras y el borrador del modificado de las mismas proporcionado por el OITB pendiente de aprobación.

- Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.
- RD 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación
- Directiva 2004/54/CE del parlamento europeo y del consejo, de 29 de abril de 2004, sobre requisitos mínimos de seguridad para túneles de la red transeuropea de carreteras. Aplicable a túneles de más de 500 m.
- Recomendaciones de la A.I.P.C.R.
- Normas UNE
- NFPA 502 Road Tunnels, Bridges, and Other Limited Access Highways. Normativa EEUU.
- Reglas Técnicas de CEPREVEN.
- NFPA 24 Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances. Normativa EEUU.
- NFPA 15: Water Spray Fixed Systems for fire Protection. Normativa EEUU.
- Norma UNE 25-500-90: Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios.
- Normas DIN aplicables a valvulería y tubería.

3 DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

- Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares para la Adjudicación, mediante procedimiento abierto, del Contrato de Servicios de Asistencia Técnica para la Redacción del Proyecto de Construcción de la Reducción de la Congestión y de la Vulnerabilidad en la Red Básica Transeuropea (TEN-T), en los Accesos a los Elementos y Nodos del Corredor Atlántico en Bilbao y en el Área Metropolitana de Bizkaia: Mallado de la Red Mediante la Conexión BI-637 con A-8, VSM/E-70 y BI-628 entre Márgenes
- TSL-EM-CD-01-01-NT-05014 Instalaciones Electromecánicas, Ventilación y de Protección Contra Incendios. Criterios de diseño rev00.
- TSL-EM-CD-01-01-NT-05016 K-TU-02 Estudio previo inicial de Humos y Fuegos. Ventilación. Sistemas de extinción (FFFS)
- TSL-EM-CD-01-01-NT-05018 Propuesta de equipos e instalaciones Túnel Subfluvial Lamiako rev01
- Sistemas fijos de extinción de incendios en túneles de carretera: Sistemas actuales y recomendaciones. PIARC 2016. Sustituye a los anteriores documentos de PIARC (1999, 2007 y 2008).
- Normas, Enumeradas en el punto 2.
- TSL-EM-DB-01-01-DR-91220-EsquemaDetección
- TSL-EM-DB-01-01-DR-91221-EsquemaProtección

4 FILOSOFÍA Y CRITERIO DE DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Un sistema de protección contra incendios es requisito imprescindible dentro de las instalaciones de un túnel. Tanto desde el punto de vista de prevención como de actuación en caso de manifestarse el riesgo contemplado de incendio.

Su objetivo básico en proteger la integridad y seguridad tanto de las personas que hagan uso de la instalación como de la infraestructura. Para ello, el sistema de protección contra incendios debe cumplir las siguientes funciones:

- Prevenir los posibles incendios.
- Detectar, localizar y alarmar los posibles incendios.
- Sectorizar el incendio originado para evitar su propagación.
- Extinguir o reducir los incendios que se ocasionen mediante el empleo de material manual o comandado.
- Facilitar y favorecer la posible evacuación de personas mediante la señalización de evacuación.

Hay que destacar que para el cumplimiento de estas funciones, existen otros sistemas asociados como el sistema de ventilación que son engranajes para la seguridad de un túnel.

El presente documento muestra los medios y sistemas planificados y destinados para dichas funciones en el túnel subfluvial de Lamiako, incluyendo las instalaciones asociadas como los cuartos técnicos y salidas de emergencia.

4.0 Estudio de las causas posibles de incendio

Según lo indicado por la Asociación Mundial de Carreteras (PIARC siglas en Inglés) un túnel, como espacio confinado (si no se tomasen las medidas pertinentes) incrementa las consecuencias de los accidentes y, en particular, las consecuencias de un incendio, y algo que es fundamental podría limitar el acceso de los servicios de emergencia al lugar del siniestro y la auto evacuación de los usuarios.

Según estudios de PIARC, en túneles se tiende a accidentes menos frecuentes pero de un carácter más severo por el espacio en el que están asociados.

Entre los posibles riesgos que deben considerarse en los túneles de carretera, un incendio de un vehículo posee una especial relevancia ya que como se ha indicado, las posibles consecuencias son mayores en un espacio cerrado que en uno abierto (acumulación de calor y humos principalmente).

Las posibles causas de un incendio provienen de aquellas fuentes potenciales de originar un incendio. Estas son:

- Incendio originado por instalaciones fijas. Que se corresponden que se originan principalmente en equipos eléctricos que se encuentran en el túnel, tanto en la propia plataforma de rodaje como en cuartos técnicos y salidas de emergencia.
- Incendio debido al tráfico de vehículos. Aquellos que se originan en un vehículo dentro del túnel.

Tanto uno como otro tiene la posibilidad de ser iniciados de forma accidental (derivada de una situación previa) o bien de forma intencionada (ocasionada con objeto de provocarlo).

4.1 Incendio originado por instalaciones fijas

Son los incendios que se originan en las instalaciones del propio túnel. Los riesgos de incendio pueden provenir de:

- Equipos eléctricos: Situados principalmente en los cuartos técnicos (centros de transformación, salas de distribución, sistemas alternativos de energía, etc...) En los incendios en instalaciones fijas está es el origen más frecuente y las causas se han determinado por falta de mantenimiento, estado de los equipos, cortocircuitos, etc...
- Equipos con puntos calientes. Sistemas y equipamiento que cuentan con movimiento mecánico, en el que ejes y rodamientos pueden dar lugar a puntos calientes mediante fricción generando calentamientos o chipas capaces de originar un incendio.

4.2 Incendio debido al tráfico de vehículos

Son los incendios que se originan en los vehículos que circulan por el interior del túnel. Con respecto a sus características se pueden distinguir dos tipos de incendios de vehículos: los generados por una colisión y los ocasionados por un fallo/avería de los vehículos.

Con respecto a los fallos/avería de vehículos suelen comenzar bien en el motor, sistema de expulsión de gases (turbo), sistema eléctrico y sobrecalentamiento de frenos. Estos incendios en la mayoría de los casos son incendios con un crecimiento lento en las primeras fases, con crecimiento progresivo en fases posteriores hasta llegar a un incendio completamente desarrollado.

En cuanto a incendios por colisiones, la posibilidad de un vertido de líquido o materia inflamable (combustible, carga, etc...) suele acelerar el proceso de incendio.

4.3 Criterios de sectorización y definición de riesgos

Con objeto de dar respuesta a la normativa y una mejor y más eficaz actuación del Sistema de Protección Contra Incendios, se debe realizar un estudio del túnel en cuanto a dos factores:

- a) Tipo de actividad en las distintas áreas.
- b) Riesgo de incendio y posibilidades de actuación.

Mediante la primera parte, se logrará una clasificación para las distintas áreas, y mediante el segundo se determinarán las distintas zonas dentro de cada área.

En cuanto a la actividad a las distintas áreas, estas se pueden clasificar:

- Zona de circulación de vehículos. Son los espacios por el que los vehículos de los usuarios pueden circular.

- Galerías de evacuación. Espacios considerados de tránsito de personas de forma ocasional, bien por actividad de mantenimiento o por los usuarios en la evacuación. Estos espacios suelen contar con instalaciones eléctricas y/o electrónicas de los sistemas del túnel.
- Cuartos Técnicos. Espacios restringidos para el uso público, donde se encuentran las instalaciones principales del túnel. Su uso principalmente es por mantenimiento.

En cuanto el riesgo de fuego y posibilidades de actuación debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- Separación física de locales y espacios que permita detectar, localizar y controlar el incendio considerando el tiempo mínimo de resistencia estructural frente al fuego de paredes, puertas, etc.
- Posibilidad de recorridos de evacuación que permita una evacuación rápida y segura.
- Riesgo de incendio de una zona.
- Sistema de extinción de incendio a establecer para dicha zona.

4.4 Materiales de construcción de los cerramientos

Todos y cada uno de los cerramientos de los sectores cumplirán la UNE 23727, tanto en el cerramiento en sí como en su revestimiento.

Los materiales utilizados como revestimiento o acabado superficial en pasillos, escaleras y en las zonas por las que discurran los recorridos de evacuación, serán CFL-s2 (M3) en suelos y C-s3, d0 (M2) en paredes y techos de acuerdo CTE DB SI sección 6 y a las tablas 4.1 y 4.2 del RD 312/2005.

Los materiales situados en el interior de falsos techos o suelos elevados, tanto los utilizados para aislamiento térmico y para acondicionamiento acústico, como los que constituyan o revistan conductos de aire acondicionado y ventilación deben pertenecer a la clase B-s3, d0 (M1), o a una más favorable.

Los materiales en los locales de riesgo especial serán B-s3, d0 (M1) en revestimientos de paredes y techos y A2FL-s2 (M1) (riesgo especial alto y medio) / BFL-s2 (M2) (riesgo especial bajo) en suelos.

Los materiales en la sala de calderas y en las salas de equipos de aire acondicionado y ventilación serán A2FL-s1 (M0) en cerramientos y acabados.

4.5 Estabilidad al fuego de la estructura

Todos los forjados de piso, junto con las vigas, los soportes y los tramos de escaleras correspondientes que sean recorrido de evacuación están de acuerdo a la citada reglamentación, en cuanto a la estabilidad al fuego.

En locales de riesgo especial alto, medio o bajo, los elementos estructurales serán como mínimo, R 180 (EF-180), R 120 (EF-120) o R 90 (EF-90), respectivamente, no siendo en ningún caso menor que los valores exigibles a la estructura.

Por tanto, la estabilidad al fuego será:

- En general, se considera una estabilidad al fuego de la estructura de R 90 (EF-90), como mínimo, para el conjunto de los recintos.
- El acceso al túnel por las salidas de emergencia se considera planta de sótano y tendrá una estabilidad al fuego de R 120 (EF-120), como mínimo.
- Los locales de riesgo especial medio tendrán una estabilidad al fuego de R120 (EF-120), como mínimo.

Como medida de protección contra el fuego se revestirán las estructuras del túnel de La Avanzada con un panel aislante que confiera a la estructura protegida la estabilidad frente al fuego requerida según sus características.

La protección tanto de los hastiales como de las vigas y losa de cubierta se realiza mediante placas de silicato cálcico de 20 mm de espesor específicas para la protección contra incendios, cumpliendo el nivel de exigencia de estabilidad al fuego N3 según Circular Francesa, Curva ISO 834 durante 240 minutos e hidrocarburos mayorada (curva HCM) durante 120 minutos.

4.6 Resistencia al fuego de los cerramientos

Todos y cada uno de los cerramientos de los sectores y medianería están de acuerdo a la citada reglamentación, incluyendo los apartados correspondientes a puertas y pasos de comunicación con otros sectores, tales como compuertas cortafuego, sellado de pasamuros, chimeneas, etc., como ya se ha indicado. Se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Los forjados y paredes que separan sectores tendrán una resistencia al fuego al menos igual a la estabilidad al fuego que le sea exigible a la estructura.
- Las paredes de las escaleras compartimentadas serán como mínimo R 120 (RF-120).
- Cuando una medianería, un forjado o una pared que compartimente sectores de incendio acometan a una fachada o a cubierta, la resistencia al fuego de esta será al menos igual a la mitad de la exigida al elemento de que se trate, en una franja cuya anchura sea igual a 1 m.
- Las puertas de paso entre sectores de incendio tendrán una resistencia al fuego al menos igual a la mitad de la exigida al elemento que separa ambos sectores.
- Las puertas de paso a un local de riesgo especial serán como mínimo R 60 (RF-60).
- En locales de riesgo especial, las puertas de salida al exterior serán abatibles totalmente sobre las fachadas.
- Las tapas de registro de patinillos de instalaciones tendrán una resistencia al fuego al menos igual a la mitad de la exigida al elemento delimitador del mismo.

Por tanto, la resistencia al fuego de las diferentes áreas será:

- Diferentes sectores de incendio: cerramientos, mínimo R 90 (RF-90); puertas, mínimo R 45 (RF-45).
- Locales de riesgo especial medio: cerramientos, mínimo R 120 (RF-120); puertas, mínimo R 60 (RF-60).
- Sala de grupo de bombeo contra incendios (sala PCI, Sector 3): cerramientos mínimo R 90 (RF-90), puertas R 45 (RF-45) (s/UNE 23 590, la resistencia al fuego no será inferior a R 60 (RF-60)).

