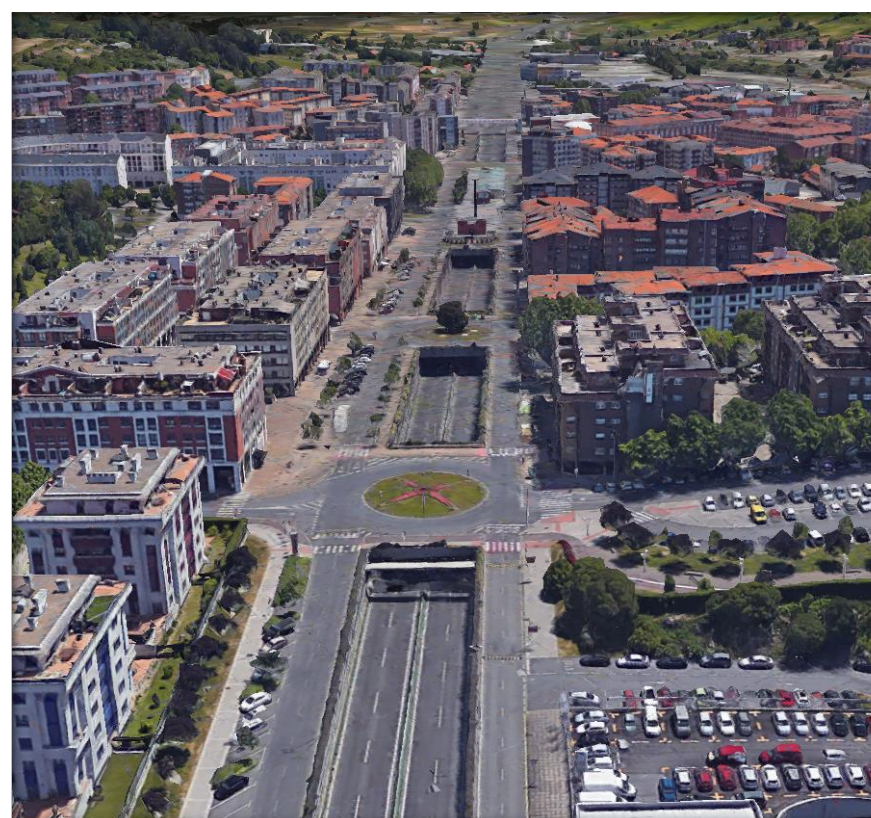


PROYECTO CONSTRUCTIVO DE ADECUACIÓN DEL TÚNEL DE LA AVANZADA EN LA BI-637
Nº EX.: 2020/004/073/10

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



Anejo 9. Protección Contra Incendios

Anejo 9. Protección Contra Incendios

Control de firmas

Realizado	Aprobado
Roberto Cisneros	Jorge Alcalde
Fecha y Firma	Fecha y Firma
No precisa firma si está aprobado electrónicamente mediante ruta	

Información del Documento	
Código Documento	P0210L59-ATA-AP-EM-AN-0009
Referencia	P0210L59

Registro de cambios

[illegible]

Anejo 9. Protección Contra Incendios

INDICE

1	INTRODUCCIÓN Y ALCANCE	4
1.1	Introducción	4
1.2	Alcance	4
2	NORMATIVA APLICABLE	4
3	DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA	5
4	FILOSOFÍA Y CRITERIO DE DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	5
4.1	Estudio de las causas posibles de incendio	5
4.2	Incendio originado por instalaciones fijas	5
4.3	Incendio debido al tráfico de vehículos	5
4.4	Criterios de sectorización y definición de riesgos	6
4.5	Materiales de construcción de los cerramientos	6
4.6	Estabilidad al fuego de la estructura	6
4.7	Resistencia al fuego de los cerramientos	6
4.8	Requisitos de resistencia al fuego de los componentes del sistema de protección contra incendios.....	7
5	SISTEMAS DE EXTINCIÓN	7
5.1	Requisitos del Decreto Foral de Seguridad de Túneles de Carreteras	7
5.2	Requisitos de la Directiva 2004/54/CE	7
5.3	Requisitos del proyecto	8
5.4	Abastecimiento de agua	8
5.5	Grupo de bombeo	8
5.6	Red de hidrantes	8
5.7	Sistema de rociadores.....	10
5.8	Sistema de Extinción Mediante Agentes Limpios.....	10
5.9	Sistema fijo de Extinción automática por Aerosol en armarios eléctricos y electrónicos	11
5.10	Sistema de extintores portátiles.....	11
5.11	Sistema de Columna Seca	11
5.12	Sistema fijo de extinción por agua nebulizada	12
6	SISTEMA DE DETECCIÓN Y ALARMA DE INCENDIOS	12
6.1	Introducción	12
6.2	Detección lineal de incendios en el interior del túnel	12
6.2.1	Cable de detección lineal con sensores de temperatura integrados	13
6.2.2	Cable sensor de fibra óptica	13

6.3	Central analógica de incendios	14
6.4	Detección de incendios en los Centros de Transformación	14
6.5	Pulsadores de alarma	15
6.6	Sirenas	15
6.7	Lazo de detección analógico	15
6.8	Sistema de Alarma.....	15
7	SEÑALIZACIÓN DE EMERGENCIA	16
7.1	Equipamiento del sistema de señalización de emergencia	16

APÉNDICE 1: CÁLCULOS DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

FIGURAS

Figura 1:	Punto de conexión de bomberos con doble racor DN70	9
Figura 2:	Armario Hidrante de pared.	9
Figura 3:	Válvula de volante para conexiones DN70 de hidrante.	9
Figura 4:	Señal fotoluminiscente indicadora para postes SOS.....	17
Figura 5:	Señal fotoluminiscente indicadora de vía de evacuación.	17
Figura 6:	Esquema de la señalización en las salidas a las galerías de evacuación.....	18

TABLAS

Tabla 1 :	Materiales de la tubería y revestimientos	7
Tabla 2:	Superficie máxima de vigilancia y Distancia máxima entre detectores	15
Tabla 3:	Distancia del sensor al techo.....	15
Tabla 4:	Enclavamiento del Sistema con otros sistemas o componentes.....	16
Tabla 5:	Nivel de intensidad lumínica - Categoría A	17
Tabla 6:	Nivel de intensidad lumínica - Categoría B	17
Tabla 7:	Equivalencia en metros de tubería de cada elemento de la red.....	21

1 INTRODUCCIÓN Y ALCANCE

1.1 Introducción

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 el Túnel de la Avanzada, considerado su ampliación a una longitud de 800 m. 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:
 - Sistemas de extintores portátiles
 - Sistema de red húmeda: BIE's + Hidrantes..
 - Sistema de rociadores.
 - Sistema de columna seca en cada galería de evacuación.
 - Sistema de supresión de incendios por agente limpio: En cuartos técnicos y en armarios eléctricos y electrónicos.
- Sistemas de detección y alarma:
 - Sistema de detección lineal en el interior del túnel
 - Central analógica de incendios
 - Subcentral analógica para sistemas fijos de extinción automática de incendios
 - Pulsadores de alarma
 - Sirenas
 - Lazo de detección analógico
 - 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. (Pendiente de aprobación la revisión).
- Instrucciones Técnicas de Seguridad en Túneles para el Diseño Seguro. V Protección Contra Incendios
- 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
- Reglas Técnicas de CEPREVEN.
- NFPA 24 Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances
- Norma UNE 23500-18: Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios.
- Normas DIN aplicables a valvulería y tubería.

3 DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

Además de la normativa citada en el punto anterior, se consideran los siguientes documentos como referencia para la redacción de este documento:

- PPT 2020-004-073-10-OCR. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES.
- P0210L59-ATA-CD-EM-NT-0012-PCI-RV01. INFORME V1. RECOPIACIÓN DE DOCUMENTACIÓN. EXPERIENCIAS REALIZADAS, NORMATIVA. MATERIALES EMPLEADOS E IMPLANTACIÓN.
- P0210L59-ATA-CD-EM-NT-0036-AFFFS_PCI_V3-RV00. INFORME V3. INFORME RELATIVO A LA NECESIDAD DE INCORPORAR UN SISTEMA FIJO DE EXTINCIÓN AUTOMÁTICA DE INCENDIOS.
- P0210L59-ATA-CD-EM-NT-0028-Diseño PCI V5-RV01. INFORME V5. DISEÑO COMPLETO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.
- 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.

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

Un sistema de protección contra incendios adecuado es un requisito básico de las instalaciones de un túnel para prevenir el riesgo de incendio y actuar en el caso que fuera necesario, que a priori, es el riesgo que tendrá mayores consecuencias.

Las funciones básicas del Sistema de Protección Contra Incendios son:

- Prevención de incendios.
- Sectorización.
- Detección y localización.
- Alarmas.
- Extinción del incendio.
- Señalización de rutas de evacuación y elementos de protección.

El presente documento tiene en cuenta los sistemas y medios destinados a la detección y a la extinción del incendio en el túnel, las salidas de emergencia y en las salas técnicas.

4.1 Estudio de las causas posibles de incendio

El conocimiento de las causas motivadoras de incendios, permite fijar los objetivos sobre los que se debe actuar y por tanto el diseño de las instalaciones más adecuadas. En este proyecto, los criterios de diseño tenidos en cuenta se diferencian entre los incendios originados en las propias instalaciones de los túneles y los debidos al tráfico de vehículos.

4.2 Incendio originado por instalaciones fijas

Dadas las características de las instalaciones fijas en el interior de los túneles los riesgos de incendio considerados se indican a continuación.

- **Equipos eléctricos.** Situados principalmente en los centros de transformación y salas de baja tensión. Es ésta la causa más frecuente de incendio ya que las instalaciones y equipos eléctricos, aunque permiten su correcto funcionamiento y servicio, no garantizan la ausencia de corto-circuitos.
- **Puntos calientes.** Ejes y rodamientos recalentados de los equipos de ventilación, dan lugar a puntos calientes que pueden generar fuertes desprendimientos de calor o chispas capaces de iniciar un incendio.

Bajo esta premisa, en nuestro proyecto consideraremos que pueden existir incendios del tipo A, B, C, y E.