4.7 Requisitos de resistencia al fuego de los componentes del sistema de protección contraincendios

Los materiales de la tubería de la red de hidrantes para su instalación enterrada y aérea serán acorde a los indicados en la instrucción técnica del decreto Foral (DFST 05):

MATERIAL DE LA TUEBRÍA Y REVESTIMIENTOS			
MATERIAL	ENTERRADO	AÉREO	REVESTIMEITNO
Acero		X	Preparación ISO-Sa 2 ½ (*) Exterior: Epoxi 200 µm o Poliuretano 800 µm Interior: Epoxi 200 µm
Hierro fundido dúctil	X	X	Según UNE 545
Poliéster reforzado con fibras de vidrio (PRFV)	X		
Polietileno de alta densidad (PEAD)	X		

* Mínimo espesor total de película seca.

Tabla 1 :Materiales de la tubería y revestimientos

Fuente: Decreto Foral, instrucción Técnica 05 (DFST 05)

De forma general, el cableado de todos los sistemas de protección contra incendios instalados en el interior del túnel y galerías deberá mostrar una reacción al fuego mínima Cca-S1b, d1, a1 según UNE EN 50575, es decir, de baja emisión de humos y libre de halógenos y no propagador de incendio.

El cable del lazo de detección de incendios deberá ser resistente al incendio 842°C 90 minutos según UNE EN 50200.

Los cables de potencia del suministro eléctrico hasta el cuadro de la bomba eléctrica, así como desde éste hasta el motor eléctrico deben estar protegidos contra daños mecánicos y cumplir con la Norma UNE 211025. Para proteger los cables de la exposición directa al fuego, éstos deben atravesar sólo las zonas donde el riesgo de fuego sea despreciable y que estén separadas de cualquier riesgo significativo mediante paredes, tabiques o suelos con una resistencia al fuego no inferior a 60 min, o deben recibir una protección directa adicional o estar enterrados. Los cables deben ser trozos ininterrumpidos sin juntas. Los interruptores principales para el suministro del cuadro deben estar situados en un compartimento a prueba de fuego usado únicamente para el suministro de potencia eléctrica.

Todas las señales de evacuación y emergencia que se definan deben ser fotoluminiscentes con material auto extingible y deben cumplir las características técnicas especificadas en: UNE 23034, 23035-1, 23035-2, 23035-3 y 23035-4.

5 SISTEMAS DE EXTINCIÓN

5.0 Requisitos del Decreto Foral de Seguridad de Túneles de Carreteras

5.0.0 Detección y alarma

Según lo indicado en el DF, se debe dotar a todos los túneles de Tipo I con sistemas específicos de detección de incendios. Estos sensores pueden ser específicos para la detección de incendios o tener distintas finalidades entre las que figura la detección de incendios.

El túnel debe disponer de una serie de sensores y alarmas para la detección y ubicación de incendios. Al menos debe disponer de:

- Detector de incendios a lo largo del túnel que sea capaz de detectar y ubicar el incendio. Se recomienda que el sensor sea de tipo continuo.
- Detector de incendios en los locales técnicos.
- Alarmas de activación de medios de extinción de incendios (retirada de extintor, rotura de cristal de una BIE, etc.)

El cable sensor se debe ubicar en la clave del túnel. No debe haber ningún punto de la calzada cuya distancia con la proyección en planta del sensor sea superior a 6,5 metros. Si el túnel tuviese una calzada superior a 13 metros se deben instalar al menos 2 cables paralelos para que la detección sea adecuada.

El sistema de alarma también estará formado por pulsadores manuales a fin de que los usuarios puedan de forma expresa dar la correspondiente alarma al Centro de Control por la actuación de los usuarios, tales como la retirada de un extintor manual o una BIE, de su posición habitual.

Los pulsadores estarán situados como mínimo en los postes SOS y en las entradas de las galerías de evacuación. En los cuartos técnicos deben ser fácilmente visibles y la distancia a recorrer desde cualquier punto debe ser inferior a 25 metros. A fin de impedir la activación involuntaria de dichos pulsadores, estos dispondrán de dispositivos de protección.

Los locales técnicos deben tener instalados sensores automáticos de incendio. Estos sensores deben estar zonificados para que desde el centro de control sepan en que local se está produciendo un incendio.

Se recomienda la instalación de detectores de humo. Se deben instalar tantos detectores como sea necesario para dar cobertura a todo el local técnico.

5.0.1 Extintores portátiles

El DF indica que se colocarán extintores:

- En el interior del túnel cada 50 metros.
- En galerías de evacuación se colocarán dos extintores en el poste SOS. En el caso que debido a la longitud de la galería de evacuación fuese necesario, se adecuará la colocación de más extintores, de manera que quede protegido.
- En cuartos técnicos, se instalarán en los locales de contadores de electricidad y los centros de transformación un extintor en cada puerta de acceso. Además, se instalarán en el interior los extintores necesarios para que el recorrido real hasta alguno de ellos sea inferior a 10 metros.

Los extintores estarán a una altura máxima de 1,7 metros, con fácil accesibilidad, estado de carga correcto, marcado de conformidad y sus revisiones en vigor.

5.0.2 BIES

El DF indica que las BIEs se alimentarán de la red de hidrantes mediante tubería de Ø 50 mm (2”), dispondrán de una toma adicional de 45 mm que podrá ser usada por los servicios de extinción. Estarán situadas a una altura máxima desde el suelo al centro de ellas de 1.5 metros, y tendrán la entrada del suministro de agua por su parte inferior con un caudal mínimo de 75 l/min. Estarán empotradas, y la distancia entre dos de ellas será de 50 metros.

El conjunto de una BIE consta de un armario de chapa de acero, soporte de manguera de latón cromado tipo devanadera, válvula de bola para corte de 1”, manguera de tipo SEMIRÍGIDA o similar, de 25 mm de diámetro y 20 metros de longitud como mínimo y preferentemente 30 metros, lanza de 3 posiciones (corte, chorro y niebla) de latón, racor de 25 mm y manómetro de esfera de 0 a 16 kg/cm².

5.0.3 HIDRANTES

El DF indica que se dispondrá de una tubería de red de fundición enterrada cuyo diámetro se obtendrá por cálculo según exigencias del proyecto.

El Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, entre otros, establece las operaciones mínimas de mantenimiento y conservación de los elementos de protección contra incendios. Entre ellas indica que cada seis meses hay que llevar a cabo una comprobación visual del estado de las tuberías para comprobar si hay óxido. Esta operación además del exterior, cada cierto tiempo determinado (inspección Organismo Acreditado) debe realizarse una medición de espesor de la tubería, tanto para conocer la pérdida de sección como los posibles depósitos generados en su interior.

Es por ello que la tubería se situará en un costado del túnel en la que están conectados tanto los hidrantes como las BIEs. A través de las galerías de evacuación que comunican ambos tubos se conectará la red de cada uno de ellos a fin de conseguir una mayor seguridad en la alimentación asemejándose a un anillo.

Del mismo modo en las operaciones de renovación o operaciones de sustitución de algún tramo de tubería, no es necesario la realización de obra civil para retirar la anterior.

La red hidráulica que abastece a los hidrantes debe permitir el funcionamiento simultáneo de dos hidrantes consecutivos durante una hora, cada uno de ellos con un caudal de 1.000 l/min y una presión mínima de 7 bar.

En túneles nuevos se exige la existencia de un depósito de abastecimiento de agua. Si es posible se aprovechará el drenaje de aguas de filtraciones del túnel como parte de la alimentación al depósito de reserva. Entre dicho depósito y la red se situará un grupo de presión, que mantendrá la red presurizada.

No obstante, si fuese posible, se dispondrá de otra alimentación desde la misma red general, o desde otra independiente, con una conexión de uso exclusivo para el Sistema Contraincendios. En esta conexión se situarán dos válvulas de corte y dos antirretorno, a fin de evitar en todo momento un posible retorno de agua hacia el sistema del agua de la red alimentación general.

La red dispondrá asimismo de válvulas de drenaje canalizadas hacia el sistema de drenaje, para vaciar la red en caso necesario. Las conexiones estarán situadas en sus puntos bajos. Asimismo, dispondrá de venteos en la parte superior debidamente canalizados.

Dicha red dispondrá de válvulas de seccionamiento situadas en arquetas para poder hacer reparaciones por tramos sin perder la funcionalidad del resto del circuito. Las válvulas de seccionamiento monitorizadas darán una señal de información de su estado (abierto/cerrado) al Centro de Control, si es que existe.

Con el fin de conocer en todo momento la existencia de presión suficiente en la red, se dispondrá de un presostato. Su señalización en caso de fallo aparecerá en la Central de incendios con réplica y visualización en el Centro de Control

Además de la doble alimentación, la red dispondrá de conexiones de Ø 80 milímetros (3”) para conectar una toma IPF-41 de 2x70 milímetros a través de la cual los bomberos podrían bombear agua a los diferentes sistemas de protección alimentados por ella en caso de fallo del sistema principal de suministro. Esta conexión dispone de una válvula antirretorno situada próxima al punto de suministro de hidrantes. Se dispondrá de una boca, en los apartaderos y donde se considere necesario.

Para los túneles que cuenten con galerías de evacuación, se recomienda la instalación de columna seca para el uso exclusivo del cuerpo de bomberos.

Se colocarán hidrantes en las bocas del túnel, en las zonas próximas a los accesos a las galerías y a lo largo del túnel y separadas una distancia no superior a 250 metros. La situación de los hidrantes será cerca de las bocas del túnel y separadas una distancia no superior a 250 metros.

Se recomienda que los hidrantes del interior del túnel sean de arqueta, o empotradas en el hastial. La colocación de otro tipo de hidrantes debe ser justificada.

Los hidrantes de arqueta estarán conectados a la red, a través de una válvula de corte. La toma será de 100 milímetros de diámetro nominal y el hidrante estará provisto de dos salidas de 70 milímetros. Se recomienda la colocación de equipos auxiliares si el protocolo define que la primera actuación sea realizada por un equipo interno cualificado. Estos equipos dispondrán de dos mangueras de 70 milímetros y 20 metros de longitud y dos de 45 milímetros también de 30 metros, 1 bifurcación de 70-45 milímetros, 2 lanzas de 70 y 2 de 45 milímetros.

Se recomienda que las dimensiones mínimas interiores de las arquetas sean de 0,65 metros en la dirección longitudinal del túnel y 0,35 metros en la transversal, con tapa de cerco de hierro fundido.

Los hidrantes de las bocas de las galerías de evacuación se colocarán en la entrada en el lado del túnel nunca en el interior de éstas. Así como, en la parte del dintel que quede más protegido según el sentido de la circulación y fuera del paso, es decir nunca delante de las puertas de las galerías peatonales de evacuación. Se podrán instalar hidrantes de columna o de arqueta los cuales deben quedar protegidos al tráfico.

5.0.4 Columnas secas.

Para los túneles que cuenten con galerías de evacuación, se recomienda la instalación de columna seca para el uso exclusivo del cuerpo de bomberos

5.0.5 Cuartos técnicos

El DF indica en los cuartos técnicos del centro de control y su equipamiento eléctrico, se dispondrá de un sistema fijo de extinción mediante un sistema de accionamiento local.

Los sistemas de gases son especialmente adecuados para áreas que contengan equipos u objetos de alto valor que puedan ser dañados si se utilizan otros agentes extintores. Si el gas utilizado pudiera ser perjudicial para el ser humano o para el medio ambiente, la sala deberá ser estanca, para evitar la propagación del mismo al exterior.

5.0.6 Sistemas Fijos protección estructura

El DF indica que para falsos túneles de nueva construcción de más de 350 metros con nivel de servicio C o superior, o sea clasificado como Tipo I, y situados en entornos urbanos o periurbanos, se solicitará un análisis que evalúe la necesidad de implantar un sistema fijo de extinción automática mediante impulsión de agua a alta presión. El objetivo de este sistema será prevenir situaciones de riesgo y mitigar las consecuencias de un incendio, evitando el colapso de las infraestructuras y su gran impacto social y económico, resguardando la vida de las personas, el medio ambiente, así como facilitar la intervención de los servicios de extinción.

5.0.7 Señalización y evacuación

El DF indica que todo túnel que supere los 300 metros debe disponer de la señalización adecuada para guiar a los usuarios hasta la salida más cercana.

Las puertas y la zona de acceso a las galerías estarán pintadas de un color verde RAL-6029 El sistema de señalización debe abordar:

- Señales de indicación de salida de emergencia que adviertan de la puerta a la galería de evacuación, para que el usuario no tenga dudas de cual es la salida. En el caso típico de túnel con 2 tubos las salidas de evacuación son las bocas o las galerías de comunicación entre tubos por lo que se ubicarán en las puertas de acceso a las galerías de comunicación entre tubos.