4.3 Incendio debido al tráfico de vehículos

Considerando las circunstancias específicas de la circulación en el interior de los túneles, límites de velocidad, protección frente a condiciones climáticas, circulación bidireccional, niveles de iluminación constantes, convierten a estos en vías más seguras que los tramos a cielo abierto. Ahora bien, las consecuencias de un accidente por pequeño que sea, se ven magnificadas por el propio túnel y por las dificultades para la prestación de auxilio, máxime si como consecuencia del accidente se produce un conato de incendio. Las causas más probables de provocar un incendio pueden indicarse como:

- **Puntos calientes.** Ejes y rodamientos recalentados, un mal ajuste de los componentes del sistema de frenos, equipos eléctricos, etc. dan lugar a puntos calientes que pueden generar fuertes desprendimientos de calor o chispas.
- **Derrames.** Los derrames accidentales de combustible o sustancias inflamables pueden ser fuente de incendio si concurren chispas u otras fuentes de calor.

Anejo 9. Protección Contra Incendios

- **Accidentes.** El tipo de accidentes más probable de producirse entre vehículos en los túneles considerados, será el producido por alcance o colisión lateral, dada las consideraciones de tráfico en los mismos, pudiendo derivarse el incendio al producirse el derrame de combustible.

4.4 Criterios de sectorización y definición de riesgos

Para cumplimiento de la normativa y una mejor y más eficaz actuación del Sistema de Protección Contra Incendios, ha de realizarse un estudio del túnel dependiendo de dos factores:

- a) tipo de actividad en las distintas áreas.
- b) riesgo de fuego y posibilidades de actuación.

Mediante el primero, se obtendrá una clasificación de las distintas áreas, y mediante el segundo se determinarán las distintas zonas dentro de cada área.

Desde el punto de vista de la actividad en las distintas áreas que aparecen en el proyecto, se puede considerar la siguiente clasificación:

- Galerías de evacuación, es decir, aquellos espacios considerados fundamentalmente como tránsito ocasional. Que pueden contener salas con equipos eléctricos o electrónicos en su interior, con visitas poco frecuente.
- Calzadas de los túneles, es decir, aquellos espacios considerados fundamentalmente como tránsito.
- Recintos externos para cuadros eléctricos, grupo de bombeo y central básica de alarmas, con visitas poco frecuentes, básicamente de mantenimiento.

Por otra parte, y teniendo en cuenta el riesgo y las posibilidades de actuación, deberá tenerse en cuenta lo siguiente:

- Separación física de locales que permitan localizar y controlar el incendio considerando el tiempo mínimo de resistencia al fuego de paredes, puertas, compuertas cortafuego, etc.
- Posibilidad de una fácil salida de emergencia que permita una evacuación rápida y segura.
- Potencial riesgo de incendio de la zona.
- Sistema de extinción de incendio a establecer para dicha zona.

Por otra parte, mediante la detección lineal de incendios, se asegura una precisión de hasta 1 m en cuanto a la localización de cualquier incidente (según tecnología utilizada en la detección lineal), lo que permite ubicar con una gran precisión cualquier punto de origen de un incendio.

Se estudiará la posibilidad de instalar en cada zona del túnel señales (códigos de colores y números) en los hastiales para permitir a los servicios de emergencia ubicar rápidamente posibles incidencias.

4.5 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.

4.6 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 realizará 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.

4.7 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).

Anejo 9. Protección Contra Incendios

- 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)).

4.8 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 TUBERÍA Y REVESTIMIENTOS			
MATERIAL	ENTERRADO	AÉREO	REVESTIMIENTO
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

El túnel de la avanzada, sus galerías de evacuación y cuartos técnicos asociados contarán con los sistemas de extinción mínimos requeridos por normativa y su diseño se realizará cumpliendo con la normativa local y con las normas nacionales e internacionales de apoyo, siempre y cuando no entren en conflicto.

Los sistemas de extinción con los que contará el túnel de La Avanzada serán:

- Red exterior de hidrantes
- Sistemas de Bocas de incendio equipadas.
- Sistema de extinción mediante agentes limpios.
- Extintores portátiles.
- Conexión de bomberos.
- Sistema de rociadores.
- Columna seca en galerías de evacuación.

5.1 Requisitos del Decreto Foral de Seguridad de Túneles de Carreteras

Cuando la longitud del túnel sea superior a 500 m, se dispondrá en el túnel lo siguiente:

- Se dispone de una red de hidrantes de acero negro de 150 mm de diámetro.
- Bies de 25 mm, con 20 metros de manguera y un caudal mínimo de 75 litros/min cada 50 m. Alimentadas por tuberías de 40 mm.
- Hidrantes de arqueta en las galerías de evacuación y próximos a las puertas, con dos bocas de 70 mm, y tubería de alimentación de 150 mm.
- Extintores manuales en los postes SOS y cuartos técnicos.
- Sistema de abastecimiento de agua. Debido a que se permite como alimentación la conexión directa a la red general esta será con conexión directa a la red general. Para la cual se han solicitado a la compañía propietaria (IBERDROLA) de la red general la disponibilidad de presión y caudal en la acometida, necesarios para dar servicio a los sistemas que llevarán instalados el túnel. En caso de que no haya disponibilidad de caudal o presión en la acometida, se deberá contemplar depósito de reserva, grupo de presión y control de presión en la red mediante presostato. Se permite como alimentación la red general.
- Equipo auxiliar en una ubicación próxima a los hidrantes, en las salidas de evacuación, y que constará de: Dos mangueras de 70 mm y 20 m de longitud y dos de 45 mm también de 20 m, 1 bifurcación de 75-45 mm, 2 lanzas de 70 mm y dos lanzas de 45 mm.

En los cuartos técnicos se dispondrán de sensores automáticos de incendio. Los armarios eléctricos y electrónicos dispondrán de un sistema local de extinción por agente limpio con inundación total del armario.

5.2 Requisitos de la Directiva 2004/54/CE

Se dispondrán estaciones de emergencia con teléfono de emergencia y 2 extintores. Estarán cerca de las bocas y en el interior como máximo a 150 m.

Los túneles dispondrán de abastecimiento de agua. Habrá bocas de agua cerca de la entrada y en el interior, a intervalos no superiores a 250 m.

5.3 Requisitos del proyecto

El anillo del sistema de PCI se realizará utilizando una tubería de diámetro DN150 (6").

El abastecimiento cumplirá las condiciones establecidas en el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios. La red hidráulica que abastece a las BIE's e hidrantes debe permitir el funcionamiento simultáneo de dos hidrantes consecutivos durante dos horas, cada uno de ellos con un caudal de 1.000 l/min y una presión mínima de 5 bar.

Se define un grupo de bombeo con capacidad del suministrar el caudal necesario para la extinción. La toma de agua se realiza desde la Red General de Abastecimiento de Agua ante la imposibilidad de ubicar depósitos debido al entorno urbano en el que está situado el túnel objeto de la adaptación, pero a pesar de ello se garantiza el caudal necesario desde el suministro de la Red General de Abastecimiento de Agua.

Las condiciones de suministro deberán ser confirmadas durante la fase de Proyecto.

5.4 Abastecimiento de agua

Las funciones básicas del sistema son:

- Mantener de forma permanente una presión en el Sistema de Protección Contra Incendios, que permita el arranque rápido del sistema, impidiendo el golpe de ariete en las tuberías del sistema.
- Suministrar el caudal de agua necesario para compensar las posibles fugas en el circuito.
- Suministrar el caudal de agua necesario en caso de incendio.

De acuerdo a ello, en el proyecto se considerarán los siguientes puntos:

- La alimentación de los agua para la red de hidrantes se realizará directamente desde la acometida general de la red municipal. (La reserva de agua desde donde se alimenta la red de uso público debe tener una capacidad de al menos 5 veces la calculada para la instalación de extinción de incendios. En este caso de la ampliación del túnel de La Avanzada: $5 * 120 = 600 \text{ m}^3$; Y un caudal de 120 m³/h).
- Se prevé que la red pública a la que se conectará la red húmeda de extinción de incendios no dispondrá de la presión necesaria para llevar el agua a todos los puntos finales. Por ello tras la conexión a esta red pública se considerará un grupo de bombeo.
- Los grupos de bombeo alimentarán la red de hidrantes y la red de BIE's del túnel. En esta red existirá una válvula de corte y una unión bridada con el fin de poder aislar el sistema en caso de mantenimiento o rotura.

Además de ello, y para una eventual alimentación del anillo por parte del Cuerpo Municipal de Bomberos, se ha dispuesto, como ya se ha indicado, de bocas específicas que permitan la conexión directa con la red de hidrantes bien de sus tanques móviles o de algún otro punto de alimentación. Por tanto y en modo de resumen se dispondrá del siguiente abastecimiento de agua:

- Abastecimiento principal desde la red general: Este abastecimiento alimentará al grupo de presión que mantiene la red de columna húmeda.
- Abastecimiento alternativo: Se dejan bocas para el abastecimiento del sistema por parte del cuerpo de bomberos. Estas bocas estarán situadas: en la entrada de las diferentes salidas de emergencia para las columnas secas de las mismas; y en ambas bocas de los túneles (en ambos sentidos de la circulación del tráfico). Todas ellas serán de 100 mm.
 - Conexiones 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 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 dos conexiones en cada boca, una en cada sentido de la circulación.
 - Para las galerías de evacuación se dispondrán de columnas secas para el uso exclusivo del cuerpo de bomberos.

5.5 Grupo de bombeo

En el recinto destinado al sistema de Protección Contra Incendios se instala una estación de bombeo que asegure el 100% de las necesidades de agua del sistema.

Cada estación de bombeo estará provista de:

Cuadro de control

La toma desde la red de suministro conectada a la Red General de Abastecimiento de Agua llevará instalada una válvula de aislamiento con su correspondiente filtro y un colector de 150 mm (Ø6") de diámetro desde donde aspira el siguiente grupo de presión:

- Bomba Eléctrica principal (según NFPA-20 Centrifugal Fire Pumps).
- Bomba Diesel (principal de reserva).
- Bomba Jockey eléctrica.
- Válvulas antirretorno y de aislamiento.
- Accesorios y material diverso (tubería, valvulería, absorbentes de vibración, compensadores de dilatación, manómetros, etc).

Las bombas principales aseguran un caudal de 120 m³/h a una presión de 5 bar en dos hidrantes consecutivos en el punto más alejado de la red. El arranque de las bombas podrá realizarse en modo manual o automático.

En el modo automático. La bomba "jockey", mantiene presurizada la red de forma automática, reponiendo las fugas admisibles, arrancando por baja presión en el anillo y parando por alta. Si la presión continúa bajando, el presostato de baja dará señal de arranque a la bomba principal eléctrica. Si aún continúa bajando la presión (por una mayor demanda de caudal), un segundo presostato dará señal de arranque a la bomba diésel.

La parada de las bombas se realizará manualmente. Las bombas estarán protegidas por bajo caudal de la red de abastecimiento. Por señal de bajo caudal se activa la alarma en sala de control y por señal de muy bajo caudal disparan las bombas que estén en funcionamiento.

La impulsión de cada bomba dispone de cono reductor concéntrico, manómetro, válvula de seguridad para alivio a caudal cero con descarga a drenaje situado fuera de la caseta de bombas, válvula de retención, conexión a presostato de arranque y válvula de corte.

El sistema de bombeo cumplirá con la UNE 23 500 y CEPREVEN RT2-ABA.

5.6 Red de hidrantes

El Decreto Foral establece únicamente el requisito de instalar una red de hidrantes cuando la longitud del túnel sea superior a 500 m. Por lo tanto, se instalará la red de hidrantes en el túnel de La Avanzada.

La red de hidrantes se dividirá en dos clases según su función:

- Red principal, que distribuirá longitudinalmente el agua a lo largo del túnel, desde el punto de bombeo hasta las salidas a las tuberías verticales donde se instalarán las bocas de incendio equipadas, situadas cada 50 m.
- Red de puntos de consumo o hidrantes

La red de agua contra incendio se conformará de un anillo alrededor del túnel (por los hastiales) con válvulas de seccionamiento convenientemente ubicadas para garantizar el suministro en caso de fallo o mantenimiento de alguna sección.

Además, se proporcionará 2 conexiones siamesas para el departamento de bomberos, Una en cada boca del lado del sentido del tráfico.

Red principal

La red principal será una red aérea de acero negro de Ø6" (DN 150) situada en ambos hastiales del túnel y en la que están conectados tanto los hidrantes como las BIE's.

Anejo 9. Protección Contra Incendios

Se propone la implantación de un anillo con el objetivo de conseguir una mayor seguridad en la alimentación, realizando la unión de las tuberías a través de canalización en cruce de calzada en las bocas del túnel de La Avanzada. La tubería de acero negro en cruce de calzada será también de Ø6" (DN 150).

La instalación de la red de hidrantes se completará con los instrumentos propios de este tipo de redes: grupos de presión, válvulas antirretorno, caudalímetros, manómetros, equipos de control de seguridad, etc.

La red dispondrá asimismo de la siguiente valvulería:

- Válvulas de purga, canalizadas hacia el sistema de drenaje, para vaciar la red en caso necesario. Las conexiones estarán situadas en los puntos más bajos de la red.
- Válvulas de regulación de presión, para evitar sobrepresiones que provoquen un mal funcionamiento.
- Válvulas de seccionamiento, situadas en arquetas, para poder realizar reparaciones por tramos sin perder la funcionalidad del resto del circuito (gracias al anillo de tuberías).

Con el fin de conocer en todo momento la existencia de presión suficiente en la red, se dispondrá un presostato que proporcionará, en caso de baja presión, una alarma en la Central de Incendios con réplica y visualización en el Centro de Control.

Red de puntos de consumo

La red de puntos de consumo estará formada por los siguientes elementos:

- Hidrantes de pared

El hidrante tendrá una entrada por la parte superior, dónde está prevista la brida de conexión a la tubería de la red principal Ø6" (DN 150). En el extremo contrario a la entrada se dispondrá el mecanismo de cierre. La toma será de 100 mm de diámetro nominal y en su parte superior estará provisto de 2 bocas de salida de 70 mm de diámetro nominal, las cuales llevarán acopladas racores según la norma UNE 23-400 y dispondrán del correspondiente mecanismo de cierre/apertura. El hidrante estará formado por el cuerpo, mecanismos de cierre, mecanismos de accionamiento, brida de conexión, como se puede ver en la imagen siguiente.

El túnel de La Avanzada dispondrá de una red de hidrantes que se situarán adosados a las paredes de los hastiales del Túnel. Dichos hidrantes se ubicarán en las bocas del Túnel y en las entradas a las galerías de evacuación (en los dos sentidos de circulación), cumpliendo el Decreto Foral. Adicionalmente, tal como se describe a continuación, existirán hidrantes de columna seca en todas las galerías de evacuación.

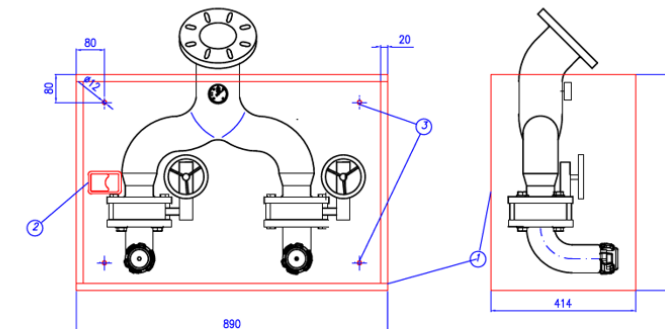
Todos los elementos utilizados serán resistentes a la corrosión, oxidación y esfuerzos mecánicos a que puedan estar sometidos. Se podrán seleccionar hidrantes de entrada recta con brida DIN PN-16 y apertura con cuadrado de 25 mm y una salida de 4" para montar 2 racores de 70 mm, ajustándose sus características a lo indicado en la Norma UNE 23-400.



Figura 1: Punto de conexión de bomberos con doble racor DN70

El caudal suministrado por las dos tomas de cada hidrante, el cual ha sido utilizado en los cálculos que posteriormente se incluyen, es de 1.000 l/min.

Los hidrantes se ubicarán en las paredes del túnel, en armarios fijados a la pared y conectados a la tubería principal mediante una brida, permitiendo su movimiento longitudinal en caso de dilatación térmica de la tubería, siendo accesibles y correctamente señalizados con la inscripción "Suhiltzaileak/Bomberos" para una rápida actuación de los bomberos.



1. ARMARIO CON TROQUELADO EN PARTE SUPERIOR PARA PERMITIR EL PASO DE LA BRIDA DURANTE MONTAJE
2. CERRADURA TIPOS RESBALÓN
3. TALADROS PARA FIJACIÓN A PARED

Figura 2: Armario Hidrante de pared.

Dispondrán de válvulas independientes por cada racor, con volante reductor e indicador de posición:



Figura 3: Válvula de volante para conexiones DN70 de hidrante.

- Bocas de Incendio Equipadas (BIE's)

El sistema de BIE's estará diseñado teniendo en cuenta lo indicado en la normativa aplicable. Se dispondrán adosadas a los paneles de protección contra incendios/revestimiento estético en el interior del túnel de La Avanzada, con una distancia de separación entre las mismas de 50 m.

Se hará coincidir la posición de las BIE's con extintores portátiles, de manera que se facilite la instalación en el interior del túnel y se consigue que todos los medios de protección queden unificados en puntos concretos fácilmente identificables.

Las bocas de incendio serán de columna húmeda y estarán unidas a la red principal por medio de tuberías de Ø1,5" (DN 40) de acero estirado s/DIN 2440 galvanizadas. La altura desde el suelo al centro de las BIE's será de 1,5 m., las BIE's irán adosadas al conjunto de revestimiento estético/panel de silicato cálcico de protección contra incendios.

El conjunto de una BIE cuenta con los siguientes elementos:

Anejo 9. Protección Contra Incendios

- Bocas de Incendio Equipadas (BIE's) de 25 mm en inoxidable, con toma adicional de 45 según Norma UNE-EN 671-1 y contacto final de carrera apertura puerta.
- Armario de acero inoxidable AISI-304 con puerta ciega, bisagras y cierre de resbalón con precinto de seguridad.
- Devanadera de alimentación axial, fija con sistemas de orientación RIL-GO.
- Válvula de bola para corte de 1" para BIE's de 25 mm.
- Manguera de tipo ARMTEX o similar, de 25 mm, semirrígida y 30 m de longitud.
- Soporte de manguera de latón cromado.
- Caudal mínimo de 75 l/min.
- Lanza de 3 posiciones (corte, chorro y niebla) de latón.
- Racor de 25 mm.
- Manómetro de esfera de 0 - 16 Pa.
- Extintor de 6 Kg.
- Se dispondrán extintores manuales de 6 kg en los armarios de BIE's, así como en los Centros de Transformación del túnel de La Avanzada.
- Equipamiento auxiliar:

El equipamiento auxiliar no es obligatorio, pero se recomienda disponer armarios para este equipamiento, compuesto por, al menos, dos mangueras de 70 mm y 20 m de longitud, y dos mangueras de 45 mm, también de 20 m, una bifurcación de 70-45 mm, 2 lanzas de 70 mm y 2 lanzas de 45 mm.

5.7 Sistema de rociadores

El sistema de rociadores para salas y equipos especiales será diseñado de acuerdo a la última versión de la norma para instalación de sistemas de rociadores NFPA 13.

La tubería será de acero al carbono ASTM A53 Grado B SCH 40.

Son aplicables los siguientes criterios de diseño:

- La separación mínima entre rociadores será de 2.44 m. y la máxima de 3.04 m.
- En espacios cerrados, el área de operación de rociadores deberá tomarse de acuerdo a la gráfica 11.2.3.1.1 de la NFPA 13.
- Los rociadores deben instalarse en construcciones no obstruidas, tal como se define en la norma NFPA 13.
- La máxima presión de trabajo es de 12 bar (175 PSI).