- Señalización dentro de las galerías de comunicación entre tubos. Una vez que el usuario llega a la galería de comunicación debe disponer de la suficiente información para realizar la evacuación hasta el exterior del túnel de forma segura.
- Deben estar señalizados todos los sistemas contra incendios mediante señales visibles a dos caras (perpendicular al sentido de la marcha). La señal de los extintores podrá estar integrada con la señal de los postes SOS cuando coincida su ubicación.

Todas las señales de evacuación y emergencia que se definan deben ser fotoluminiscente con material autoextinguible y cumplir las características técnicas de la normativa.

5.1 Requisitos de la Directiva 2004/54/CE

En lo relativo a materia de detección de incendios y protección activa, la directiva 2004/54/CE no prescribe ninguna medida adicional a las ya contempladas por el decreto foral.

Esta directiva prescribe la instalación de sistemas de detección automática de incendios, así como tener en cuenta el control del calor y del humo en caso de incendio, y la implementación de bocas de agua en la entrada y salida del túnel, así como en intervalos de 250m máximo, así como un sistema de abastecimiento adecuado para estos equipos.

5.2 Requisitos del proyecto

No hay requisitos adicionales de proyecto a los especificados por la normativa. En este punto se describe de forma general la solución de protección considerada, desarrollándose en los siguientes capítulos.

- Se instalan dos estaciones de bombeo, una en el CT1 y otra en el CT2, con tanque de almacenamiento de agua, para suministrar la demanda de agua contra incendios a los tramos de túneles comprendidos entre el CT y el punto más bajo.
- Se considera una red de distribución de agua contra incendios, para distribuir esta agua contra incendios a todas las zonas comprendidas entre el CT y el punto más bajo de los túneles. En este punto ambas redes se interconectarán para dotar de una medida de seguridad extra al sistema. Si bien no se diseñan las instalaciones para que desde un CT se pueda suministrar el caudal y la presión necesaria para el escenario dimensionante del otro tramo del túnel, esta interconexión al menos garantizará caudal y presión necesaria para medios manuales durante un tiempo “extra”
- Se consideran hidrantes, BIES, extintores manuales y sistemas de diluvio para lucha contra incendios y protección de la estructura del túnel.
- Se instalarán columnas secas en las vías de evacuación, para poder suministrar agua a un túnel incendiado desde el otro túnel.
- Para la protección de incendios en CT se instalarán extintores manuales y sistemas de extinción por gas limpio NOVEC 1230 en salas eléctricas y electrónicas
- Se dotará de detección lineal por fibra óptica en túneles.
- Se instalarán centrales analógicas para detección puntual en CT y vías de evacuación, así como pulsadores de alarma y sirenas en los CT

5.2.0 Consideraciones.

En relación con la normativa de aplicación, el diseño de la protección contra incendio tiene las siguientes consideraciones:

- El sistema de bombeo seleccionado para alimentación a la red de distribución de agua contra incendios será conforme a la clasificación mandatoria por la UNE 23500:2012. No se conectará la red de distribución de agua contra incendios al suministro de agua de la red pública al no considerarse que tenga las características de caudal y presión necesarias.

- Se descarta la instalación de pulsadores de alarma en postes SOS y galerías de emergencia. Ya que en caso de uso de un poste SOS el usuario puede informar de un posible incendio en el interior del túnel. Para las galerías se propone la sustitución de dicho pulsador por un poste SOS con el que comunicar con el Centro de Control.
- En cuanto a los sensores de retirada de extintor o apertura de la puerta de una BIE, se descarta su implantación. Ya que las zonas donde están ubicados están permanente monitorizados por el sistema DAI y en caso de incendio ya se ha contemplado la instalación de detección lineal. Además, se minimizan el número de falsas alarmas por apertura de puertas y retirada de extintor, tampoco existe relación directa de causalidad entre la apertura de una BIE y un incendio; en el túnel de la M30 se ha comprobado un número elevado por la apertura de puertas de BIEs provocadas por el flujo pistón de aire derivado de la circulación de vehículos. Con ello se logra la optimización del sistema.
- Tampoco se considera la instalación de detectores de alarma en apertura de puertas de evacuación y cuartos técnicos conectados a la central de detección de incendios, ya que éstos serán conectados directamente al sistema central de supervisión y control. Este tipo de sensores son más encaminados a detectar una posible intrusión que un incendio.

5.3 Abastecimiento de agua

Puesto que habrá sistemas de diluvio conectados al abastecimiento de agua contra incendios, según la UNE 23500:2012 serán necesario que éste sea de tipo I. Dentro de las posibles opciones se selecciona un grupo de bombeo superior, compuesto por un tanque de agua tipo A, dedicado exclusivamente a uso contra incendios más un grupo de bombeo doble

No se considera doble alimentación a través de conexión a la red general de agua, debido a que no existen garantías de conseguir la presión necesaria, y la UEN 23500:2012 no la exige.

Se instalarán dos sistemas de abastecimiento de agua, ya que el túnel se divide en dos mitades. Un sistema de abastecimiento se situará en el CT1 y el otro sistema en el CT4.

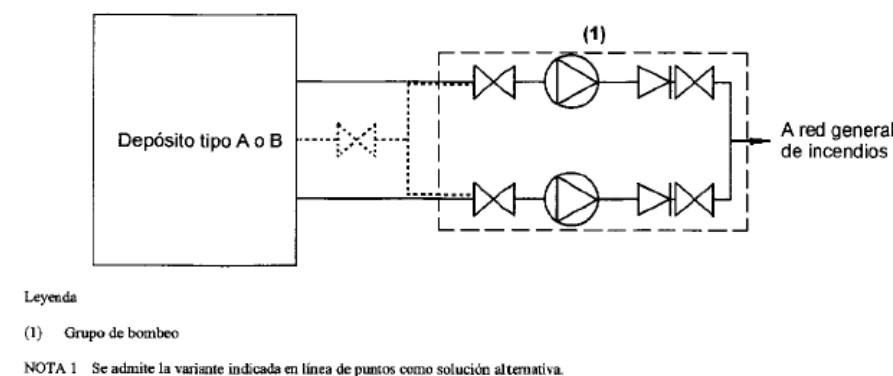


Figura 1: Abastecimiento superior, figura 7 de la UNE 23500:2012

El tanque tendrá una capacidad mínima de una hora de autonomía para el escenario más desfavorable, teniendo en cuenta el volumen muerto debido a la aspiración de la bomba de agua contra incendios. Se preverá una capacidad extra para el agua consumida por la bomba diesel. Esto se traduce, según los consumos de los sistemas desarrollados en los posteriores capítulos, en:

- Tramo CT1 - punto bajo. Consumo del escenario más desfavorable: 252 m³/h diluvios + 120 m³/h hidrantes = 372 Se redondea a 400 m³/h para tener en cuenta el ajuste hidráulicos en diluvios. A este volumen se deberá añadir el volumen muerto no utilizable y el caudal de agua de refrigeración de la bomba diesel usado durante una hora
- Tramo CT2- punto bajo. Consumo del escenario más desfavorable: 456 m³/h diluvios + 120 m³/h hidrantes = 576 . Se redondea a 600 m³/h para tener en cuenta el ajuste hidráulicos en diluvios. A este volumen se deberá añadir el volumen muerto no utilizable y el caudal de agua de refrigeración de la bomba diesel usado durante una hora.

Como se observa, los requisitos de agua para cada sistema son distintos, pero se ha optado por diseñar abastecimientos y bombeos idénticos, por uniformidad, de ahí que la capacidad de tanques a instalar será de 600 m³ útiles.

Dependiendo de la ubicación del sistema de bombeo (en superficie o bajo nivel de suelo) se utilizará un tanque metálico (CT1) o un aljibe de hormigón (CT4)

Para el tanque metálico se considerará un tanque atornillado. Interiormente tendrá una membrana plástica para evitar el contacto directo del agua con el metal. Las chapas metálicas serán de acero galvanizado, con sellante elástico entre placas. Exteriormente el tanque se pintará de rojo RAL 3000

Para el llenado del tanque se instalará válvula flotador , que abrirá la entrada superior de agua cuando el nivel del tanque baje del nominal. El suministro de agua de relleno será de la red municipal de suministro de agua potable y se instalará un filtro antes de la conexión al tanque.

La conexión a bombas de agua contra incendios se realizará por la parte inferior, y contará con una placa antivórtice y una válvula de compuerta.

El tanque además contará con rebose conducido a drenajes, conexión superior de retorno de la línea de pruebas, conexión de retorno de válvulas de seguridad y boca de hombre para inspección.

Para el caso de aljibes, serán de construcción en hormigón armado, con tratamiento impermeable, contando con las mismas conexiones que las indicadas para el tanque metálico.

Como media de abastecimiento de emergencia, se consideran conexiones para bomberos directas a la red de agua contra incendios. Estas conexiones estarán situadas en la entrada de túneles, y serán tomas de Ø 80 mm (3») para conectar una toma IPF-41 de 2 x 70 mm a través de la cual los bomberos podrían bombear agua a los diferentes sistemas de protección alimentados por la red, en caso de fallo del sistema principal de suministro. Esta conexión dispondrá también de una válvula antirretorno para evitar flujo inverso (de la red hacia el exterior).

5.4 Grupo de bombeo .

El grupo de bombeo de agua contra incendios será el encargado de proporcionar el caudal y presión necesaria a la red de distribución de agua contra incendios, de la que se alimentarán los hidrantes, BIES y sistemas de diluvio de túnel.

El grupo de bombeo será doble, formado por una bomba eléctrica, del 100% de capacidad , una diesel de respaldo del 100% de capacidad y dos bombas jockeys para el mantenimiento de la presión en la red.

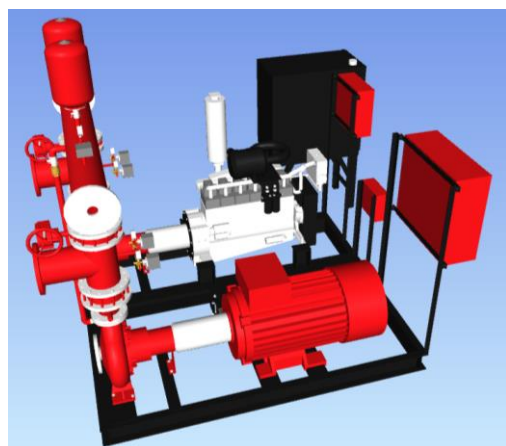


Figura 2: Abastecimiento superior , figura 7 de la UNE 23500:2012

Las bombas jockey tendrán un selector de funcionamiento, para manualmente elegir la bomba que está en trabajo y la que está en espera.

Las capacidades de las bombas serán:

- Tramo CT1- punto bajo.
- Consumo del escenario más desfavorable: 252 m³/h diluvios + 120 m³/h hidrantes = 372 (redondeado 400 m³/h)
- Tramo Ct2- Punto bajo.

- Consumo del escenario más desfavorable: 456 m³/h diluvios + 120 m³/h hidrantes = 576 (redondeado 600 m³/h)

Como se observa, los requisitos de agua para cada sistema son distintos, pero se ha optado por diseñar abastecimientos y bombeos idénticos, por uniformidad, de ahí que la capacidad de bombeo a instalar será de 600 m³ /h . En cuanto a la presión, dado que los sistemas tendrán pendiente, la presión de las bombas será la necesaria para proporcionar 7 bar(g) en los hidrantes iniciales, que están a una cota similar a las bombas. Cuanto más avance el túnel, se ganará presión y serán necesarias válvulas reductoras de presión en hidrantes y BIES para obtener presiones de funcionamiento adecuadas. Por lo tanto, en esta fase inicial se establece una presión de bombeo de 9 bar(g), suficiente para garantizar 7 bar(g) en los hidrantes iniciales, y con la que en el punto más bajo del túnel (cota -80m) la presión en la red no supere los 17bar(g) y por lo tanto, sea suficiente con accesorios y válvulas PN20.