Los rociadores que se utilizarán serán tipo montante (upright) o colgante (pendant) y de respuesta estándar de acuerdo a NFPA 13. La temperatura promedio con la que se activaran es de 68°C (155°F).

El sistema contempla puestos de control de rociadores, que pueden abarcar un área máxima por planta de 4830m².

Cada puesto de control cuenta con una válvula de corte, válvula reductora de presión, válvula de retención (check), válvula de prueba e interruptor de flujo conectado a la central de detección y alarma de incendios.

En el caso de acoples del tipo soldado para la instalación de rociadores, estos serán SCH 80; se soldarán posteriormente al perforado de la tubería de alimentación, la perforación será ejecutada exclusivamente con broca, se extraerán las virutas del perforado y ésta no será mayor al diámetro del Acople. Se admitirán otras variantes sólo si los procedimientos y pruebas son remitidos previamente para su aceptación.

El soporte básico típico de tubería superficial será tipo colgante con varilla roscada. Se anclarán a muros y losas mediante pernos químicos resistentes a altas temperaturas. Se fijarán a estructuras metálicas con pernos, arandela, tuerca y contratuerca.

Se prohíbe expresamente el uso de cadenas, cables, cintas perforadas o alambres como soporte de tuberías.

Todos los soportes serán ejecutados con perfiles normalizados, sin uso y perfectamente alineados.

La instalación del sistema automático de supresión de incendios por rociadores para el cuarto de bombas contra incendio de túnel de La Avanzada será obligatoria solo en el caso de que el grupo de bombas contraincendios contemple la bomba Diesel de reserva.

Actualmente el grupo propuesto estará compuesto por bomba principal eléctrica y bomba de reserva Diesel y por tanto, se requiere de rociadores en el cuarto de bombas.

5.8 Sistema de Extinción Mediante Agentes Limpios

En las salas con riesgos eléctricos (cuartos técnicos) se instalarán sistemas de extinción de gases limpios.

Los sistemas de extinción de incendios de agente limpio para la protección por inundación total cumplirán con los requisitos de NFPA 2001 y las normas y regulaciones locales relevantes.

El gas de extinción de agente limpio propuesto es NOVEC, amigable con el medio ambiente y fácilmente disponible para rellenar en el mercado local.

Cada sistema protegerá solo un (1) compartimento contra incendios.

El sistema de extinción automática por gas estará formado por:

- Centralita de Extinción Automática (Servirá la central analógica central del sistema de detección del Túnel).
- Una batería de botellas de elemento extintor.
- Sistema de Detección.
- Dispositivo automático de disparo.
- Una red de tuberías.
- Difusores de descarga.
- Válvulas selectoras y de seguridad.
- Pulsadores de bloqueo/disparo= Alarmas acústicas.
- Señalización de "SISTEMA DE GAS DISPARADO".
- Cableado correspondiente.

Los cilindros de agente limpio se ubicarán de manera segura dentro del bloque de cuartos técnicos o en un contenedor separado sin interferir con el acceso normal al bloque de cuartos técnicos, los pasillos o la ruta de evacuación.

La señal automática de liberación de gas del agente limpio se originará desde detectores conectados al Panel de control. El sistema incorporará una característica de retardo de liberación de gas variable dentro del rango de 0 a 30 segundos.

La liberación manual de los sistemas de gas inerte se realizará mediante unidades manuales ubicadas en cada entrada al recinto protegido.

Funcionamiento manual

En caso de iniciarse un incendio, se accionará el pulsador de disparo correspondiente al sistema de protección; la señal eléctrica accionará el mecanismo de apertura de las botellas y éste abrirá la válvula neumática de aislamiento situada en el colector de acceso al elemento incendiado.

Anejo 9. Protección Contra Incendios

Los pulsadores de disparo e inhibición de actuación, deberán estar situados en un lugar claramente visible y accesible, próximos a la zona protegida por la instalación y exterior a ella. Junto a dichos pulsadores estarán situadas las señales acústica y luminosa, las cuales se activarán con la actuación del detector.

La liberación manual del sistema de gas inerte iniciará una alarma de incendio en el Panel de Control de extinción.

La unidad de liberación manual será del tipo que requiere dos (2) acciones distintas y separadas para su funcionamiento (por ejemplo, romper cristal y tirar) y será de color amarillo.

Funcionamiento automático

El correspondiente sistema de detección enviará una señal a la Central de Incendios, la cual, enviará una señal de apertura a las botellas continuándose como en el caso anterior.

No obstante, la señal de apertura de las botellas no se hará efectiva hasta que no haya pasado un tiempo de espera definido previamente (0 - 30 segundos). De esta forma, durante ese tiempo de espera, si estuviese presente alguna persona en el local, éste podría decidir si acciona el pulsador manual para que se inicie inmediatamente la descarga del gas prescindiendo del tiempo de espera prefijado, o accionar el pulsador inhibidor, en caso de que hubiera podido extinguir el fuego de forma manual con los extintores portátiles, evitando de esta forma la descarga inútil del gas.

Con el fin de asegurar que la persona que pueda estar en la sala advierta la situación de fuego, en el momento en que éste se detecta, se activará la alarma acústica.

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

Este sistema también de aplicación local, directamente en los armarios eléctrico/electrónicos. Es un sistema fijo de extinción por aerosol con inundación total del cubículo del armario. Se diseñarán conforme a las siguientes normas:

- Norma NFPA 2010. Fixed aerosol fire extinguishing system.
- UNE-ISO 15779: Sistemas de extinción de incendios. Aerosoles condensados. Requisitos y métodos de ensayo para los componentes y diseño del sistema, instalación y mantenimiento. Requisitos generales

En este caso, el sistema está formado por:

- Un bote de aerosol situado en el interior.
- Sistema de Detección.
- Dispositivo automático de disparo.
- Pulsadores de bloqueo/disparo.
- Alarmas acústicas.
- Señalización de “SISTEMA DE AEROSOL DISPARADO”.

Funcionamiento manual

En caso de iniciarse un incendio, se accionará de forma manual el pulsador de disparo correspondiente al sistema de protección; la señal eléctrica accionará el mecanismo de apertura de los botes a través del detonador, que permite la impulsión del aerosol.

Los pulsadores de disparo e inhibición de actuación, deberán estar situados en un lugar claramente visible y accesible, próximos a la zona protegida por la instalación y exterior a ella.

Junto a dichos pulsadores estarán situadas las señales acústica y luminosa, las cuales se activarán con la actuación del detector.

Funcionamiento automático

La Central de Incendios detectará el fuego y enviará una señal que permita que la señal eléctrica accione el detonador, el cual permita la apertura de los botes y la impulsión del aerosol.

No obstante, en este caso, la señal eléctrica que acciona el detonador y por tanto la apertura de los botes no se hará efectiva hasta que no haya pasado un tiempo de espera definido previamente. De esta forma, durante ese tiempo de espera, si estuviese presente alguna persona en el local, ésta podría decidir si acciona el pulsador manual para que se inicie inmediatamente la descarga del aerosol prescindiendo del tiempo de espera prefijado o, por el contrario, accionar el pulsador inhibidor, en caso de que hubiera podido extinguir el fuego de forma manual con los extintores portátiles, evitando de esta forma la descarga inútil del aerosol.

5.10 Sistema de extintores portátiles

Todos los recintos contarán con un sistema manual de extinción por extintores portátiles, de la clase y el tipo acorde con el riesgo a proteger.

La distribución de extintores se realiza con unidades de extinción del tipo ABC y de CO2, de acuerdo con la instrucción técnica del decreto foral de Navarra, cumpliendo con los siguientes requisitos:

- En el interior del túnel:
 - Se colocará al menos uno cada 50 m.
- En galerías de evacuación:
 - En el caso de que el túnel disponga de galerías de evacuación se colocarán como mínimo dos extintores en el poste SOS. En el caso que debido a la longitud de la galería fuese necesario, se adecuará la colocación de más extintores, de manera que quede protegida.
- En cuartos técnicos:
 - Según el DB-SI y/o normas de obligado cumplimiento, se considerarán cuartos técnicos de riesgo especial alto, los locales de contadores de electricidad y los centros de transformación, por lo cual tienen que contar con un extintor próximo a la 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.
 - No obstante de lo anteriormente citado, se deberá respetar la normativa específica de cada caso (RAT, RBT, etc.)

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

El tipo de agente extintor será conforme al riesgo que proteja, según la norma UNE-EN-2. Los extintores de polvo tendrán al menos 6 kg de polvo extintor ABC con una eficacia mínima 21A- 113B y los extintores de CO2 serán al menos de 5kg con eficacia mínima 89 B.

En el interior del túnel y galerías, los extintores irán instalados dentro de armarios de idénticas características constructivas que los armarios de las Bocas de Incendio. En todos los casos, dispondrán de un detector de retirada del extintor para su monitorización en el Centro de Control.

La cantidad, distribución y tipo de extintores portátiles estará de acuerdo a los criterios de diseño expuestos.

5.11 Sistema de Columna Seca

En cada salida de emergencia del túnel (galerías de evacuación), se propondrán sistemas de columna seca,

Estos sistemas de columna seca son para uso exclusivo del Servicio de Extinción de Incendios y estará formada por una conducción normalmente vacía, que partiendo de las salidas al exterior de las galerías, discurrirá por la caja de la galería de evacuación y estará provista de bocas de salida en la galería de evacuación y de toma de alimentación en la fachada de la salida de galería cunado haya fachada o enterradas próximas a los portones de salida cuando estas sean de este tipo, para conexión de los equipos del Servicio de Extinción de Incendios, que es el que proporciona a la conducción la presión y el caudal de agua necesarios para la extinción del incendio.

La tubería será de acero y tendrá un diámetro nominal de 80 mm, Cualquiera sea el número de conexiones a lo largo de la galería.

Anejo 9. Protección Contra Incendios

Cada columna seca llevará su propia toma de alimentación y estará provista de conexión siamesa con llaves incorporadas y racores tipo UNE 26-400-80, de 70 mm., de diámetro y con tapas sujetas con cadenas.

Se dispondrán, en cada salida al exterior de las galerías de evacuación del túnel, las tomas de alimentación, con el centro de sus bocas a 90 cm del suelo, en lugares accesibles al Servicio de Extinción de Incendios y lo más próximo posible a la columna. O enterradas en caso de no disponer de fachada como salida de dichas vías de evacuación. Estará alojada en una hornacina de 55 cm. de ancho, 40 cm., de alto y 30 cm., de profundidad, provista de tapa metálica pintada de blanco con la inscripción «USO EXCLUSIVO BOMBEROS» en letra roja. La tapa dispondrá de cierre de simple resbalón para llave de cuadradillo de 8 mm, y bisagras en su parte inferior que permitan su total abatimiento Se señalizarán sus localizaciones.

Las bocas de salida en las galerías estarán provistas de conexión siamesa con llaves incorporadas y racores tipo UNE 23-400-80, de 45 mm., de diámetro con tapas sujetas con cadenas. Estarán alojadas en hornacinas de 55 cm., de ancho, 35 cm., de alto y 30 cm, de profundidad, provistas de tapa de cristal con la inscripción «USO EXCLUSIVO BOMBEROS» en letra roja.

Las bocas de las columnas secas y sus tomas de alimentación se inspeccionarán cada año o después de haber sido utilizadas, comprobando que la tapa exterior y las llaves de la conexión siamesa están cerradas, que las tapas de los racores están colocadas, que las juntas de los racores están en buen estado y que las llaves de sección, cuando existan, están abiertas.

5.12 Sistema fijo de extinción por agua nebulizada

Después de ver todos los sistemas de extinción que se le va a dotar al túnel, tanto por el anillo de columna húmeda como por los paneles de protección contra el fuego de silicato cálcico, no se considera necesaria la instalación de este sistema en el interior del túnel.

Para mas información sobre porque se considera no necesaria la dotación de este tipo de extinción en el túnel ver la nota técnica 36 al respecto.

6 SISTEMA DE DETECCIÓN Y ALARMA DE INCENDIOS

6.1 Introducción

En el presente proyecto se proponen varios sistemas de detección de incendios, dependiendo de la zona a cubrir y del tipo de recinto. Estos medios de detección serán automáticos y manuales y estarán conectados a una primera central de alarmas básica ubicada en el cuarto técnico destinado a PCI. Con el diseño adoptado se intenta dar la mayor seguridad posible, atendiendo a varios aspectos:

- Disposición de las suficientes salidas de emergencia dotadas de los medios de seguridad y correctamente señalizadas para una rápida y segura evacuación en caso de emergencia.
- Dotar al túnel de un sistema de extinción mediante columna húmeda y la instalación de BIE's y de hidrantes para poder actuar sobre un posible incendio.
- Todo esto, sumado a un sistema de detección de máxima precisión basado en detección lineal.

Todos los sistemas de alarma estarán conectados a centrales de alarma analógicas. A continuación, se describirán los principales elementos que conformarán la totalidad del sistema de protección contra incendios.

El sistema de detección permitirá, aparte de la detección y localización, la caracterización del fuego y su evolución térmica. Los requisitos que deberá cumplir este sistema serán los siguientes:

- Detección del incendio.
- Análisis centralizado en el Centro de Control MKZ de Malmasín.
- Parametrización de sectores.
- Programación libre para fijación de los umbrales de alarma.
- El sistema deberá adaptarse a las diferentes temperaturas existentes en el interior del túnel y los sensores deben ser fiables incluso a bajas temperaturas.
- El funcionamiento del sistema de detección de incendios deberá ser inmune a agentes químicos, sustancias corrosivas, interferencias electromagnéticas, influencias mecánicas, altas presiones, fatiga térmica y condiciones atmosféricas.
- Sensibilidad máxima.
- Ratio bajo de falsas alarmas.

6.2 Detección lineal de incendios en el interior del túnel

El Sistema de Detección Lineal de Incendios tiene como función detectar y localizar de forma automática la presencia de un incendio en el interior del túnel de La Avanzada. Es muy importante que esta detección se realice 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. Estos sistemas permitirán:

- Detección puntual con resoluciones de hasta 1 m.
- Medición de todo el cable del sistema en menos de 20 s.
- Resolución de temperatura de 1 °C.
- Detección automática de la rotura del cable de detección lineal.
- Medición continua, tras una rotura sin interrupción del funcionamiento del sistema.
- Niveles de alarma programables.

En ambos sistemas las alarmas se inician en el caso de sobrepasar el umbral de una temperatura máxima fijada o en el caso de pasar el umbral de un valor de alarma diferencial, resultando de la comparación de la temperatura actual con una temperatura de referencia ajustada continuamente.

Anejo 9. Protección Contra Incendios

En cualquier caso, sea cual sea la opción elegida, el sistema de detección lineal deberá estar conectado a los siguientes puntos:

- A la central de incendios analógica para proporcionar información de los diferentes eventos de alarma de las zonas programadas en el sistema.
- Al sistema de Gestión Centralizada del túnel de La Avanzada. Para lo cual, la central analizadora dispondrá de una interfaz que utiliza el protocolo de comunicaciones estándar Modbus que se podrá conectar, bien directamente a la Unidad de Periferia Distribuida del centro de Transformación donde se ubicará la central analizadora o bien al switch de la red de comunicaciones a través de un conversor serie/TCP-IP.

6.2.1 Cable de detección lineal con sensores de temperatura integrados

Los dos principales componentes del sistema son: un cable midiendo temperaturas con sensores integrados, cada uno con su dirección propia, y una unidad central de control de sensores con los algoritmos necesarios de evaluación.

Requerimientos del sistema

El sistema de detección de incendios basado en cable sensor es un sistema de máxima seguridad. Permite la caracterización del fuego y su evolución térmica.

Dispone de las siguientes características funcionales:

- Detección de incendio.
- Análisis centralizado.
- Parametrización de sectores.
- Programación libre para fijación de los umbrales de alarma.
- El sistema debe adaptarse a las diferentes temperaturas existentes en el interior del túnel y los sensores deben ser fiables incluso a bajas temperaturas.
- El funcionamiento del sistema de detección de incendios debe ser inmune a agentes químicos, sustancias corrosivas, interferencias electromagnéticas, influencias mecánicas, altas presiones, fatiga térmica y condiciones atmosféricas.
- Sensibilidad máxima y ratio bajo de falsas alarmas.

El cable dispone de sensores de medición de temperatura que ofrecen constantemente la temperatura creando una gráfica lineal de temperaturas en el túnel y permite analizar gradientes.

El cable de detección lineal se instalará longitudinalmente a lo largo del túnel de La Avanzada. Se colocará en la clave mediante tornillos y soportes de nylon.

Las características principales del cable sensor son las siguientes:

- Contiene pequeños circuitos híbridos, compuestos por un circuito integrado con una dirección definida y un sensor de temperatura y conectados eléctricamente por un cable plano flexible de 4 conductores
- Cable sellado a todo lo largo de su tirada por una cubierta sin halógenos y no propagadora de la llama.
- El rango de temperaturas de medida es de -40°C hasta +85°C (puede medir hasta 200°C y resiste incluso con temperaturas superiores durante periodos cortos).
- Temperaturas medidas con una resolución de 0,1 °.
- Existe un sensor de temperatura cada 8 m, por lo que, gracias a la interrogación continua de los sensores por la unidad de control, se obtiene un chequeo funcional constante de la temperatura cada 8 m en el interior del túnel.

Unidad de Control del Cable sensor

En el Centro de Control Local del túnel de La Avanzada se instalará la Unidad de Control que monitorizará el estado del cable de detección lineal.

Es la parte central del sistema y tendrá las siguientes funcionalidades:

- Suministrar la corriente eléctrica al cable sensor.
- Cumple el ciclo de direccionamiento de los sensores conectados.
- Leer los valores de temperatura medida.
- Interpretar la información con referencia a distintos criterios.

6.2.2 Cable sensor de fibra óptica

El cable sensor de fibra óptica, además de contemplar la supervisión de la temperatura del túnel longitudinalmente, permite la detección en el interior de las galerías de evacuación.

El elemento empleado para la detección será la fibra óptica. Las señales que viajan por el interior de la fibra serán inmunes a las interferencias electromagnéticas, por lo que se garantizará la integridad de las lecturas procedentes de áreas con ruido eléctrico, como puede ser el interior del túnel de La Avanzada. Además, la fibra es un medio relativamente inerte y dieléctrico (no conductivo).

El sistema constará de una unidad analizadora de detección lineal de temperatura, que será interconectada con la central analógica del sistema de detección de incendios, para proporcionar información de los diferentes eventos de alarma de las zonas programadas en el sistema.

El cable sensor de fibra óptica podrá ser programado in-situ para la designación de las diferentes zonas. Cada zona de detección podrá ser programada con un nivel de temperatura fija y/o con un ajuste velocimétrico.

Las características del sistema serán las siguientes:

- Redundancia. Ante una rotura en el elemento sensor o una pérdida óptica significativa proporcionará un aviso y automáticamente medirá los dos extremos de la fibra para garantiza la protección de incendios a lo largo de la misma.
- Alta resolución. Detección de la ubicación exacta de un punto de calor anómalo cada 1,25 m.
- Funcionamiento independiente. La unidad analizadora funcionará de forma totalmente autónoma o conectada a sistemas de protección de incendios a través de circuitos de salida de relés programables.
- Integrable a través de interfaz RS232 con protocolo Modbus o vía IP a través de un conversor de protocolos.
- Inicio automático / Recuperación ante un fallo de alimentación.

Los elementos que conformarán el sistema de cable sensor mediante fibra óptica serán los siguientes:

- Cable sensor: formado por fibra óptica con la correspondiente cubierta de protección.
- Unidad analizadora.
- Fuente de alimentación externa.
- Salidas de alarma y avería unidireccional.
- Entradas para rearme, alarmas externas y vigilancia.

Dispone de conexión mediante RS232 para comunicarse con otros sistemas de alarma y transmitir la información a centrales remotas.

Principios de funcionamiento

Mide la temperatura del cable de fibra óptica, evaluando las oscilaciones producidas en la estructura de la red cristalina del cable en caso de incendio.