El grupo de bombeo, su conexión al tanque de agua contra incendios y su conexión a la red cumplirán con las indicaciones de diseño de la UNE 23500:2012. Se tendrá en cuenta que:

- El arranque de bombas será mediante presostato. La bomba jockey parará automáticamente también por presostato, pero las bombas principales solo tendrán paro manual.
- La descarga de las bombas se conectará a la red de distribución de agua contra incendios en dos puntos, colocando una válvula de aislamiento en cada uno de dichos puntos de conexión
- Se ejecutará una línea de pruebas para las bombas principales.
 - Estará dotada de una válvula anular o similar, capaz de permitir el paso de un caudal variable entre el caudal mínimo de las bombas principales y el 150% del caudal nominal sin producir cavitación. Se incluirán orificios de restricción en la línea de pruebas si fuera necesario para garantizar esto.
 - Se incluirá un caudalímetro, con un rango de medición comprendido entre el caudal mínimo de las bombas principales y el 150% del caudal nominal. Se respetarán las condiciones de instalación indicadas por el fabricante para asegurar el correcto funcionamiento del mismo.
 - La línea de pruebas se recirculará al tanque de almacenamiento
- La bomba diésel será refrigerada por agua, usando la propia agua de impulsión para ello. El agua de refrigeración se conducirá a drenajes. El caudal de la bomba deberá ser el necesario para que, descontado este caudal de refrigeración, impulse el caudal demandado por el escenario más desfavorable. Se tendrá en cuenta también este caudal para el dimensionamiento del tanque.
- La bomba eléctrica estará dotada de una válvula de alivio, instalada antes de la check, y tarada a un valor que cumpla el valor más restrictivo de los siguientes criterios:
- La presión a la cual la bomba ofrece el caudal mínimo estable, para asegurarse en todo momento que la bomba no trabaja por debajo de este punto
- 0.5 bar por encima del valor de presión necesaria para el consumidor más desfavorable en presión, para asegurarse que se tendrá suficiente presión para este consumidor, pero que no habrá más presión en el sistema, dado que por la considerable diferencia de altura entre bomba y punto bajo de la red, pueden presentarse presiones elevadas que no son deseables.
- Si bien la bomba diesel, al ser refrigerada por agua, y la bomba jockey no precisarían de válvulas de alivio de presión, se instalarán válvulas de alivio, seleccionadas con los mismos criterios.
- Todas las descargas de válvulas de alivio de presión serán retornadas al tanque.

La sala de bombas contará con protección mediante rociadores automáticos. La válvula de conexión de los rociadores se alimentará del colector de descarga de bombas. Se considerará un sistema de drenaje para la sala capaz de evacuar el caudal esperado para los rociadores.

El sistema de rociadores se diseñará conforme a la UNE-EN 12845:2005+A2:2010

5.4.0 Detección y alarma en la sala de bombas

La sala de bombas no precisa de detección de incendios, al contar con rociadores automáticos. Se instalará un detector de flujo en la tubería del sistema de rociadores para dar una alarma remota de incendio, sí como supervisión de apertura de la válvula de seccionamiento del sistema de rociadores, para generar una alarma si esta válvula está cerrada.

Estas señales, junto con las alarmas y señales de estado generadas por los cuadros de control de las bombas de agua contra incendios se integrarán en el lazo de detección analógico del edificio donde se encuentra la sala de bombeo.

Además de las señales que generan las bombas de agua contra incendios, se incluirá al menos un presostato, tarado a una presión 0.5 bar(g) más baja de arranque de las bombas, y conectado a la central de incendios, para informar de alarma de muy baja presión en red.

5.5 Red de distribución de agua y medios manuales (hidrantes y BIES)

La red de distribución de agua será la encargada de distribuir el agua contra incendios desde el punto de bombeo a los consumidores. Se ejecutará en acero negro sin soldadura, conforme EN 10216-1. pintándose exteriormente de color rojo RAL 3000.

Para uniones y accesorios se utilizará la unión por ranurado sin corte (por laminación).

Las juntas ranuradas podrán ser rígidas o flexibles, dependiendo de las necesidades de dilatación de la tubería. En el caso de empleo de uniones flexibles, la soportación de la tubería se realizará próxima a la unión para evitar deflexiones de las mismas.

En los puntos en los que sea necesario, por necesidades de dilatación de la tubería, se colocarán dilatadores ranurados, formados por varias juntas ranuradas flexibles en serie, que permitirán los movimientos de dilatación.

Las válvulas de seccionamiento serán de compuerta y tipo Open Stem & Yoke (OS&Y), con conexiones ranuradas y contacto de monitorización de estado, para su conexión al sistema de detección de incendios, que dará una alarma si se cierra alguna válvula.

Tanto válvulas como accesorios serán válidos para trabajar hasta 20 Bar(g) (PN20)

La red se instalará en uno de los laterales del túnel, sobre el hastial, se utilizarán las salidas de emergencia para interconectar la tubería de ambos túneles, de forma que se consiga un mallado. Esta conexión se realizará cada dos salidas de emergencia, con lo que se tendrá una conexión entre túneles cada 500m. En las conexiones se instarán 3 válvulas de compuerta, para un seccionamiento lo más eficaz posible. En cada una de estas secciones se instalará una válvula de bola para, drenaje de diámetro DN25 (1”), dotada con conexión rápida para manguera y tapa. La conexión de drenaje se situará en el punto más bajo del tramo, en la parte inferior de la tubería, para un vaciado efectivo.

En la parte más alta del tramo, y en la zona superior de la tubería, se instalará una válvula de bola de ½” para venteo.

El diámetro de la red será de 200mm (8”), constante en todo su trazado.

Dada la longitud de los túneles (superior a 3000m) se ha optado por dividirlos en dos mitades. Cada mitad tendrá su propio sistema de bombeo, situado en los centros de transformación de los accesos a los túneles, y protegerá desde la entrada/salida del túnel hasta el punto más bajo del mismo. El sistema de bombeo garantizará el caudal y presión para el punto más desfavorable de la red.

Como medida de seguridad adicional, se interconectarán las dos redes entre si mediante válvulas de compuerta manuales, de forma que desde un centro de bombeo se pueda enviar agua a la otra zona del túnel. Si bien en esta situación la red y centro de bombeo no estará diseñada para poder proporcionar el caudal y presión necesaria para el escenario más desfavorable, al menos permitirá el suministro de agua para hidrantes, aumentando así la seguridad del sistema.

5.5.0 Hidrantes

Se colocarán hidrantes a lo largo del trazado de los túneles, en los siguientes puntos:

- A la entrada / salida del túnel
- A la altura de las salidas de emergencia, que están situadas a 250m entre si
- En otros puntos si fuera necesario para garantizar que la distancia máxima entre un hidrante y el siguiente no supera los 250m .

Si bien el decreto foral menciona la instalación de hidrantes, para túneles es más práctico instalar tomas siamesas, compuestas por una conexión de DN100 (4”) y dos conexiones de DN 70 (2 ½”) con válvula y racor de conexión rápida, como la mostrada en la figura



Figura 3: Conexión siamesa para “hidrante”.

En la conexión del hidrante a la red de agua contra incendios se instalar una válvula de corte de compuerta de 100mm (4”) y una válvula reguladora de presión, que limite la presión máxima del hidrante a 8 bar(g). Esta válvula es necesaria dado que la presión mínima del hidrante es de 7 bar, y al tener una diferencia de cota de unos 80m en el túnel, los hidrantes de la parte más bajan tendrán una presión máxima de 15 bar o más, la cual es excesiva para un manejo seguro. Esta válvula podrá omitirse en los hidrantes más próximos a superficie si se garantiza que la presión máxima en los mismos no supera los límites recomendables de trabajo. También podrá sustituirse por un orificio de restricción calculado para proporcionar la pérdida de carga necesaria que haga que la presión en el hidrante no supere los límites de buen uso.

El sistema de suministro y la red se diseñará para poder suministrar caudal a los dos hidrantes más remotos, a razón de 1000 lpm y 7 bar(g) de presión, considerando la simultaneidad de hidrantes con sistemas de diluvio

5.5.1 BIES

Las BIES (Boca de incendio equipada) se conectarán a la red mediante tubería de diámetro mínimo 50 mm (2”). En la conexión a la red se instalará una válvula reguladora de presión, que limite la presión máxima de la BIE a 6 bar(g).

Las BIES dispondrán de una toma adicional de 45 mm que podrá ser usada por los servicios de extinción. Estarán situadas a una altura máxima desde el suelo al centro de ellas de 1.5 metros, y tendrán la entrada del suministro de agua por su parte inferior con un caudal mínimo de 75 l/min. La distancia entre dos de ellas será de 50 metros.

El conjunto de una BIE constará de un armario de chapa de acero, soporte de manguera de latón cromado tipo devanadera, válvula de bola para corte de 1”, manguera de tipo SEMIRÍGIDA o similar, de 25 mm de diámetro y 20 metros de longitud como mínimo y preferentemente 30 metros, lanza de 3 posiciones (corte, chorro y niebla) de latón, racor de 25 mm y manómetro de esfera de 0 a 16 kg/cm2.

El sistema de BIES no se considera simultáneo al de hidrantes, así que garantizado el caudal y presión para los hidrantes se considera que también se cumplen los requisitos necesarios para BIES, al requerir estas menor caudal y presión que los hidrantes.

5.6 Sistema de diluvio.

5.6.0 Criterios de diseño.

Para la protección de la estructura e instalaciones se considerará un sistema fijo de diluvio.

Los sistemas Fixed Fire Fighting System (FFFS) están especialmente considerados para túneles subacuáticos y vías de importancia estratégica para la zona.

En las siguientes imágenes se muestra una demostración del funcionamiento de un sistema FFFS realizado en el Sydney Harbour Tunnel de Australia



Figura 4: Incendio inicial. En el hastial del túnel se observa una temperatura de 115°C



Figura 5: Activación del Deluge System la temperatura se reduce a 21,4°C

Como se puede observar, la reducción de la temperatura y de la envergadura del incendio es notable.

El túnel proyectado se trata de un túnel subacuático que se establece como una vía de importancia de conexión entre ambos márgenes de la ría. Por ello, con objeto de proteger la estructura en caso de incendio, se propone la instalación de un sistema de diluvio ubicado en el hastial del túnel, alimentado desde la misma red de suministro que BIES e hidrantes.

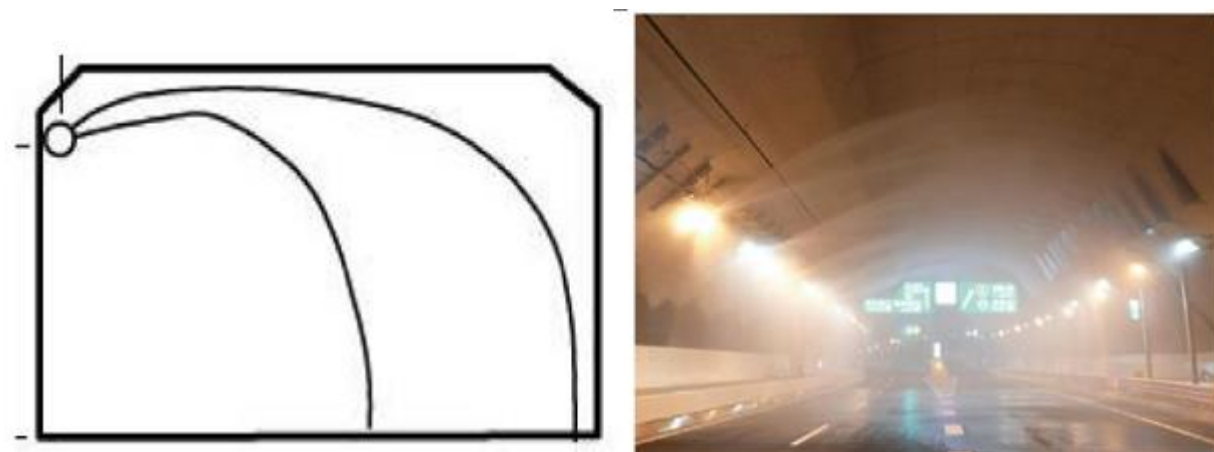


Figura 6: Sistema de diluvio de boquillas de gran dispersión. Japón.

Se diseño se tomará como referencia los siguientes documentos:

- Sistemas fijos de extinción de incendios en túneles de carretera: Sistemas actuales y recomendaciones. PIARC 2016. Sustituye a los anteriores documentos de PIARC (1999, 2007 y 2008).

- NFPA 502 Standard for Road Tunnels, Bridges and other Limited Access Highways.
- OTA Automatic Fire Extinction (Sprinkler) System, Tokio, Japan (2002).
- CETU Water Mist in Road Tunnels - State of knowledge and provisional assessment elements regarding their use (2010)
- Documentación de los distintas campañas de ensayos (UPTUN, T-Rex, SOLIT,...).

Este sistema de FFFS se lleva utilizando en países como Japón y Australia desde finales de los años 90. En los años 2013 y 2016 se realizaron campañas de ensayos en el túnel de Runehamar (Noruega) de este tipo de sistema de diluvio. En las siguientes imágenes se muestran los resultados de dichos ensayos.

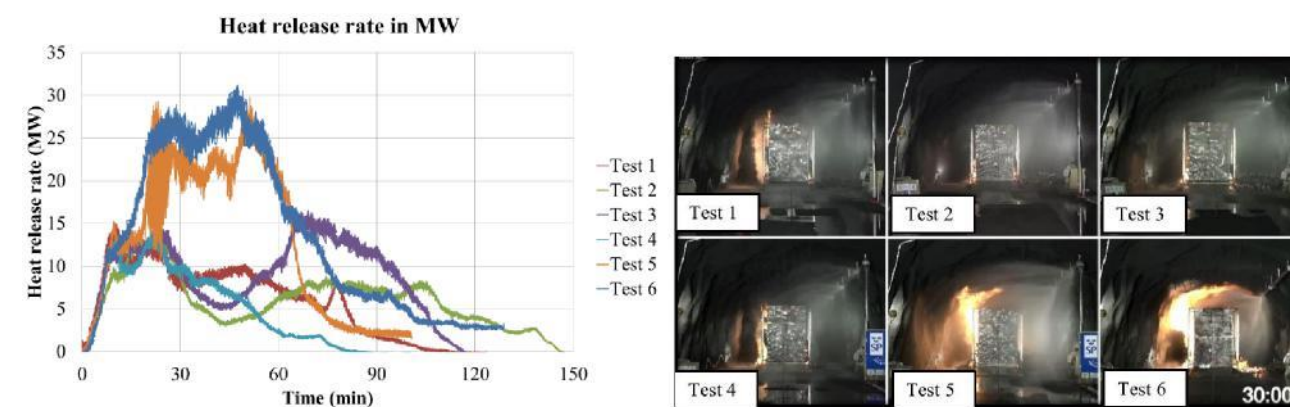


Figura 7: Resultados de la campaña de ensayos de FPPS de diluvio

Concretamente, para el caso de este túnel, se han considerado sistemas de diluvio basados en boquillas de TYCO, modelo TN-17, con un K de 242, situadas en los laterales del túnel.

Según ensayos de TYCO, realizados a escala real en el túnel de Runehamar en Noruega (2013-2016) para un incendio de 100 MW, se consigue un control del mismo con la boquilla TN-17 trabajando a 1 bar(g), cuando el patrón de descarga cubre completamente el vehículo incendiado. La distancia entre boquillas es como máximo 5m. A esta presión de descarga una boquilla arroja 242 litros por minuto.

Se utilizarán estos mismos criterios para diseñar los diluvios en los túneles en estudio.

5.6.1 Solución propuesta y dimensionamiento.

Trasladado este ensayo experimental al túnel, tenemos diferentes secciones en el mismo, con mayor y menor ancho, que harán necesaria la siguiente distribución de boquillas. En naranja se ha indicado el patrón de descarga de la boquilla y en verde la altura máxima de los vehículos en el túnel.

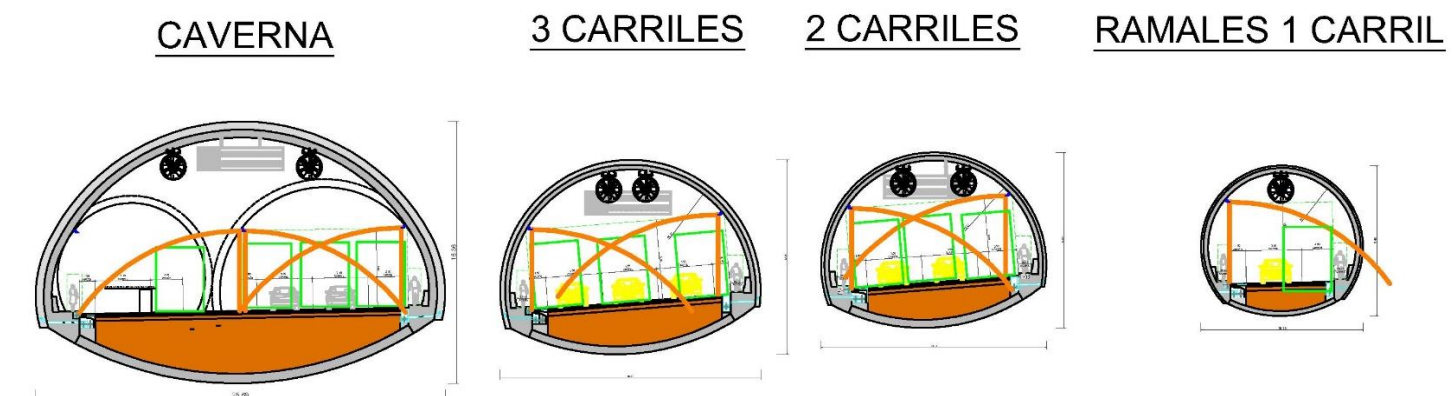


Figura 8: Distribución de boquillas en las diferentes secciones del túnel.

Como se observa en la figura, tenemos 4 posibles casos:

- Ramales de 1 carril. En este caso, una sola boquilla puede proteger todo el ancho del túnel. En caso de incendio con un vehículo de 4m de altura máxima (altura máxima “típica” del vehículo que circulará por el túnel), quedará cubierto por el patrón de descarga, se encuentre en cualquier punto de la calzada.
- Ramales de 2 y 3 carriles. Para proteger el mismo vehículo que en el caso anterior serán necesarias dos boquillas, una a cada lado de túnel, ya que si no, debido a la anchura del mismo, podría ser que un vehículo de 4m de altura se incendie en una posición alejada de una boquilla lateral. Dado que el patrón de descarga es descendente, parte del vehículo no quedará cubierto por el agua y no se podría garantizar una reducción del calor similar a la del ensayo de la boquilla.

Situando una boquilla a cada lado, la descarga combinada de ambas produce una cobertura efectiva en todo lo ancho del túnel.

- Tramo de caverna. En este tramo se produce en enlace de los ramales laterales de un carril, con el trazado principal, estrechándose progresivamente para llegar a los dos carriles que confirman el túnel en su tramo subfluvial.

Como se ve en la sección, serán necesarias tres boquillas para una cobertura efectiva de la calzada. Se destaca que hay una zona de la calzada que no quedaría cubierta, pero se corresponde con la zona de estrechamiento de los carriles, delimitada con new jerseys, con lo que no se considera factible que nos encontremos un vehículo en la misma.

Así pues, dependiendo de la zona del túnel en cuestión. Los sistemas de diluvio tendrán una, dos o tres boquillas en la sección. El número de boquillas en longitud será el necesario para cubrir con un sistema de diluvio una distancia de mínimo 20m. En el plano TSL-EM-DB-01-01-DR-91221-EsquemaProtección, se analizan los distintos tramos y se determina el número de boquillas y caudal de cada sistema.

Para el dimensionamiento del abastecimiento y la red, se tendrá en cuenta que el accidente se puede producir en la zona limítrofe entre dos sistemas de diluvio, por lo que será necesario activar los dos simultáneamente.

Según los datos indicados en el plano TSL-EM-DB-01-01-DR-91221-EsquemaProtección, el escenario más desfavorable sería un incendio en la caverna, con un consumo de agua para el funcionamiento de dos sistemas de diluvio de un total de $2 \times 3800 = 7600$ lpm = $456 \text{ m}^3/\text{h}$. Este escenario corresponde a los tramos E-F del mencionado plano, correspondientes al semitúnel del lado Artaza.

Para el semitúnel del lado Ballonti, el consumo máximo de los sistemas de diluvio corresponde al tramo G-H, y asciende a $2 \times 2260 = 4520$ lpm = $272 \text{ m}^3/\text{h}$.

La presión en boquillas ha de ser de 1 bar(g), para que coincida con las condiciones del ensayo. Dado que la presión en hidrantes ha de ser como mínimo 7 bar(g), se exceden sobradamente los requisitos de presión necesarios para el correcto funcionamiento del sistema.

5.6.2 Requisitos de materiales.

Las boquillas de diluvio serán las TYCO TN-17, K 242

Las válvulas de diluvio serán válvulas de diluvio de membrana, actuación eléctrica con rearme remoto y manual de emergencia, con trim equipado con regulación de presión, y con presostato de alarma de paso de agua. La regulación de presión se ajustará para obtener 1 bar(g) de presión en la boquilla más desfavorable. Las válvulas y en trim se instalarán en una cabina metálica para su protección. Si la cabina no se instala en una posición accesible, la válvula manual de disparo de emergencia se instalará en una zona donde sea posible actuarla manualmente de manera rápida.

Aguas arriba de la válvula de diluvio se instalará una válvula de corte de compuerta, para poder hacer el mantenimiento de la válvula de diluvio, en caso de ser necesario. Esta válvula puede incluirse en el armario de la válvula de diluvio.

La tubería a emplear serán de acero, según UNE EN 10216-1, galvanizado en caliente. Los accesorios y uniones serán de tipo ranurado por laminación. El trazado de la tubería será auto drenante, y en caso de tener puntos bajos donde no sea posible el auto drenado de la misma se instalarán válvulas de drenaje manual.

5.7 Sistema fijo de extinción por agua nebulizada

Dado que se ha considerado un sistema de diluvio para protección de la estructura del túnel frente a los efectos del calor de un incendio, no se contempla la instalación de un sistema de agua nebulizada.

5.8 Sistema de extintores portátiles

Se instalarán extintores manuales en la instalación, con los siguientes criterios:

- Extintores de 9 Kg de polvo químico seco, a instalar en:
 - o Los túneles, cada 50m. Como esta distancia coincide con la distancia entre BIES, se opta por instalar un armario conjunto BIE+extintor
 - o En los accesos a las salidas de emergencia, dos extintores en la entrada de cada una de ellas, próximos a los postes SOS
 - o En los CT, en la sala de bombas contra incendios ya que hay presencia de combustibles líquidos (diésel y aceite)
- Extintores de 5 Kg de CO₂, a instalar en:
 - o En los CT. Un extintor en las puertas de acceso desde el túnel y extintores extra distribuidos en el interior del CT de forma que no haya más de 10m de recorrido entre extintores.

5.9 Sistema de Columna Seca

En el túnel se instalarán sistemas de columna seca, para uso por los servicios de emergencia.

El sistema de columna seca según se define por el RIPCI consta de:

- Toma de agua en fachada o pared próxima a la salida de emergencia, donde será fácilmente accesible al Servicio Contra Incendios, con la indicación de «USO EXCLUSIVO BOMBEROS», provista de válvula anti-retorno, conexión siamesa, con llaves incorporadas y racores de 70 mm, con tapa y llave de purga de 25 mm.
- Columna de tubería UNE EN 10216-1 galvanizada en caliente, diámetro DN80.
- Bocas de salida de la columna seca, dotadas de válvula de seccionamiento, conexión siamesa con llaves incorporadas y racores de 45 mm con tapa. Las válvulas serán de bola, con palanca de accionamiento incorporada. Las salidas estarán situadas en la pared del túnel anexo, con el centro de la boca a 0,90 m sobre el nivel del suelo.

Con esta configuración, al instalar una válvula check en el punto de bombeo, la columna seca sólo sirve para bombear en una dirección, con lo que para atender a los dos túneles, serían necesarias dos columnas secas, una para cada dirección. Adicionalmente, las conexiones de bombeo son de DN70, pero las de manguera DN45, cuando los servicios de bomberos prefieren conexiones de alta capacidad. Es por esto que las columnas secas no seguirán el diseño establecido por el RIPCI sino que serán conexiones siamesas DN 70, similares a las utilizadas para los hidrantes, unidas por una tubería de 4” de acero UNE EN 10216-1 galvanizada en caliente. Esta solución permitirá bombear en ambas direcciones con una sola columna seca.

5.10 Sistema de Extinción Mediante Agentes Limpios

Se instalarán sistemas de extinción por agente limpio (NOVEC 1230) en los cuartos eléctricos y electrónicos de los CT. El diseño y las condiciones de su instalación serán conformes a la norma UNE-EN 15004-1.

Los sistemas serán de inundación total, con descarga en ambiente y en el interior de cuadros, para una cobertura completa y real del riesgo.

El control de la descarga será utilizando centralita de control de extinción, conforme EN54-2-4 y EN12094-1. Esta central de control de extinción se conectará al lazo analógico de detección, preferiblemente mediante módulos específicamente diseñados para ello. Como alternativa esta integración podrá realizarse mediante módulos de E/S.

La activación será por detección puntual cruzada en ambiente (2 de 3 detectores). Un solo detector dará señal de prealarma. Los detectores, al igual que los pulsadores de disparo manual de gas, aborto, retención de cuenta atrás, y las alarmas de fuego y gas disparado serán conectados y gestionados por la mencionada centralita de control de extinción.

Los sistemas serán de batería simple, contemplando dentro del programa de mantenimiento cilindros extra de reserva para reposición del sistema disparado en un plazo inferior a 24 horas.

Con el objetivo de optimizar el agente extintor, se ha previsto agrupar los riesgos de volumen similar, utilizando sistemas zonales con válvulas neumáticas. Como criterio se ha considerado que todas aquellas salas en las que la descarga de agente extintor produzca una concentración igual o superior a la concentración de extinción (4.5%) pero inferior al NOAEL (10%) se pueden agrupar en un único sistema. Para ello se considerará un cilindro piloto de nitrógeno, accionado eléctricamente por la central de control de extinción en caso de incendio. La descarga de este cilindro activará tanto la botella de NOVEC como abrirá la válvula de zona correspondiente al riesgo en cuestión, para dirigir a él la descarga. Se instalarán válvulas anti retorno en la red neumática de activación para evitar la apertura de válvulas de zonas no incendiadas (para más detalle ver plano TSL-EM-DB-01-01-DR-91220-EsquemaDetección)

Tanto los cilindros piloto como las botellas de gas contarán con un presostato de alarma por baja presión o un sistema de control de pesaje, para avisar de fugas en los mismos. En la red de descarga se instalará un presostato que informará de la activación del sistema.

La tubería de descarga será de acero galvanizado ASTM A103 Grb. Con un espesor mínimo estándar (a verificar espesor conforme a presión de descarga del sistema). Los accesorios serán roscados 3000#según ASME B16.11

Las boquillas de descarga serán según estándar de fabricante, prefiriéndose descargas de 360° frente a boquillas de pared o descarga de 180°.

Los locales se dotarán de compuertas de alivio de presión / depresión, para protegerlos de las presiones y depresiones creadas por la descarga del gas.

En la siguiente tabla se indican los sistemas a instalar en cada CT. Aquellos con iguales capacidades se agruparán en un mismo colector.

Como se ve, en algunas salas se excede la concentración de extinción, debido a que al considerar un sistema centralizado con válvulas de zona, se dimensiona para la sala más desfavorable, con lo que en las salas que son más pequeñas, la concentración será mayor. En todos los casos se está por debajo de la concentración NOAEL. Se prefiere esta solución, ya que aunque descarguemos más gas del necesario, al tener que instalar menos botellas, el coste del sistema es menor, y también, al haber menos cilindros instalados, también es mejor el riesgo de fuga por avería en un cilindro o descarga intempestiva, lo cual finalmente redundará en la protección medioambiental.

Por lo tanto se tiene:

- CT 1.
- Un cilindro de 1x150L para las salas de CBGT y compañía, con válvulas direccionales para cada sala
- Una batería de 4x150 L para la sala de transformación
- Una batería de 2x105 L para la sala de comunicaciones, telefonía y SAI, con válvulas direccionales para cada sala
- CT2 y CT 3
- Un cilindro de 1x80L para las salas de comunicaciones y sistemas
- Un cilindro de 1x67L para las salas de SAIS , CELDAS AT1, CELDAS AT2, TRAFO1 y TRAFO 2
- Una batería de 3x80 L para la sala de CCM
- CT 4
- Una batería de 2x120 L para la sala de CGBT, Comunicaciones, Transformación y SAI
- Una batería de 2x150 L para la sala de compañía telefónica.

Para más información consultar plano TSL-EM-DB-01-01-DR-91220-EsquemaDetección

Con esta solución, disponiendo de 2 cilindros de 150l, 2 de 120, 3 de 80 y 1 de 67 se puede reponer cualquier sistema disparado. En función del fabricante seleccionado, capacidades estándar del mismo, y densidades de llenado, esta disposición puede adaptarse y optimizarse .

EXTINCIÓN MEDIANTE AGENTE GASEOSO LICUADO			
Datos de partida			
Tipo Agente	NOVEC 1230		
Norma Diseño	INFA 15004.2		
Altura Criterio	2	[m]	
Constante K1	0.0664		
Constante K2	0.0002741		
Temperatura del recinto en la descarga	20	[°C]	
Volumen específico Vapor Subenfriado	0.072	[m³/Kg]	
Tipo de Riesgo	A superior		
Concentración de extinción	x	[%]	
Concentración de diseño	5.6	[%]	
Factor de corrección por altitud	1.00		
Factor de inundación kg/m3	0.825	[kg/m3]	

CT1

Sala	Volumen inducción + fugas (m3)	Cantidad de agente (kg)	Densidad llenado (kg/m3)	Volumen mínimo cilindros (l)	Cilindro seleccionado (l)	Volumen total almacenamiento (l)	Cantidad Real de agente (kg)	Concentración Real C (%)	NOAEL %	LOAEL %
COMUNICACIONES	252	207,97	1050	198,06	2x105	210	220,50	5,94%	10	10
TELEFONIA	126	103,98	1050	99,03	1x105	150	157,50	8,48%	10	10
SAL	252	207,97	1050	198,06	2x105	210	220,50	5,94%	10	10
CBO	252	207,97	1050	198,06	2x105	210	220,50	5,94%	10	10
COMPANIA	176	145,58	1050	138,65	1x150	150	157,50	6,90%	10	10
TRANSFORMACIÓN	504	415,94	1050	396,13	4x105	420	441,00	5,94%	10	10

CT2 y CT3

Sala	Volumen inducción + fugas (m³)	Cantidad de agente (kg)	Densidad llenado (kg/m³)	Volumen mínimo cilindros (l)	Cilindro seleccionado (l)	Volumen total almacenamiento (l)	Cantidad Real de agente (kg)	Concentración Real C (%)	NOAEL %	LOAEL %
COMUNICACIONES Y SISTEMAS	94	77,29	1050	73,61	1x80	80	84,00	6,09%	10	10
CELDA SAL	65	53,73	800	67,16	1x67	67	53,60	5,95%	10	10
CELDA AT-1	62	51,10	800	64,12	1x67	67	53,60	5,86%	10	10
CELDA AT-2	63	51,99	800	64,99	1x67	67	53,60	5,17%	10	10
CCM	233	192,45	1050	183,29	3x80	240	252,00	7,33%	10	10
TRAFO 1	50	41,59	800	51,99	1x67	67	53,60	7,22%	10	10
TRAFO 2	50	41,59	800	51,99	1x67	67	53,60	7,22%	10	10

CT4

Sala	Volumen inducción + fugas (m³)	Cantidad de agente (kg)	Densidad llenado (kg/m³)	Volumen mínimo cilindros (l)	Cilindro seleccionado (l)	Volumen total almacenamiento (l)	Cantidad Real de agente (kg)	Concentración Real C (%)	NOAEL %	LOAEL %
CSBT	305	25,129	1050	239,33	2x120	240	252,00	5,862%	10	10
COMUNICACIONES	292	207,97	1050	188,08	2x120	240	252,00	6,707%	10	10
TRANSFORMACION	294	242,63	1050	231,08	2x120	240	252,00	5,862%	10	10
SAI	298	246,10	1050	234,38	2x120	240	252,00	5,733%	10	10
COMPANIA TELEFONICA	379	313,14	1050	298,23	2x150	300	315,00	5,633%	10	10

Tabla 2: Sistemas de extinción por gas.

5.11 Sistema fijo de Extinción automática por Aerosol en armarios eléctricos y electrónicos

Dado que se ha considerado un sistema de extinción por agente limpio, inundación total e inyección en cuadros, que protegen integralmente las salas eléctricas y electrónicas, no se contempla un sistema de aerosol en armarios eléctricos y electrónicos.

6 SISTEMA DE DETECCIÓN Y ALARMA DE INCENDIOS

6.0 Introducción

Para el túnel se instalará de un sistema de detección lineal de incendios, que realice la detección de la forma más rápida y precisa posible, para facilitar su control y extinción. Para este tipo de detección existen dos tecnologías: cable con sensores integrados o cable sensor de fibra óptica. Se elige la tecnología basada en fibra óptica por su mayor precisión, seguridad y mejor mantenimiento. En el túnel se instalará doble cableado en aquellos puntos que supere 6,5 metros, mientras que en el resto de túnel un único cable. En las galerías de evacuación se propone la instalación de detectores puntuales óptico térmicos.

Se descarta la instalación de pulsadores en postes SOS y galerías de emergencia. Ya que en caso de uso de un poste SOS el usuario puede informar de un posible incendio en el interior del túnel. Para las galerías se propone la sustitución de dicho pulsador por un poste SOS con el que comunicar con el Centro de Control.

En cuanto a los sensores de retirada de extintor o apertura de la puerta de una BIE, se descarta su implantación. Ya que las zonas donde están ubicados están permanente monitorizados por el sistema DAI y en caso de incendio ya se ha contemplado la instalación de detección lineal. Además, se minimizan el número de falsas alarmas por apertura de

puertas; en el túnel de la M30 se ha comprobado un número elevado por la apertura de puertas de BIEs provocadas por el flujo pistón de aire derivado de la circulación de vehículos.

Para la detección en cuartos técnicos se propone la ubicación de detectores puntuales de humo óptico térmicos, conectados mediante lazo analógico a una central de incendios. Se descarta un sistema de detección temprana por aspiración por el elevado número de falsas alarmas que provocan en un entorno como un túnel. La centralita de incendios estará ubicada en el exterior de las salas para evitar su afección en caso de incendio.

En los cuartos técnicos se instalarán también pulsadores de alarma y alarmas óptico acústicas.

El diseño de los sistemas de detección y alarma se basará en la normativa UNE 23007-14:2009.

En aquellas salas donde se instalen sistemas de extinción basados en gas limpio, estarán dotados de una centralita de control de extinción, a la que se conectarán directamente los detectores, pulsadores y alarmas. Esta centralita de control de extinción se integrará en el lazo de comunicaciones analógicas de la central de incendios del CT.

Todas las centrales de incendio instaladas en los diversos CT se integrarán en una red propia, seleccionando una central como “master”, que se dotará de comunicación MODBUS para integrarla en el sistema de control general de los túneles.

Se descarta la instalación de pulsadores en postes SOS y galerías de emergencia. Ya que en caso de uso de un poste SOS el usuario puede informar de un posible incendio en el interior del túnel. Para las galerías se propone la sustitución de dicho pulsador por un poste SOS con el que comunicar con el Centro de Control.

En cuanto a los sensores de retirada de extintor o apertura de la puerta de una BIE, se descarta su implantación. Ya que las zonas donde están ubicados están permanente monitorizados por el sistema DAI y en caso de incendio ya se ha contemplado la instalación de detección lineal. Además, se minimizan el número de falsas alarmas por apertura de puertas; en el túnel de la M30 se ha comprobado un número elevado por la apertura de puertas de BIEs provocadas por el flujo pistón de aire derivado de la circulación de vehículos.

6.1 Detección lineal de incendios en el interior del túnel

Para la detección en el túnel se instalará un sistema de detección lineal de calor, basado en tecnología de fibra óptica. Dependiendo de la anchura de la sección del túnel será necesario un cable (anchura menor de 6.5m) o dos (anchura superior a 13m)

6.1.0 Cable sensor de fibra óptica.

Cada cable tendrá dos fibras ópticas multi modo, con índice graduado, guías ondas 62.5/125/250 µm de dimensiones y características internacionales estándares. , protegidas por una primera cubierta de acero inoxidable, una segunda formada por cables también inoxidables que le dotarán de resistencia a la tracción, y una cubierta final que absorbe infrarrojos, que será de tipo FRNC (Flame Retardant Non Corrosive). FRNC está libre de halógenos y es de un material retardador de llama. Durante la combustión el material FRNC no se liberan ácidos.

Según el ancho tipo de las secciones, serán necesarias dos fibras en todos los tramos con dos o más carriles, siendo suficiente con una sola fibra en los ramales de incorporación y salida que son de un solo carril.

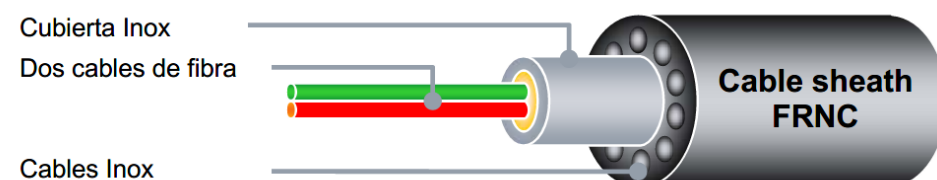


Figura 9: Cable detección lineal de dos fibras

6.1.1 Unidad controladora.

Las fibras se conectarán a unidades de control formadas por los siguientes componentes:

Transmisor:

- El transmisor contiene el láser y su controladora
- Switch óptico que permite conectar dos fibras (en el caso de controladores de dos canales, no siendo necesario en el controlador de un solo canal).

Receptor:

- Contiene el diseño óptico incluido el receptor.
- Acoplamiento para el láser generado en el transmisor y el cable sensor.
- Conversión de la luz de retorno de la fibra desde una señal óptica a una señal eléctrica.

Módulo digital:

- El modulo digital controla el dispositivo completo y el proceso de medición. Calcula, basado en los datos que recibe, el perfil de temperatura a lo largo del cable sensor.
- Módulos de señales de entrada que se utilizan para reseteado, transmisiones alarmas externas o funciones de monitorización.
- Módulos de señales de salida que permiten reportar alarmas y fallos de funcionamiento a un sistema de control mediante contactos secos.

Modulo de comunicación

- Contará con comunicación MODBUS para integración en sistema SCADA, de forma que se puedan transmitir todas las variables de lectura / alarma a un sistema superior, pudiendo configurar acciones por tramos precisos sobre diversos sistemas de seguridad controlados desde este mismo SCADA (ventilación, extinción, megafonía...)

Fuente de alimentación:

- La fuente de alimentación contiene todos los componentes necesarios de la controladora para operar con el voltaje necesario.

6.1.2 Distribución de controladores

Con el objetivo de dotar de la suficiente disponibilidad y redundancia, se ha seleccionado cables de fibra óptica con dos pares de fibra. Esto proporciona una primera redundancia en cuando a disponibilidad de la fibra. Para que esta disponibilidad sea real, cada una de las dos fibras del cable se conectarán a un controlador diferente.

La solución adoptada es la siguiente:

- Para los dos túneles principales (tramos con dos o mas carriles), se instalan dos cables por túnel, para poder monitorizar todo el ancho del mismo. Total 4 fibras ópticas por túnel.
- En el CT1 y en el CT4 se instalan dos controladores en cada CT, que serán de doble canal (con switch óptico). A cada controlador se le conectará una de las dos fibras de cada cable
- Para los ramales de un solo carril, al necesitar un único cable para cubrir todo el ancho, se instalarán dos controladores de canal simple, y a cada uno se le conectará una fibra del cable.
- El esquema descrito puede observarse gráficamente en el plano TSL-EM-DB-01-01-DR-91220-EschemaDetección

6.1.3 Integración del sistema

Los controladores de fibra óptica se integrarán tanto en el sistema de control general de los túneles como en el sistema de detección de incendios de las centralitas analógico direccionables. La integración será de la siguiente manera:

- Todos los controladores contarán con módulo de comunicaciones MODBUS, con capacidad de lectura / escritura, de forma que pueda enviarse al sistema de control toda la información monitorizada por los controladores.
Puesto que la fibra óptica monitoriza el punto exacto de la alarma, se dividirán las zonas de alarma para coincidir con las zonas cubiertas por los sistemas de diluvio. De esta forma, el controlador informará del tramo donde se ha producido el incendio, alarma que llegará al centro de control, para verificación por parte del operador del centro, y una vez verificada, realizar las acciones pertinentes (activación de la ventilación, disparo de los diluvios etc...). En caso de no recibir la verificación en un tiempo preestablecido se podrá especificar realizar todas estas acciones, o parte, de forma automática.
- Los controladores contarán con módulos de contactos secos, para Entradas y salidas. Estos módulos se conectarán al lazo analógico de la central de incendios del CT, para enviar a la misma alarma general de fuego y de fallo. También contarán con una entrada digital para desde la central de incendios, poder resetear estas alarmas.
- Los controladores se alimentarán eléctricamente desde la misma fuente de alimentación y baterías que la central analógica direccionable del CT, para dotarle de la misma seguridad en cuanto a alimentación eléctrica.

6.2 Detección de incendios en los Centros de Transformación y vías evacuación.

Para detectar e informar de alarmas en aquellas zonas de la instalación no monitorizadas por el cable de fibra óptica (centros de transformación y galerías de evacuación) se instalarán centralitas analógico direccionables. En cada CT se instalará una central analógico direccionable, equipada con módulo de red propia para, con un cable de fibra óptica, poder integrar todas las centralitas en una red propia de detección, de forma que la centralita situada en el CT1 actúe como “master” y pueda monitorizar las alarmas del resto de centralitas. Esta centralita máster tendrá también una tarjeta de comunicaciones MODBUS, para poder integrarla en el SCADA del sistema general de control, y de estar forma tener también disponible todas las alarmas y estados del sistema de detección analógico en dicho sistema

Cada central de detección del CT tendrá una fuente de alimentación y sistema de baterías, para alimentar a la centralita y el resto de elementos del sistema de detección, como las centralitas de control de extinción y los controladores de la fibra óptica del túnel.

Contarán con dos lazos de detección, ampliables a 8.

- El primer lazo de detección se utilizará para integrar las centrales de control de extinción de los sistemas de extinción por gas, así como los detectores puntuales óptico térmicos de las salas que no dispongan de extinción por gas, los pulsadores de alarma del CT, las sirenas / rótulos de alarma y los módulos de E/S digital para paro de HVAC
- El segundo lazo de detección se utilizará para conectar los detectores optico térmicos de las vías de evacuación (dos detectores por vía), así como los módulos de Entrada digital que monitorizan el estado de las válvulas de seccionamiento de la red de agua contra incendios.).

6.2.0 Central analógica de incendios

Las centrales analógicas dispondrán de las siguientes características:

- Serán conforme EN 54/2.
- Tendrán dos lazos de detección con posibilidad de ampliación a 5 lazos
- Se instalarán en una cabina, que incluirá las protecciones necesarias para la alimentación eléctrica, así como una fuente de alimentación y sistema de baterías para alimentar a la centralita y al resto de consumidores del sistema de detección (centrales de control de extinción, controladores de fibra óptica de túneles...) El diseño será conforme EN 54/4 y EN54/17
- Estarán equipadas con módulo de comunicaciones basado en fibra óptica, así como tecnología de red propia para integración de centralitas en una red de detección.

- La centralita “máster” contará con módulo de comunicaciones MODBUS para integración en SCADA

6.2.1 Detectores de humo

Para la detección puntual de humo se utilizarán detectores óptico-térmicos, con el objetivo de minimizar falsas alarmas debido a la suciedad ambiental de la zona. Los detectores serán analógico direccionables, para conexión directa a lazo, y cumplirán con la EN 54-4 y EN 54-7

6.2.2 Pulsadores de alarma

Los pulsadores de alarma a instalar en los CT serán analógico direccionables, con módulo aislador de cortocircuito integrado. Serán del tipo rotura de cristal, protección IP67

Serán certificados conforme a EN 54/11.

Los pulsadores de alarma se situarán en la entrada del CT e interiormente, de modo que la distancia máxima a recorrer, desde cualquier punto que deba ser considerado como origen de evacuación, hasta alcanzar un pulsador, no supere los 25 m. Los pulsadores se situarán de manera que la parte superior del dispositivo quede a una altura entre 80 cm. y 120 cm. Los pulsadores de alarma estarán señalizados conforme indica el anexo I, sección 2.ª del RIPCI

6.2.3 Sirenas y rótulos

Serán analógico direccionables, alimentadas desde lazo, IP 65 y cumplirán EN 54/4 y EN54/17. Si el nivel de ruido en el CT supera los 60 dB(A) serán dispositivos optico acústicos.

En la entrada a los CT2 y 3, se dispondrán sirenas con carteles lumínicos de FUEGO, que permitan visualizar la alarma desde la calzada.

6.2.4 Lazo de detección analógico

Los cables para los lazos analógicos de detección serán de de par trenzado y apantallado. De color rojo y cobre pulido flexible, clase V de 1,5mm². Pantalla con cinta de aluminio/poliéster y drenaje de cobre estañado de 0,5mm². Validado por el fabricante para el uso con sus equipos de detección. El cable será resistente al fuego, libre de halógenos, baja emisión de humo y baja corrosividad.

7 SEÑALIZACIÓN DE EMERGENCIA

7.0 Equipamiento del sistema de señalización de emergencia

Para la señalización de los equipos de emergencia se opta por señales de las mismas características que las anteriores, pero de dimensiones mínimas 210x297 mm. Entre dichos elementos se encuentran los extintores, bocas de incendio, pulsadores de alarma, hidrantes, teléfonos de emergencia y bocas de las columnas secas de protección contra incendios.



Figura 10: Señalización de equipos de emergencia.

7.0.0 Señales fotoluminiscentes para vías de evacuación

La indicación de la distancia a la galería de evacuación más cercana en ambos sentidos se realiza mediante señales fotoluminiscentes direccionales (S-990), que se instalan cada 25 m en los dos hastiales del túnel de La Avanzada.

Estas señales de recorridos de evacuación tienen las siguientes características:

- Fabricadas en aluminio de 1,5 mm. de espesor, con taladros para el montaje en el hastial del túnel, al cual se le añade un pigmento fotoluminiscente basado en aluminato de estroncio. Finalmente, el color de fondo de las señales se corresponderá con un Pantone N°349, similar o equivalente al RAL 6029 especificado para las puertas y su entorno.
- Pictogramas fotoluminiscentes de evacuación con flecha a derecha y a izquierda, y distintos metrajés en cada unidad (para marcar las diferentes distancias hasta la salida de evacuación más cercana).
- Colocadas a lo largo de los dos hastiales del túnel cada 25 m.
- Para el tamaño de las señales de recorrido de evacuación e instalación de las mismas se tomará como referencia la Norma de Señalización Vertical 8.1-IC. Se recomienda que la señal de recorrido de evacuación esté a una altura aproximada de 1,5 metros.
- Dimensiones de 1000 x 600 mm para cada señal.
- Cumple la norma UNE 23035-4 para las dos categorías de productos luminiscentes en función del nivel de la intensidad luminosa emitida:

	10 minutos	60 minutos	Tiempo de atenuación
Norma UNE 23035-4	210 mcd/m ²	29 mcd/m ²	3000
Placa Categoría A	261 mcd/m ²	31 mcd/m ²	2758

Tabla 3: Nivel de intensidad lumínica - Categoría A

	10 minutos	60 minutos	Tiempo de atenuación
Norma UNE 23035-4	40 mcd/m ²	5,6 mcd/m ²	800
Placa Categoría B	77,6 mcd/m ²	9,2 mcd/m ²	1000

Tabla 4: Nivel de intensidad lumínica - Categoría B

El pigmento fotoluminiscente posee un proceso de carga relativamente rápido (unos pocos minutos), almacenando la luz incidente y volviéndola a emitir en condiciones de oscuridad. De este modo, se asegurará la correcta visualización del mensaje incluso en ausencia de iluminación durante un periodo de tiempo suficientemente largo.

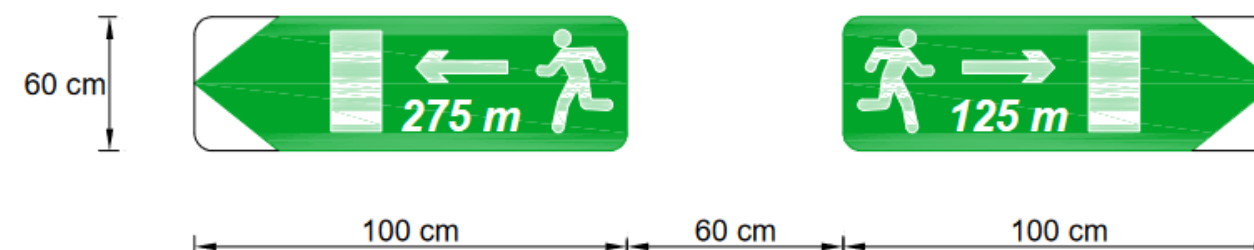


Figura 11: Señal fotoluminiscente indicadora de vía de evacuación.

7.0.1 Señales fotoluminiscentes para postes SOS y extintores

La presencia de un poste SOS se advierte con los pictogramas de teléfono y extintor, debiendo indicar, además, con una flecha, la distancia al poste SOS más próximo tanto en el sentido de la marcha como en el contrario.

Estas señales se detallan de manera más específica en el Anejo 07 - Sistema de Seguridad, Vigilancia y Control

7.0.2 Señalización de indicación de salidas a las galerías de evacuación

Las puertas de evacuación deben estar suficientemente señalizadas para que los usuarios no tengan ninguna duda de que es la salida correcta para evacuar.

La señalización a instalar es la siguiente:

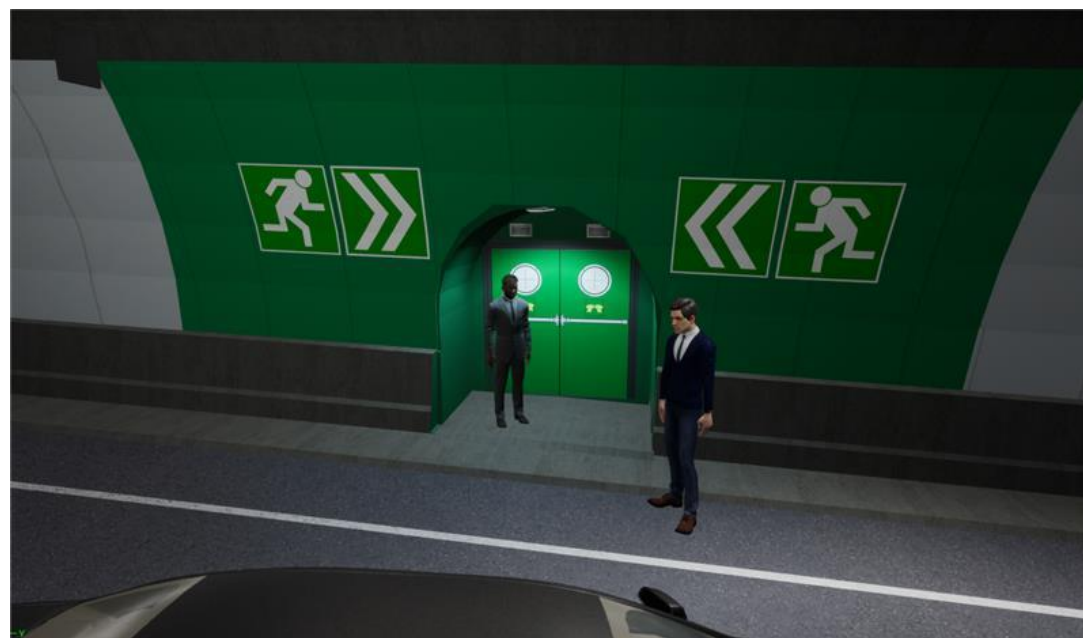
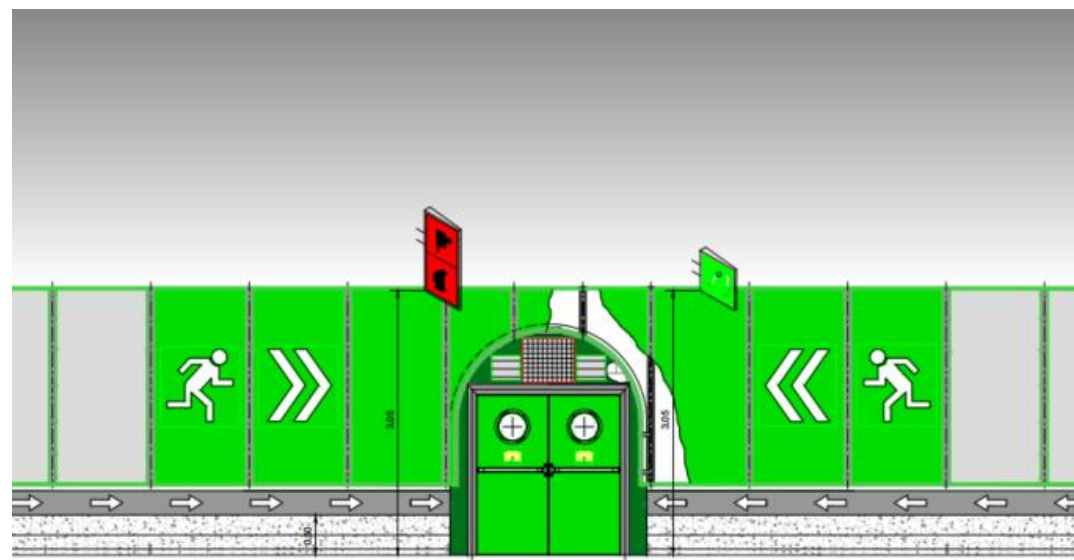


Figura 12: Esquema de la señalización en las salidas a las galerías de evacuación.



Figura 13: Detalle de señal fotoluminiscente de "apoyar para abrir" en puertas de salida de emergencia

1. A ambos lados de las salidas de emergencia se instalarán señales fabricadas en P.V.C. fotoluminiscente de 1,1 mm. Contendrá un pictograma de indicación de salida a la galería de evacuación (S-980).

Sobre estas señales se proyectará iluminación blanca para tener una perfecta carga de los pigmentos fotoluminiscentes.

El tamaño de las señales fotoluminiscentes será como mínimo de 1,5 x 1,5 m.

2. En las salidas de emergencia, sobre la puerta de evacuación y visible a dos caras (perpendicular a la dirección de evacuación), se dispondrá un rótulo luminoso con frontales fotoluminiscentes traslúcidos con indicación de salida de emergencia. Se asegura así que en caso de fallo de la alimentación siga siendo efectiva la señal debe contar con un panel electroluminiscente traslucido y conectado al sistema de alimentación ininterrumpida (SAI). La señal no debe tener un tamaño inferior a los 50 cm de lado.
3. En las mismas puertas de las salidas de emergencia se dispondrá de una señal fotoluminiscente de indicación de salida de emergencia para que no haya dudas de que es una salida de emergencia.
4. En las salidas de emergencia, en el lado derecho de la puerta de evacuación, se instalará un rótulo luminoso con frontales fotoluminiscentes traslúcidos con indicación de la existencia de un poste SOS y extintores en el interior de la galería de evacuación.
5. La señalización en las salidas a las galerías de evacuación se reforzará con la instalación de señales electroluminiscentes.
6. En cada hoja de las puertas de cada galería de evacuación se dispondrá de señales fotoluminiscentes con el pictograma de "apoyar para abrir"

El sistema de señalización electroluminiscente se completa con la instalación de un alimentador general y una centralita de derivación.

7.1 Equipamiento del sistema de señalización dentro de galería de evacuación

En el sistema de señalización de la galería de evacuación se abordará:

- Encima de cada una de las puertas en el interior del habitáculo un cartel que denomine a cada uno de los tubos a los que se accede por dicha puerta, para que, al dar instrucciones a los usuarios, estas no den lugar a equívocos, como por ejemplo «Riesgo de Atropello».
- Encima o cercano al poste SOS se debe instalar un plano de situación («usted se encuentra aquí») donde se represente todo el túnel con sus distintas galerías de evacuación, así como un identificador del poste. Todos los postes SOS deberán llevar las instrucciones de uso en varios idiomas; Euskera, Castellano, Inglés y Francés.
- También deberán llevar una identificación del poste SOS de forma visible para el usuario, de tal forma que en el transcurso de la conversación con el operador pueda indicar de forma unívoca y clara la identificación del poste SOS desde el que está haciendo la llamada.
- También en las proximidades de los postes SOS se debe ubicar un cartel que identifique la galería («galería 1» o «galería A»).
- En las propias puertas por el lado interior del habitáculo se deben instalar señales similares a las de recorrido de evacuación que indiquen la distancia desde la galería a las bocas del túnel.
- Encima de las puertas de evacuación y en el exterior del habitáculo se dispondrá un cartel que indique que la puerta contigua es una puerta de salida de evacuación, así como la identificación de la galería a la que se accede.
- Se contará con un plano con el recorrido hasta el exterior de las mismas junto al poste SOS donde además se indica el punto seguro dentro de la galería para el caso de personas que no puedan evacuar por escaleras.
- Se indicarán las maniobras necesarias para la apertura de los mecanismos de salida.

7.1.0 Señales fotoluminiscentes en galería de evacuación



RIESGO DE ATROPELLO

Figura 14: Ejemplo de pictograma de “riesgo de atropello” a ubicar en puertas de salida de emergencia lado interior de galería

7.2 Carteles identificativos

Dentro de los carteles identificativos para la señalización de emergencia tanto a nivel túnel como en la galería de evacuación, comprende lo siguiente:

- Cartel identificativo de Galería.
- Cartel de puerta contigua
- Planos de situación próximos a puestos SOS.
- Cartel identificativo de postes SOS.
- Cartel indicativo de distancia a bocas de túnel en interior de galería de evacuación.

7.3 Zonas de rociadores

Las cámaras del sistema CCTV llevarán asociadas las zonas de activación del sistema de rociadores de las que aporta visión. Con objeto que el operador pueda comprobar y confirmar la zona de activación de los rociadores.



SOUTHBOUND TUNNEL
DELUGE ZONES 30/29
CROSS PASSAGE 7

Figura 15: Visión de cámara con la identificación de las zonas de activación y salida de emergencia

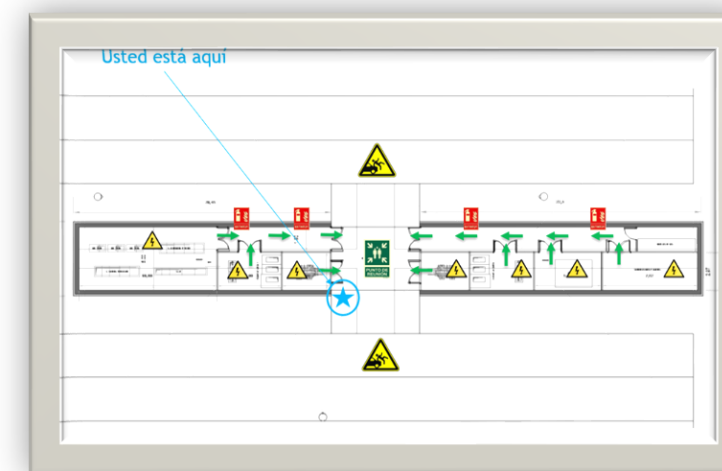
En el panel vitrificado se incluirá señalización de delimitación de las zonas de rociadores, con objeto que en caso de activación manual desde la propia calzada se compruebe y confirme la zona a activar previamente.



Figura 16: Señalización de delimitación de zonas de rociadores

7.4 Cuartos técnicos

En los cuartos técnicos en la entrada se ubicarán planos de evacuación en la pared, con objeto que, en caso de siniestro en su interior, los servicios de emergencia cuenten con información de la disposición de los equipos y distintas salas.



Pulsadores de paro / disparo del sistema de extinción mediante agentes limpios.

Los pulsadores de paro (azul) y disparo (amarillo) a instalar, serán como se muestra en la siguiente figura:



Figura 17. Pulsador de disparo (amarillo) y paro (azul).

Los pulsadores manuales para los sistemas de extinción automática están diseñados para trabajar con paneles certificados EN54 de extinción automática de incendio, cumpliendo de este modo con el reglamento europeo de productos de construcción nº305/2011.

Los pulsadores, incorporan un indicador de acción led que se ilumina al ser accionado manualmente; estos pulsadores están diseñados para:

- Pulsador de paro (azul): este pulsador de bloqueo tiene "prioridad" sobre el pulsador de disparo de extinción siguiendo la normativa europea. La función de este pulsador es BLOQUEAR el sistema de extinción automática en caso de querer bloquear o abortar la extinción automática. Por normativa europea el color del pulsador de bloqueo de extinción es color AZUL.
- Pulsador de disparo (amarillo): este pulsador activa la extinción manualmente. Al activar este pulsador de disparo se informa a la central para que active el proceso de extinción. Siguiendo la normativa europea EN 15004 este proceso tardara máximo 60 segundos. Por normativa europea el color del pulsador de disparo de extinción es de color AMARILLO.

Los pulsadores son fácilmente rearmables manualmente o mediante la introducción de una llave plástica que se suministra junto al pulsador de paro / disparo. Además estarán señalizados indicando la sala a la que corresponde.

Letrero de extinción disparada

El letrero de extinción, es un dispositivo de aviso para la indicación de alarma de fuego diseñado para ser usado con leds de alto rendimiento. Estos componentes dan una larga y duradera señalización óptica. Estará ubicado en la parte superior a la entrada de cada sala.

Una vez activada la extinción, se ilumina el letrero, para dar aviso a los usuarios de la no entrada en la sala.



Figura 18. Letrero de Extinción "NO ENTRAR EXTINCIÓN DISPARADA"

Se compone de:

- Una pantalla frontal que se iluminará en caso de alarma.
- LEDS de alto rendimiento.
- Un zumbador de 90 dB@ 30 cm. Las sirenas de alarma serán del tipo bitonal de prealarma y alarma y se dispondrán de forma que puedan ser audibles en todo el edificio.

También se señalizarán los medios de extinción y las rutas de evacuación en los cuartos técnicos mediante el empleo de señales.