Anejo 9. Protección Contra Incendios

Las oscilaciones moleculares térmicas producen difusión de la luz en el interior de la fibra óptica. La evaluación de la intensidad de esta difusión permite determinar la temperatura local del cable fibroláser.

El cable sensor es dividido en zonas para el tratamiento de las alarmas. Una zona es formada por la introducción del inicio y del fin de cada zona en metros. Cada zona comprende un número de puntos de medición en función de su longitud. Varios parámetros de disparo de alarma pueden ser definidos para las zonas. En caso de incendio, uno o varios lugares de medición están implicados y la zona correspondiente es alarmada.

Principales características del sistema de fibroláser

- Detección de incendios: termovelocimétrica, termostática y diferencia de temperatura en un punto sobre la temperatura de su zona.
- Localización exacta del origen del incendio.
- Información de la longitud o magnitud del incendio.
- indicación de la dirección de propagación del incendio.
- Mantenimiento reducido.
- Localización de puntos calientes.
- Análisis asistido por ordenador.
- Parametrización de sectores.
- Programación libre para fijación de los umbrales de alarma.

6.3 Central analógica de incendios

La central analógica de incendios será el equipo de control y señalización en el que se recogerán todas las incidencias de la instalación y, en base a programación, tomará las decisiones de activación de los dispositivos.

La central será analógica inteligente y estará compuesta por:

- Microprocesador.
- Memoria.
- Fuente de alimentación.
- Baterías.

La central supervisará cada detector y módulo del lazo de detección inteligente de forma individual, de manera que alarmas, prealarmas y averías sean anunciadas independientemente para cada elemento del lazo.

La central suministrará alimentación a todos los detectores y módulos conectados a la misma, y permitirá programar sus dispositivos de salida (sirenas y módulos de control) de forma que se pueda realizar la evacuación de la instalación de manera lógica siguiendo planes de evacuación.

La central analógica de detección se instalará en el Centro de Transformación-02, en el cuarto destinado a la protección contra incendios.

La central de incendios se conectará con la unidad analizadora del sistema de detección lineal de incendios para centralizar las alarmas y poder transmitir las al Centro de Control MKZ de Malmasín, donde se tratará la información y realizará la vigilancia tanto de alarmas, incidencias, averías, etc.

Por tanto, se elegirá una central de alarma compatible con la unidad analizadora y que permita su interconexión para la transmisión de los datos de alarma.

Arquitectura de control

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

- Detector de incendios continuo (cable detección lineal) a lo largo del túnel que sea capaz de detectar y ubicar el incendio.
- Sistema de detección de incendios en las galerías de evacuación, bien sea por detección puntual o lineal (cable detección lineal).
- Detector de incendios en los locales técnicos.
- Alarmas de activación de medios de extinción de incendios (retirada de extintor o devanadera de la BIE.)

Esta última alarma además de su labor principal de ayuda en la detección y ubicación del foco del incendio también será empleada como sistemas de vigilancia contra intrusos.

Típicamente los detectores lineales ubicados a lo largo del túnel y los detectores de incendios de los locales técnicos son gestionados por controladores y centrales de sistemas de incendios.

El software de control debe detectar automáticamente la existencia de un incendio, proponiendo al operador del centro de control la posible existencia de un incidente con fuego y su posible ubicación. Una vez confirmado por el operador el incidente, se realizarán las actuaciones pertinentes que estarán definidas en el Plan de Autoprotección y el Manual de Explotación. Si después de un tiempo configurable desde la alarma de incendio el operador de consola no ha confirmado, ni rechazado la alarma se activarán las actuaciones pertinentes programadas en la lógica de campo de forma automática. Este software de control quedará definido íntegramente en la disciplina de señales débiles de este proyecto.

6.4 Detección de incendios en los Centros de Transformación

El sistema de detección de incendios estará formado por una detección centralizada que se podrá realizar mediante dos tecnologías:

- Detección puntual mediante detectores analógicos inteligentes.
- Detección mediante sensores ópticos de humos por aspiración.

Detección puntual mediante detectores analógicos inteligentes

En los Centros de Transformación se dispondrán detectores analógicos de incendio multisensores. Incorporarán cuatro elementos de detección independientes:

- Detección óptica.
- Detección térmica.
- Detección IR para medir los niveles de radiación en el ambiente.
- Detección de CO (con célula electroquímica) para supervisión de los productos de CO procedentes de un fuego.

Cada detector tendrá dos leds que permitirán ver el estado del detector desde cualquier posición. Parpadearán cada vez que sean interrogados por la central analógica de detección. Si el detector estuviera en alarma, los leds estarán permanentemente iluminados.

Cada detector responderá a la central con información relacionada con sus medidas e identificación de su tipo.

Se dispondrán detectores analógicos en todas las salas de los Centros de Transformación, donde se ubiquen los transformadores, las celdas de media tensión, los cuadros generales de baja tensión, SAI's, variadores, racks de comunicaciones, grupo de bombeo, etc.

Se recomienda la instalación de detectores de humo. Se deben instalar tantos detectores de incendios como sea necesario para dar cobertura a todo el local técnico, para ello debe cumplir (según se indica en la UNE 23007-14:2014 que la superficie vigilada por un detector no rebase los valores SV que se indican en la tabla siguiente y que ningún punto del techo de la cubierta quede situado a una distancia horizontal de un detector superior a los valores Dmax:

Anejo 9. Protección Contra Incendios

Superficie del local (SL)	Tipo de detector	Altura del local (h)	Superficie máxima de vigilancia S_v y Distancia máxima entre detectores D_{max}			
			PENDIENTE DEL TECHO			
			Pendiente $\leq 20^\circ$		Pendiente $> 20^\circ$	
m ²		m	S_v (m ²)	D_{max} (m)	S_v (m ²)	D_{max} (m)
$SL \leq 80$	UNE-EN 54-7	$h \leq 12$	80	6,3	80	6,3
$SL > 80$	UNE-EN 54-7	$h \leq 6$	60	5,5	90	6,7
		$6 < h \leq 12$	80	6,3	110	7,4
$SL \leq 30$	UNE-EN 54-7, Clase A1	$h \leq 7,5$	30	3,9	30	3,9
	UNE-EN 54-7, Clase A2, B, C, D, E, F, G	$h \leq 6$	30	3,9	30	3,9
$SL > 30$	UNE-EN 54-7, Clase A1	$h \leq 7,5$	20	3,2	40	4,5
	UNE-EN 54-7, Clase A2, B, C, D, E, F, G	$h \leq 6$	20	3,2	40	4,5

Tabla 2: Superficie máxima de vigilancia y Distancia máxima entre detectores

Fuente: Instrucción técnica DSFT 05.

El detector se debe ubicar de tal forma que el sensor se encuentre a una distancia del techo entre unos márgenes que se indican en la siguiente tabla:

Altura del local (h)	Separación de los detectores de humo del techo con pendiente	
	PENDIENTE DE LA CUBIERTA α	
	$\alpha \leq 20^\circ$	$\alpha > 20^\circ$
	D_v	D_v
$h \leq 6$ m	0 m - 0,25 m	0 m - 0,5 m
$h < 6$ m	0 m - 0,4 m	0,35 m - 1,0 m

Tabla 3: Distancia del sensor al techo

Fuente: Instrucción técnica DSFT 05.

Los sensores deben cumplir las características especificadas en la EN 54-7.

Detección mediante sensores ópticos de humos por aspiración

El sistema de detección de humos por aspiración es un sistema basado en el muestreo del aire aspirado de la zona protegida. Permitirá utilizar detectores del tipo iónico, óptico, láser o combinación de estos, según las características del riesgo a proteger.

El sistema de aspiración será de conexión directa al lazo de comunicaciones de la central analógica de incendios, en la que se realizará el ajuste de la sensibilidad y aplicación de algoritmos de análisis a los detectores, para acomodarlos a diferentes ambientes de trabajo.

Las características de este sistema son las siguientes:

- Tubería de muestreo de 100 m.
- 12 tomas de muestreo por cada tubería.
- Cobertura de hasta 360 m².

En los Centros de Transformación se empleará detección por aspiración con una tubería que recorrerá todas las salas de los mismos y se conectará con la central de extinción automática que gobierna el sistema de supresión de incendios por agente limpio, para poder activar el disparo del mismo.

6.5 Pulsadores de alarma

Se dispondrán pulsadores manuales en puntos visibles de los Centros de Transformación, de las galerías de evacuación al exterior (coincidiendo con los postes SOS) y en postes SOS distribuidos a lo largo del túnel, de forma que la distancia máxima a recorrer desde cualquier punto hasta el pulsador más próximo sea inferior a 50 m.

A fin de impedir la activación involuntaria de dichos pulsadores, estos dispondrán de dispositivos de protección.

6.6 Sirenas

En los Centros de Transformación se dispondrán sirenas direccionables con flash incorporado. Se controlarán de forma individual desde el lazo de comunicaciones, a través de la central de incendios. Dispondrán de diferentes tonos y niveles de volumen (alto, medio y bajo), que se seleccionarán a través de microinterruptores.

En el interior del túnel las señales para alertar en caso de incendio se realizarán con el sistema de megafonía.

6.7 Lazo de detección analógico

A lo largo del túnel, galerías de evacuación y Centros de Transformación se dispondrá un lazo de detección analógico al que se conectarán todos los elementos analógicos como lo son los detectores de incendio, los pulsadores de alarma, sirenas, en definitiva, la totalidad de los elementos analógicos de detección.

Cada detector, pulsador de alarma, sirena y módulos restantes tendrá asignada una única dirección en el lazo de detección.

Cada lazo de detección será un par de hilos trenzado y apantallado de sección 1,5 mm², cableado en lazo cerrado y sobre el que se instalarán directamente los dispositivos.

El cable deberá ser resistente al fuego, libre de halógenos, baja emisión de humos y baja corrosividad.

6.8 Sistema de Alarma

Los Sistemas de Alarma de incendio estarán formados por los sistemas de seguridad instalados en el interior de los túneles, con el objetivo que de forma automática (cable detección de incendios, DAI, etc.) o manual (llamada desde postes SOS, retirada de extintor o devanadera de BIE) se pueda monitorizar la correspondiente alarma en el Centro de Control.

En los cuartos técnicos se dispondrá de pulsadores manuales, deberán ser fácilmente visibles y la distancia a recorrer para pulsarlos debe cumplir con la norma UNE 23008.

A fin de impedir la activación involuntaria de dichos pulsadores, estos dispondrán de dispositivos de protección.

En el interior de túnel y en sus locales técnicos, se dispondrán sistemas de seguridad que permitirán proporcionar de forma automática o manual una alarma de incendio.

Anejo 9. Protección Contra Incendios

En el software de centro de control, se tratarán como una alarma los siguientes eventos:

- Alarmas en el interior de Túnel.
- Alarma proveniente del sistema de detección lineal de incendios, o en su ausencia de las alarmas de las cámaras térmicas.
- Alarma de humo por el sistema DAI.
- Alarma proveniente de sistema de detección de incendios de galería de evacuación (sistema de detección lineal de incendios o detectores de humos).
- Llamada desde un postes SOS.
- Retirada de extintor.
- Apertura de la devanadera de la BIE.
- Apertura de puertas y/o detectores de presencia de las galerías de evacuación.
- Alarmas en locales técnicos.
- Apertura de puertas de Salas Eléctricas, grupo de bombeo, comunicaciones y control.
- Alarma de incendio en las Salas Eléctricas/Telemática (detectores de humos, termovelocimétricos o pulsadores manuales), en grupo de bombeo (sistema de rociadores).
- Alarma de arranque de bomba principal y/o reserva del grupo de presión y estado de equipos.

Enclavamiento del Sistema con otros sistemas o componentes

Elemento	Actuación
Ventiladores del túnel	Parada/actuación/algoritmos de ventilación
Sistemas automáticos de extinción	Funcionamiento y alarmas en SCADA
Presión en la red de hidrantes	Señalización y alarma en SCADA
sistemas de cámaras de CCTV y DAI	Enclavamiento de las cámaras próximas al incendio
Llamada desde los postes SOS, retirada de extintor o devanadera de la BIE	Alarma en SCADA
Apertura de puertas de evacuación y locales técnicos	Alarma en SCADA
Grupo de bombeo y depósito	Alarma en SCADA

Tabla 4: Enclavamiento del Sistema con otros sistemas o componentes

Fuente: Instrucción técnica DSFT 05.

7 SEÑALIZACIÓN DE EMERGENCIA

El túnel de La Avanzada debe presentar señalización de emergencia, siguiendo las recomendaciones del Decreto Foral y la Norma 8.1-I.C. “Señalización vertical” aprobada el 20 de marzo de 2014.

Una de las medidas preventivas que se llevan a cabo en caso de cualquier tipo de incidente es la evacuación de todos los usuarios del túnel para que, en último caso, no se produzcan o se minimicen los daños físicos sobre las personas. Para facilitar esta medida se ha previsto una señalización de emergencia que ayuda a la evacuación de los usuarios.

Las puertas y zona de acceso a las galerías estarán pintadas de un color verde RAL-6029. Existirán bandas electrofotoluminiscentes de guiado a lo largo de al menos 25 m a ambos lados de la galería.

El sistema de señalización de emergencia abordará:

- Señales de recorrido de evacuación que indiquen la distancia a la salida más próxima en cada uno de los sentidos posibles. Con este sistema se guía a los usuarios hasta la boca o salida de emergencia más cercana.
- 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 cuál 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 evacuación. 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 contraincendios (BIEs, extintores, hidrantes) mediante señales visibles a dos caras (perpendicular al sentido de la marcha). La señal de los extintores, BIEs e hidrantes podrá estar integrada con la señal de los postes SOS cuando coincida su ubicación.
- Iluminación de evacuación. Para facilitar la evacuación el túnel contará con una iluminación de evacuación para la evacuación cuyo estudio detallado se encuentra en la Instrucción Técnica III de Alumbrado.

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

Por tanto, la señalización de emergencia constará de tres tipos de señales: de tipo fotoluminiscente, rótulos luminosos y señalización electroluminiscente.

7.1 Equipamiento del sistema de señalización de emergencia

Rótulos luminosos para equipos

Se dispondrán rótulos luminosos a dos caras para la señalización de los siguientes equipos: postes SOS, extintores, BIE's e hidrantes.

Las características de los rótulos luminosos son las siguientes:

- Rótulos luminosos a dos caras.
- El P.V.C. fotoluminiscente traslúcido carga por ambas caras e instalado en los frontales de un rótulo luminoso hace que la señalización sea visible en circunstancias normales gracias a las lámparas interiores del propio rótulo y en ausencia de luz por su característica fotoluminiscente.
- Iluminación se llevará a cabo mediante equipos fluorescentes.
- Pictogramas:
 - Palabra SOS + Teléfono + Extintor + Hidrante.
 - BIE + Palabra SOS + Teléfono + Extintor.

Anejo 9. Protección Contra Incendios

- BIE + Hidrante.
- BIE.
- Hidrante.
- Soporte para fijación al hastial.
- Cumplirá con la norma DIN 67510 de valores de luminancia:
 - A los 10 minutos: 20,5 mcd/m².
 - A los 60 minutos: 3,1 mcd/m².
 - A los 519 minutos: 0,3 mcd/m².

Señales fotoluminiscentes indicadoras de postes SOS

Para reforzar la señalización de indicación de la situación de los postes SOS, se instalarán señales indicadores de postes SOS entre cada sección de postes. Serán señales fotoluminiscentes fabricadas sobre un soporte de aluminio de 1,5 mm. y de medidas 1000 x 400 mm., al cual se le añade un pigmento fotoluminiscente basado en aluminato de estroncio.

Las señales fotoluminiscentes indicadoras de postes SOS se instalarán entre dos postes SOS consecutivos.



Figura 4: Señal fotoluminiscente indicadora para postes SOS.

Señales fotoluminiscentes para vías de evacuación

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

Estas señales de recorridos de evacuación tendrán 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 metrajes 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 400 mm.

- 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 5: Nivel de intensidad lumínica - Categoría A

Fuente: Norma UNE 23035-4

	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 6: Nivel de intensidad lumínica - Categoría B

Fuente: Norma UNE 23035-4

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.

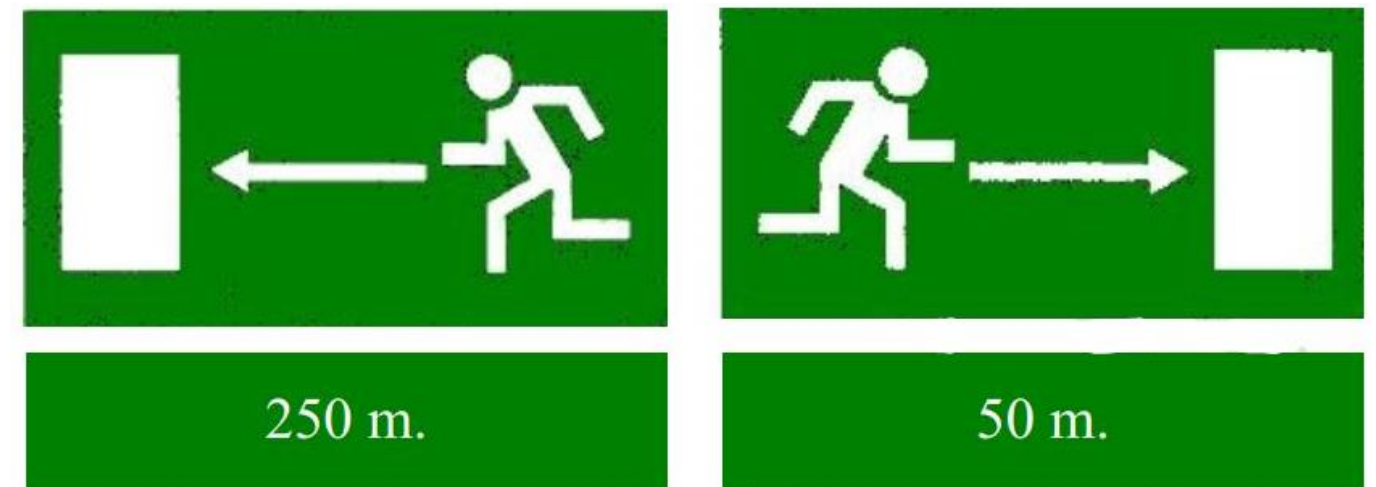


Figura 5: Señal fotoluminiscente indicadora de vía de evacuación.

Fuente: DSFT 05

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:

Anejo 9. Protección Contra Incendios

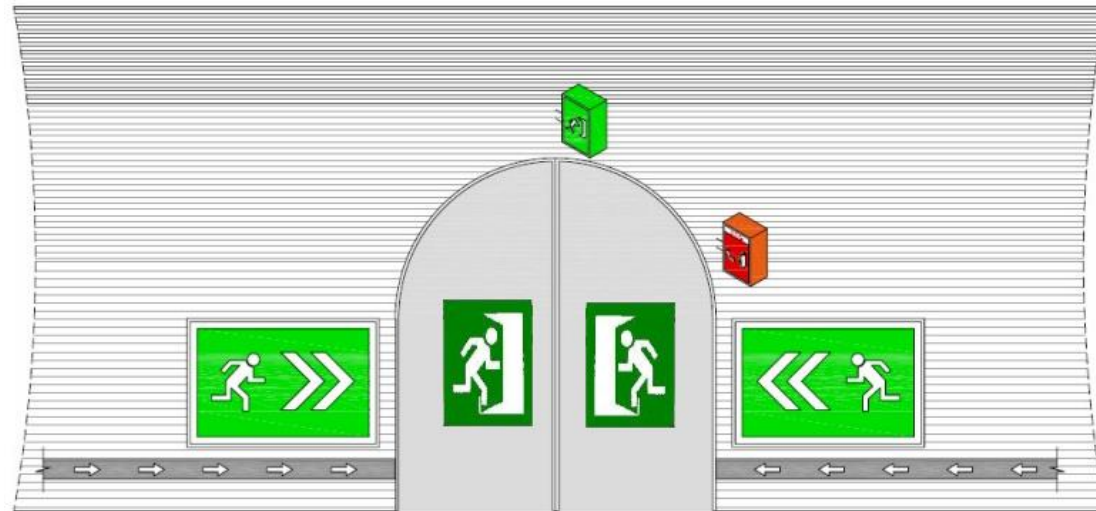


Figura 6: Esquema de la señalización en las salidas a las galerías de evacuación.

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.

Consiste en tiras electroluminiscentes con flechas de color verde intermitentes con las siguientes características:

- Tiras de 25 m de longitud con flechas de dirección de 400 mm. de largo y 200 mm. de ancho, colocadas cada metro.
- Se colocarán en cada hastial del túnel, y a ambos lados de las salidas de emergencia que están enfrentadas.
- Se dispondrá un arco iluminado rodeando las puertas de cada salida de evacuación mediante bombillas, fluorescentes o tira LED de gran intensidad siguiendo el arco.
- Presentará una iluminación uniforme monocromática sin emisión de radiaciones térmicas o infrarrojas.
- Las tiras serán delgadas, con un grosor menor de 1 mm., y flexibles.
- Bajo consumo energético.

- Inmune a vibraciones mecánicas y térmicas

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

APÉNDICE 1: CÁLCULOS DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

1 SISTEMA DE BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS (BIES)

La cantidad, distribución y tipo de BIE ha sido determinado de acuerdo a los criterios de diseño expuestos.

El caudal mínimo que debe suministrar una BIE de 25 mm es de 75 l/min.

La presión mínima en el manómetro debe ser de 4,5 bar. Según UNE 23403 a 5,5 bar el caudal será de 100 l/min.

Las condiciones de presión y caudal habrán de mantenerse con dos BIE's cualesquiera en funcionamiento simultáneo.

El suministro de caudal deberá mantenerse al menos durante 1 h contando con la operación de dos BIE's simultáneamente.

Diámetro de la acometida a BIE's

Para el cálculo partiremos del caudal necesario y de la velocidad aconsejada. El caudal será el mínimo requerido para la BIE's en funcionamiento, para la velocidad se tomará 2 m/s.

Sección de la tubería:

$$\text{Secc} = Q_t/V = 0.00166/2 = 0.0008 \text{ m}^2$$

Diámetro de la tubería:

$$\text{Diam} = \sqrt{4 \cdot \text{Secc}/p} = 0.032 \text{ m},$$

Por tanto, se toma como diámetro de acometida 40 mm.

2 SISTEMA DE RED EXTERIOR DE HIDRANTES

2.1 Número de hidrantes necesarios

La cantidad y distribución ha sido determinado de acuerdo a los criterios de diseño expuestos.

El número y situación de los hidrantes exteriores queda definido en los planos, que se corresponde con lo indicado en la norma BAT, es decir, se situarán hidrantes en los siguientes puntos:

- A la entrada de las galerías de evacuación.
- También se situarán hidrantes en ambas salidas del túnel en ambos hastiales.

La red hidráulica que abastece a los hidrantes debe permitir el funcionamiento simultáneo de dos hidrantes consecutivos durante 1 hora, cada uno de ellos con un caudal de 1.000 l/min y una presión mínima de 5 bar.

Por tanto, y tal y como se muestra en los planos correspondientes, se instalarán un total de 14 hidrantes correspondientes a las 12 salidas de emergencia y a las dos bocas del túnel.

2.2 Diámetro del anillo de la tubería

La norma Bat indica un diámetro mínimo de 150 mm, por lo que para realizar el cálculo de comprobación partiremos del caudal necesario y de la velocidad aconsejada. El caudal será el calculado, de 120 m³/h (0,033 m³/s), y para la velocidad nos basaremos en lo siguiente:

Velocidad máxima recomendada:

s/ITSEMAP

$\varphi \leq 150 \text{ mm}$, $V_{\text{max}} \leq 5 \text{ m/s}$

$\varphi > 150 \text{ mm}$, $V_{\text{max}} \leq 4 \text{ m/s}$

Consideraremos como valor inicial, 2 m/s

Sección de la tubería:

$$\text{Secc} = Q_t/V = 0.033/2 = 0.0166 \text{ m}^2$$

Diámetro de la tubería:

$$\text{Diam} = \sqrt{4 \cdot \text{Secc}/\Pi} = 0.145 \text{ m},$$

por tanto, el diámetro necesario del anillo sería de 6" (DN 150).

2.3 Cálculo de caudal y almacenamiento de agua

Los caudales a considerar serán, según la Norma Bat, el correspondiente al funcionamiento simultaneo de dos hidrantes, es decir 120 m³/h.

La acometida de agua contra incendios deberá por tanto asegurar que es capaz de proporcionar el caudal de 120 m³/h a la presión necesaria para llegar a suministrar agua a los dos elementos más desfavorable del sistema. Esta presión requerida por el sistema se calcula en el punto 2.5 del presente apéndice de cálculos.

En caso de no tener suficiente caudal o presión en la red general será necesario contar con un aljibe (la acometida no llega al caudal requerido). El aljibe podría plantearse de capacidad reducida en coordinación con la capacidad del abastecimiento, manteniendo al menos el 50 % de capacidad según lo requerido por el sistema de extinción (60 m³). Se ubicaría próximo a la sala del grupo de presión de agua contra incendios.

Este aljibe se rellenaría mediante conexión con la red municipal de agua disponible.

Además, se dispondrán tomas para el suministro de agua por parte de los bomberos en todas las bocas del túnel, por tanto, se dispondrá de un total de 16 puntos de abastecimiento por parte de los bomberos. Estas bocas de abastecimientos serán enterradas y con una toma de 100 mm.

2.4 Diámetro de impulsión del grupo de bombeo

Para el cálculo partiremos del caudal necesario y de la velocidad aconsejada. El caudal será el calculado, de 120 m³/h y, para la velocidad se considerará 2,5 m/s.

Sección de la tubería:

$$\text{Secc} = Q_t/V = 0.0333/2.5 = 0.013333 \text{ m}^2$$

Diámetro de la tubería:

$$\text{Diam} = \sqrt{4 \cdot \text{Secc}/\Pi} = 0.130 \text{ m},$$

Por tanto, el diámetro de impulsión necesario es de 6" (150mm, considerando una velocidad de 2,5 m/s).

2.5 Cálculo de la presión del grupo de bombeo

Partiendo de las características reales del circuito, como son las longitudes de los tramos y sus elementos singulares (válvulas, codos, etc.) tomados del plano de implantación, se ha realizado el estudio hidráulico del sistema para determinar el grupo necesario para el correcto funcionamiento del sistema.

Se ha considerado el funcionamiento de los dos hidrantes más alejados del grupo de presión y que la presión necesaria a la entrada es de 5 bar, se ha determinado la pérdida de carga y elegida la curva de la bomba necesaria. El resumen de los cálculos de las bombas principales se indica a continuación en este mismo punto.

En cuanto a las bombas jockey, las bases de cálculo son las siguientes:

El caudal se calcula en función de las pérdidas del circuito consideradas por CEPREVEN, que suelen estar comprendidas entre el 5 % y el 15% del caudal de la bomba principal. En cuanto a la presión se considera del orden del 5% al 10% superior a la presión de la bomba principal. Por tanto, el estudio del caudal se indica a continuación.

A continuación, se enumeran los datos que se precisan para el dimensionado del grupo de bombeo necesario para la instalación de la red de columna húmeda.

Anejo 9. Protección Contra Incendios

Elemento	Equivalencia en metros de tubería (para tuberías 150 mm)
Curvas, codos de 90 °	4,3 metros
Válvulas	10 metros
T de paso	1,8 metros
T derivación ramal	8,6 metros

Tabla 7: Equivalencia en metros de tubería de casa elemento de la red.

Fuente: UNE 12845-2016

Se han detallado los valores para el caso peor, es decir, para el caso de la tubería instalada con mayor sección. Con estos datos, y siguiendo lo dispuesto en los planos, se llega al siguiente recuento de elementos:

- Codos de 90° → 5.
- Válvulas de seccionamiento o aislamiento → 8.
- T derivación ramal → 4.
- T de paso → 32.
- Metros de tubería lineal → 825 m.

Con las medidas anteriores calculamos los metros equivalentes de tubería lineal de la instalación, resultando un total de 1020 m.

Ahora, hay que calcular las pérdidas de carga que esto supone, para ello y según las diferentes tablas existentes, para un caudal de 120 m3/h (se debe garantizar el uso de dos elementos durante una hora, y el caso peor es un hidrante que supone 1.000 l/min) y una tubería de acero negro sin soldadura de 150 mm de diámetro interior tenemos:

- Pérdidas de carga: 3 %
- Velocidad: 2 m/sg
- Coeficiente tubería de acero negro = 1

Con estos valores anteriores llegamos a que los diferentes elementos que se van a instalar producen una pérdida de carga equivalente a 30,55 m.c.a.

Una vez hechos los supuestos del caudal necesario y calculada la pérdida de carga del conjunto de los elementos que componen la instalación de la red de protección contra incendios, suponiendo en todos los escenarios el caso peor, se ha obtenido un valor de pérdidas de carga, a las que habrá que sumar la presión que debe proporcionar un hidrante en su boca y que es de 5 bares, o lo que es lo mismo y teniendo en cuenta que 1 bar = 10.2 m.c.a. un hidrante en su boca deberá proporcionar 51 m.c.a..

Finalmente, sumando ambos valores, llegamos a la conclusión de la altura manométrica que debe ser capaz de suministrar el grupo de bombeo para un caudal de 120 m3/h y que será de 81,55 m.c.a.

Con todos los cálculos realizados anteriormente, y dejando un margen del 10 % para que la operación del grupo sea satisfactoria, se elige un grupo con las siguientes características:

- Cumple normas CEPREVEN.
- Con tres bombas: JOCKEY, ELÉCTRICA y DIESEL.
- Presión bomba principal: 90 m.c.a.
- Presión bomba jockey: 97 m.c.a.
- Contador de arranques de la bomba jockey, para detectar fugas o usos indebidos de la instalación.

El esquema del sistema de protección contra incendios del túnel para la solución propuesta se muestra a continuación:

