

SISTEMAS DE DETECCIÓN Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS EN LOS TÚNELES BAJO EL RÍO GUADALQUIVIR EN LA RONDA DE CIRCUNVALACIÓN SE-40

D. Ignacio Hinojosa Sánchez-Bárbudo

*Director de Producción del Área de Desarrollo
del Territorio e Infraestructuras*

AYESA

D. Jesús Montero Granados

I.C.C.P., responsable del proyecto de los Túneles SE-40

AYESA

Introducción

El objeto de esta comunicación libre, se centra en los medios de extinción de incendios diseñados en el “Proyecto de Construcción. Autovía SE-40. Sector Suroeste. Tramo: Dos Hermanas (A-4) – Coria del Río (A-8058). Provincia de Sevilla”.

Los Sistemas de Detección y Extinción de Incendios proyectados para este túnel, cumplen ampliamente el REAL DECRETO 635/2006, de 26 de Mayo, sobre Requisitos Mínimos de Seguridad en los Túneles de Carreteras del Estado, habiéndose planteado algunas mejoras importantes.

Inicialmente a modo de introducción, se describirá la cuarta ronda de circunvalación, y se realizará un breve repaso a los antecedentes de esta actuación. Posteriormente se realiza una descripción del tramo concreto en que se engloba la actuación y especialmente de las instalaciones proyectadas para los túneles. Por último se detallarán más concretamente los Sistemas de Detección y Extinción de Incendios diseñados y su funcionamiento integrado.

La cuarta circunvalación de Sevilla

Situación actual del cinturón SE-30

La situación actual del cinturón SE-30 en cuanto a tráfico es crítico, puesto que en general el tráfico está próximo a la capacidad de la vía (Niveles de Servicio D-E) y en puntos concretos se alcanzan la saturación (N.S. E-F). Concretamente en el arco suroeste entre la A-4 y la A-49, en el que se enmarca esta actuación en el nuevo cinturón, debido al elevado flujo de tráfico entre estas dos importantes vías unido al estrechamiento de la sección transversal que se produce en el Puente del Quinto Centenario, es uno de los puntos más críticos.

En general una crítica importante del cinturón existente, inaugurado en 1992, ha sido quizá la falta de previsión en el coeficiente de crecimiento considerado en proyecto, lo que se detectó prácticamente desde el momento de su puesta en servicio. Por este motivo en el proyecto del cinturón actual, se ha tenido en cuenta tanto este “defecto” del anterior, así como la ampliabilidad de la infraestructura a medio plazo, y especialmente en el dimensionamiento de los enlaces y de las estructuras más significativas proyectadas en este tramo, como son el viaducto del río Guadaíra y el túnel bajo el río Guadalquivir.

Segregación en tres proyectos

Destacar que una vez finalizados los trabajos de redacción del este Proyecto del Paso el Río Guadalquivir, a la vista de la envergadura técnica y económica de las actuaciones proyectadas, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento consideró conveniente la Segregación del mismo en tres proyectos constructivos; dos proyectos correspondientes a la obra civil aérea de cada margen del Río Guadalquivir e incluyendo dos de los cuatro túneles proyectados, y un proyecto que recogiese las instalaciones necesarias en los cuatro túneles.



Descripción de la actuación

La actuación global conformada por los tres proyectos ya comentado, tiene una longitud total de 5 km, poseyendo un trazado en planta muy suave confeccionado con cuatro curvas amplias, con sus correspondientes clotoídes y tramos rectos intercalados. El radio mínimo utilizado es 1.875 y señala que en el tramo central del túnel aproximadamente se sitúa una curva de radio 2.000.

El trazado en alzado se encuentra totalmente encajado por el paso sobre el Río Guadaíra, después bajo el Guadalquivir, y por último por la presencia de un enlace con la Autovía A-8058. Además dado que el trazado atraviesa la llanura de inundación del Guadalquivir ha sido necesario proyectar todos los tramos aéreos por encima de la cota + 7 s.n.m. y diseñar unas motas de protección de tierras en ambas embocaduras de los túneles.

La sección tipo base que se ha proyectado con dos calzadas por sentido con cuatro carriles de 3,50 m de ancho cada uno, arcenes exteriores de 2,50 m e interiores de 1,50 m y barrera de hormigón rígida en mediana, presenta diversos cambios o singularidades motivados principalmente por el túnel y por el enlace situado al Oeste, así como por las vías colectoras proyectadas.

La tipología de firme escogida para el túnel es de tipo rígido, siguiendo el RD 635/2006 que los prescribe salvo justificación en contra, y se ha diseñado para un tráfico T00 (una categoría más que el tramo aéreo), compuesto por un pavimento continuo de hormigón armado de 25 cm de espesor, que se dispondrá sobre la losa con conforma el plataforma de rodadura del túnel.

En el exterior para un Tráfico catalogado como T0, se ha proyectado un firme semirígido compuesto por una subbase de suelo-seleccionado sobre la que se diseña la sección estructural tipo 032, del catálogo de firmes.

El Enlace con la Autovía de A-80-58, se configura con 8 ramales en el que todos los giros a derecha se resuelven mediante ramales directos, los dos movimientos a la izquierda de salida desde SE-40 a Coria y de entrada desde Sevilla a SE-40 se realizan mediante lazos y los otros dos a la izquierda mediante ramales en círculo.

El enlace se encuentra muy encajado tanto en planta como en alzado, alcanzando hasta tres niveles e incluyendo dos vías colectoras en la SE-40 y una en la A-8058 en dirección Sevilla. Por último se diseñan varias glorietas al norte y sur, en la A-8058.



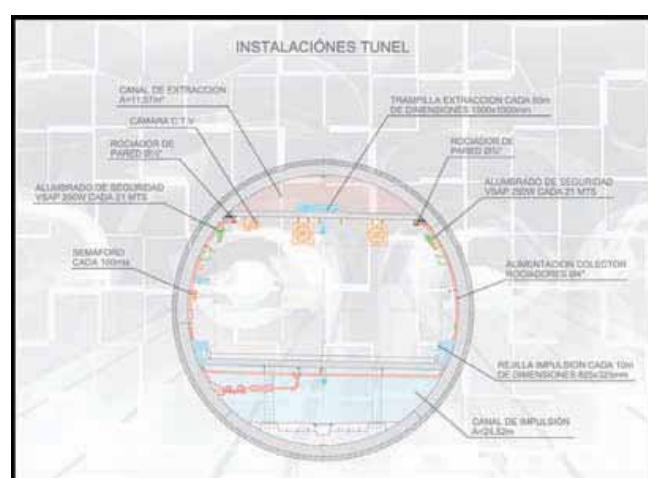
Descripción de las instalaciones proyectadas

Se definen a continuación, brevemente las instalaciones proyectadas en los Túneles del Guadalquivir.

Abastecimiento de energía eléctrica

El sistema de abastecimiento de energía al túnel está formado por dos suministros independientes, quiere esto decir que de forma normal uno de ellos es el que suministra todo la energía necesaria para el funcionamiento rutinario (incluso en condiciones extremas como sería en caso de incendio). En caso de fallo de esta fuente de suministro principal, existe lo que se conoce como un abastecimiento de respaldo, que cumple las necesidades durante la interrupción de la primera. Además el túnel cuenta con grupos electrógenos de gasoil capaces de suministrar energía para los servicios básicos y en caso de emergencia para el funcionamiento en modo degradado.

El funcionamiento interno de sistema, se resume básicamente en que la energía llega a los Centros de Transformación situados en las embocaduras y desde allí se distribuye a los diferentes sistemas y sectores en que se ha dividido la instalación.



Instalación de alumbrado

En general en el alumbrado de un túnel pueden distinguirse tres zonas: Umbral o zona de entrada, zona de transición y zona interior o de alumbrado permanente. Además se ha prediseñado tres niveles o modos de funcionamiento básicos: el diurno, el nocturno y el de emergencia o evacuación.

Instalación de ventilación

El sistema de ventilación propuesto para los cuatro tubos que componen el túnel, es del tipo transversal puro, con inyección continua de aire fresco y extracción de aire viciado, ambas repartidas a lo largo del túnel. Se considera que el sistema de ventilación transversal es el más adecuado para garantizar unas condiciones de seguridad y salubridad en los túneles dadas las estimaciones de tráfico denso y congestión que se prevé pueden producirse.

Se dispone también de un sistema de presurización de las galerías de emergencia, por medio de ventiladores y vestíbulos de independencia en la zona de galerías de peatones. En las galerías de vehículos sólo habrá ventiladores, puesto que los vestíbulos no tienen sentido en una galería cuyo fin prioritario será el paso de vehículos.

Instalación de postes S.O.S

Se situarán postes S.O.S. en el interior del túnel, para comunicación con el centro de control. Se instalarán intercomunicadores cada 100 metros a lo largo de los túneles. Se ubicarán en esta distancia, aprovechando que entre las salidas de emergencia hay aproximadamente 200 m, con lo que se sitúa un poste próximo a la salida, pudiéndose realizar las llamadas desde ellas. En el Centro de Control Principal se instalará un Sistema Integrado de Gestión de Servicios de Postes S.O.S.

Instalación de CCTV y DAI

Se proyecta un Circuito Cerrado de Televisión (CCTV) y un sistema de Detección Automática De Incidentes (DAI) basado las grabaciones del CCTV.

El primer sistema CCTV estará compuesto por un sistema de cámaras de televisión fijas a lo largo del túnel. Se instalarán también cámaras del tipo Domo móviles en la zona de acceso a cuartos técnicos.

El segundo sistema DAI permite conseguir un acceso inmediato al escenario en caso de incidente, así como la secuencia de los acontecimientos que han precedido

al disparo de la alarma. Este sistema tiene almacenado en su interior los acontecimientos lógicos de tráfico, analizando todos los aspectos del mismo y comparándolos con los datos almacenados.

Instalación de megafonía

Se instalará un sistema de megafonía en la zona de túnel. El sistema de megafonía será el encargado de transmitir a todos los usuarios del túnel de manera clara y entendible las instrucciones que deben seguir en caso de producirse un accidente en su interior.

Instalación de señalización, información, balizamiento y control de accesos

Uno de los sistemas más importantes por la seguridad general que aporta a la circulación vial y a la resolución de incidentes, es el sistema de señalización que está compuesto por varios subsistemas y equipos. Cada uno tiene funciones diferentes como pueden ser señalización fija para peatones y vehículos, mensajes variables y paneles de gráficos, semaforización y control de accesos.

Un primer subsistema es el de semaforización, compuesto por semáforos exteriores e interiores. Los semáforos exteriores serán de 4 focos y su finalidad será la de cierre de túnel. Se ubicarán 100 m antes de la boca del túnel y 200 metros antes de la boca, próximo al comienzo de la rampa.

El segundo subsistema estará compuesto por paneles de mensajería variable. Estos paneles serán de exterior y de interior, ubicándose también en el interior del túnel matrices gráficas. Los paneles exteriores tendrán como finalidad avisar a los conductores que van a entrar en el túnel de posibles anomalías internas.

El tercer subsistema instalado en los túneles es el de Control de Tráfico. Este consta de los sistemas de control de tráfico básicos y necesarios para el control de los vehículos que van a acceder al túnel, y del comportamiento de los que ya están en su interior.

El cuarto subsistema estaría compuesto por las comunicaciones dentro y fuera del túnel, así como vía radio.

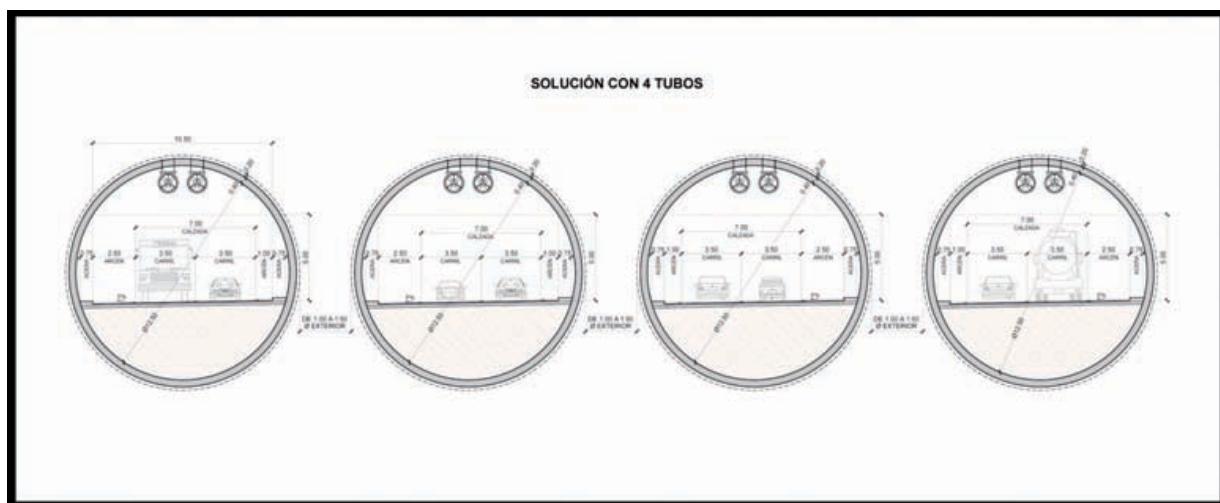
El quinto subsistema podría considerarse el de control de acceso a los cuartos técnicos y a las galerías de evacuación.

Centro de Control del Túnel

El Centro de Control del los Tuneles (C.C.) se ubica físicamente en una parcela situada próxima a la Boca Oeste (margen derecha del río), estando el edificio en una parcela situada en la margen izquierda, a la altura del P.K. 4+500.

En este punto se tendrá información detallada de todos los sistemas y instalaciones que componen el túnel, con posibilidad de actuación manual y automática en modo remoto sobre los mismos. Desde este punto se dispondrá de conexión directa con el resto de servicios de básicos de emergencias, es decir, policía, bomberos, protección civil, guardia civil, emergencias etc.

Desde este punto se controlarán tanto los cuatro túneles que constituyen el Paso Bajo el Río Guadalquivir, como los falsos túneles a construir en el tramo contiguo Túnel de Carramolos.



Lucha contra incendios en los túneles del Guadalquivir. Sistema de detección y extinción

Normativa

Las instalaciones descritas a continuación deberán cumplir las siguientes Normas Y Reglamentos:

- Real Decreto 635/2006, de 26 de Mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.
- 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.

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002).
- Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios (Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre).
- Recomendaciones e instrucciones de las reglas Técnicas CEPREVEN
- Código Técnico de la Edificación (CTE).
- RT3-DET: Regla Técnica para instalaciones de Detección Automática de Incendios
- Normas para Cableado e Infraestructura de Telecomunicaciones: UNE20427, 20431, 20432, 21123, 21022, UNE 21602, UNE 20648, UNE 20702, UNE 703, UNE EN 187000, IEEE383, IEC754
- Normas para electrónica de telecontrol: DIN41612C, UNE20324 78IR, CEI68-2-67, CEI68-2-27, CEI68-2-29, CEI68-T2 1,2 30, CEI801, VDE0871.B
- Comité Técnico de Normalización CTN 135.

Sistema de detección de incendios en los túneles

1. Descripción general

Al constituir el túnel un recinto horizontal rectilíneo y cerrado, la existencia de un incendio en su interior presenta problemas derivados de la extracción de humos y gases producidos por la combustión, dificultades mayores para la evacuación y limitaciones en la lucha contra el incendio.

La falta de visibilidad, la consiguiente pérdida de la orientación y las elevadas temperaturas que se pueden alcanzar en un túnel acentúan las consecuencias del incendio.

El siniestro adquirirá mayor gravedad, si en el incidente en cuestión, está involucrado algún transporte de mercancías peligrosas.

Las medidas de protección deben de prevenir la existencia del siniestro, y si éste ocurre, detectar el fuego con la menor demora posible y poner en marcha los mecanismos de respuesta a fin de minimizar los daños que se pudieran ocasionar.

De las conclusiones de numerosos estudios y ensayos de incendios en túneles, se extrae que la rápida detección de fuego en el túnel es de vital importancia para poner en marcha de forma inminente el correspondiente plan de emergencia y alarma

de incendio y acotar en la mayor medida posible las muchas veces trágicas consecuencias.

Para prevenir con antelación las contingencias derivadas de un incendio, las tecnologías actuales de cualquier tipología están dirigidas a su localización y detección, para posteriormente acometer las medidas de su eliminación.

Al amparo de estas técnicas, los detectores de incendios que se emplean en los túneles es el de detectores de calor lineales.

Los sistemas de alarma diferencial por detectores de calor lineales están basados en leyes neumáticas, la expansión de un gas o simplemente del aire causada por los efectos del calor en un tubo sonda de cobre es medida por un captador de presión y el resultado es procesado electrónicamente.

Si el incremento efectivo de presión medido no corresponde al valor de medición programado, se produce un aviso de fallo, programando el incremento de temperatura por minuto deseado y la temperatura máxima para activar la alarma. Con este sistema puede controlarse la temperatura ambiente en un sector de hasta 130 m de longitud, de acuerdo con las experiencias reales conocidas.

La instalación del cable sensor se hará en los cuatro túneles en la parte cenital del mismo, a lo largo del mismo. Este cable irá cosido al techo por medio de soportes cada 10 metros para evitar descolgamientos del mismo.

Tanto en el principio del cable como en el final, la instalación terminará en una caja de conexiones de poliéster reforzada de fibra de vidrio, la cual se utilizará tanto para la finalización del cableado como para las derivaciones a las unidades de control. Debido a la longitud de los cuatro túneles, se utilizará una tirada de cableado por túnel y una unidad de control por cada túnel.

La conexión de la unidad de control con el cable de detección del túnel se hará por medio de cable de comunicaciones de pares de dos hilos, el cual conectará desde la caja de derivación del cable sensor del túnel hasta el rack de la ubicación de los equipos.

Las unidades de control estarán situadas en el cuarto de comunicaciones de la boca Oeste, situadas en un rack para cada túnel. Estas unidades estarán compuestas por la unidad de control y testeo del cable de detección lineal y un monitor en el que se

refleja la instalación del cableado y la información de las posibles anomalías que detecte el cable del túnel.

La conexión entre la unidad de control del túnel y el Centro de Control, se realiza por medio de la red troncal de fibra óptica monomodo, conectándose esta unidad con el switch gigabit del cuarto de comunicaciones, el cual conectará con el CC y la información obtenida por las unidades de control se procesará en el servidor de Gestión del túnel.

Se ha proyectado la instalación de cable de detección lineal y su correspondiente unidad de control en la galería inferior del túnel, con el fin de que en caso de producirse un incendio se tenga aviso del mismo, puesto que esta galería va a ser una zona sin presencia ni vigilancia por ningún medio humano. De esta manera se pretende tener controlada esta zona, y en caso de alarma, poder actuar por medio del personal de mantenimiento. El cable de detección lineal se instalará en la parte central del techo, y al igual que el instalado en el túnel, tendrá soportes de sujeción al techo cada 10 metros y en las partes del principio y final del cable se situarán cajas de conexiones. La unidad de control del cable de detección de la galería inferior de cada túnel se ubicará en el mismo rack que la unidad de control de la parte de rodadura del mismo túnel.

Por tanto, en el cuarto técnico de comunicaciones de la boca Oeste se instalarán cuatro racks, uno por cada túnel, con dos unidades de control y un monitor de visualización y alarmas del cable de detección lineal del túnel, correspondiendo al control de cada túnel.

Los equipos a ubicar en Túnel y Cuartos técnicos son los siguientes:

- Cable sensor de detección.
- Unidad de control:

2. Descripción del funcionamiento del sistema

Este sistema consiste en un cable que en su interior dispone sensores electrónicos de medición de temperatura cada ocho metros. Constantemente ofrece la temperatura del sensor creando una gráfica lineal de temperaturas en el túnel. Tiene la ventaja de que se puede conocer en todo momento la temperatura y analizar igualmente gradientes.

Cada unidad de control puede controlar hasta 2500 m de cable en distintas tiradas. Los 2500 m de cable representan el conjunto del cable, es decir, la suma de distancia del cable y el cable de comunicación entre el cable sensor y la unidad de evaluación.

La unidad de control del sistema que suministra la corriente eléctrica al cable sensor, cumple el ciclo de direccionamiento de los sensores conectados, lee los valores de temperatura medida e interpreta la información. En el caso de que el valor supere un umbral determinado, aparece una alarma.

La zona que debe controlar el cable sensor puede ser dividida en un máximo de 32 secciones de alarma por unidad de control. Se puede definir para cada sección de alarma un umbral de alarma independiente.

Dos criterios determinan la detección y la alarma en caso de incendio:

- El hecho de sobrepasar el umbral de una temperatura máxima.
- El hecho de pasar del umbral de un valor de alarma diferencial, como un cambio brusco de temperatura comparado con un perfil de referencia.

Los algoritmos empleados toman en cuenta las variaciones de temperaturas a lo largo de la distancia completa medida, es decir, que la comparación de las temperaturas no está limitada sólo al punto de medida. Se generan pre-alarmas y se usan para adaptar la sensibilidad del sistema al ambiente del entorno.

El cable presenta una capacidad de configuración personalizada sencilla y detallada en la calibración de temperaturas de referencia y para la determinación de zonas de control, ya que se puede realizar individualmente para cada uno de los sensores.

El cable sensor conectado a la unidad de control, consta de un número de puntos de medición (sensores de temperatura) con direcciones físicas definidas. Las direcciones físicas presentes se establecen en el proceso de fabricación y se indican en listas. El rango de direcciones es de 0 a 1023.

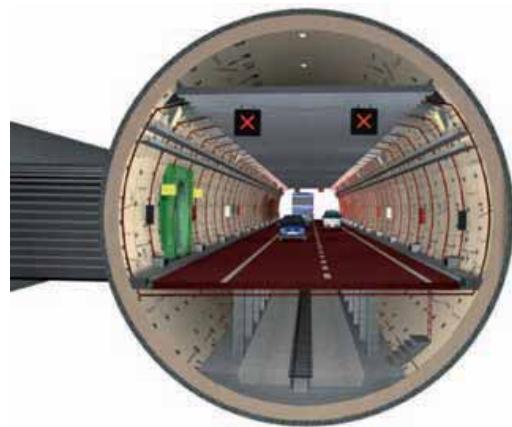
Es fundamental que la unidad de control conozca las direcciones presentes en el cable, ya que la ésta debe interrogarlas para obtener datos de temperatura y devolver un mensaje si hay algún sensor defectuoso.

Sistemas de extinción de incendios

1. Extintores

Se dispondrá tanto en el túnel, como en galerías de conexión entre tubos del mismo y en cuartos de instalaciones situados en los pozos de ventilación, de extintores. Los de las galerías de conexión serán de carro de 25 kg de carga, el resto serán móviles de Polvo Químico de 6 kg de carga.

En el túnel se hace coincidir la situación de los extintores con los equipos de manguera, de forma que todos los medios de protección queden unificados en puntos concretos fácilmente identificables. Tanto BIE como extintor se ubicarán en un armario combinado. Dichos extintores se dispondrán, en el túnel, en armarios de forma que la parte superior del extintor quede a 1,70 m, como máximo, del pavimento del suelo.



Estos armarios dispondrán de un sistema de alarma, que transmitirá una señal en caso de apertura de la puerta al centro de control y accionará el enclavamiento de la cámara de TV más próxima para supervisión del incidente y grabación del mismo.

También en los cuartos destinados a instalaciones se dispondrá de extintores móviles de iguales características. Además donde se prevea riesgo de fuego de tipo eléctrico se dispondrán extintores con agente extintor de CO2 y eficacia 89B, de 5 Kg de carga.

Las características de los extintores se ajustarán a lo especificado en la Regla Técnica para instalaciones de extintores móviles (RT2-EXT). El grado de eficacia será de 21A -113B.

2. Red de columna seca

Se dispone una red de columna seca para garantizar el suministro de agua desde el tubo no incendiado al tubo incendiado. Para ello, se dispone esta red a través de las galerías de comunicación entre tubos, disponiéndose dicha tubería en ejecución vista a lo largo de cada galería.

Junto al acceso de cada galería se dispone una toma de columna seca IPF-41.

3. Bocas de incendio equipadas

Se colocarán bocas de incendio equipadas repartidas por todo el túnel, de diámetro 25 mm y 20m de longitud de manguera, separadas 38 m aproximadamente entre sí, con una densidad tal que la distancia máxima desde cualquier punto hasta un equipo de manguera será inferior a 25m (longitud de la manguera + 5 metros de chorro de agua), existiendo al menos una BIE cercana a cada una de las salidas de

emergencia. Se situarán en el hastial derecho, según el sentido de la marcha, de cada tubo.

El motivo de seleccionar bocas de incendio de 25mm de diámetro, es la facilidad de manejo de las mismas, que hace que puedan ser utilizadas por personal no adiestrado para dicho fin. Las Bocas se montarán de manera que la boquilla del surtidor quede a una altura comprendida entre 0,90m y 1,50m medida desde el pavimento del suelo.

La instalación de BIES estará compuesta por los siguientes elementos:

Bocas de Incendio Equipadas

Todos los elementos utilizados serán resistentes a la corrosión, oxidación y esfuerzos mecánicos a que puedan estar sometidos.

Todas las bocas de incendios equipadas, serán del tipo de 25mm / 20m, y cumplirán con la Norma UNE 23.402, serán marca Chesterfire modelo 25/1 o equivalente, estando provistas como mínimo de los siguientes elementos:

Armario combinado BIE / EXTINTOR

El Armario empotrado será tipo combinado para BIE / EXTINTOR con puerta metálica ciega pintada de color rojo, de dimensiones suficientes para permitir el despliegue rápido y completo de la manguera y departamento independiente para la disposición de un extintor móvil de 6Kg.

El cierre tanto para el compartimento destinado al alojamiento de la BIE como para el destinado al extintor, será de resbalón y transmitirá al centro de control una señal de alarma cuando se produzca la apertura de alguna de las puertas, accionándose el enclavamiento de la cámara de TV más próxima para supervisión del incidente y grabación del mismo.

4. Hidrantes

Junto a cada una de las bocas de los tubos del túnel y a 50 m de éstas, se dispondrá un hidrante exterior.

En el interior del túnel también se dispondrán hidrantes en los accesos desde cada tubo a cada una de las galerías, de modo que se situarán en los hastiales izquierdos, según el sentido de circulación. Se situarán también hidrantes en posiciones inter-

medias a estos correspondientes a las galerías, resultando una interdistancia media en el interior del túnel de unos 100 m.

Hidrantes

Para los hidrantes situados en el exterior del túnel se han seleccionado hidrantes de columna seca, de diámetro de entrada DN 100, con tres bocas de salida, una de 4" (100 mm) y dos de 2½" (65 mm), con entrada curva, PN-16, ajustándose sus características a lo indicado en la Norma UNE 23.405. Dichos hidrantes dispondrán de tapones antirrobo, cabezas orientables a 360°, y cierres con sistema antiariete. Los hidrantes serán marca Anber modelo Supertifón o equivalente.

Los hidrantes incorporan un dispositivo de guía antiariete que evita la vibración producida por el aire que permanece inevitablemente en las tuberías. Además, disponen de un mecanismo de cierre construido en materiales no férreos, impidiendo así que, con el paso del tiempo, se produzcan fugas debidas a la corrosión. Para los hidrantes interiores se han seleccionado tomas siamesas IPF-41.

5. Rociadores automáticos

A petición de los Servicios de Bomberos de Sevilla, se ha diseñado una red de rociadores automáticos. Con este sistema se pretende controlar el fuego desde el inicio de éste, hasta la llegada de los servicios de extinción, de modo que se impida que el fuego adquiera una magnitud tal que no pueda ser atacado por dichos servicios.

Para proteger la totalidad de la superficie del túnel, se dispondrán situados en ambos hastiales, rociadores de pared de ½", de cobertura extendida. Serán de la marca Viking modelo VK-605 o equivalente aprobado por la Dirección Facultativa. Se dispondrán en hilera en las paredes del túnel, con una interdistancia de unos 3,5 m aproximadamente, y a la mayor altura posible, a unos 6,2 m aproximadamente.

El sistema será de diluvio, con activación manual remota. Se divide la longitud total del túnel en diferentes sectores de diluvio, activado cada uno de ellos por un puesto de control de diluvio de disparo eléctrico, que será de diámetro Ø 4" y Marca Viking Modelo E-1 o equivalente aprobado por la Dirección Facultativa.

Estos puestos de control llevarán incorporados una válvula de regulación de presión que permite regular la presión de entrada al mismo, ya que la presión de trabajo de la red de rociadores es diferente a la de la red de BIES+Hidrantes, y ambas comparten grupo de presión. Cada sector de diluvio, cubrirá una longitud de túnel de unos 60 m.

Se ha diseñado este sistema de rociadores de modo que una vez detectado el incendio se abran como máximo 2 sectores de rociadores, es decir, se protegerán como máximo 120 m de túnel.

6. Red de tuberías

Se proyecta dos redes de tuberías, una abastecerá tanto a los hidrantes como a las BIES, y la otra a la red de rociadores. Ambas redes serán abastecidas por los mismos grupos de presión, y se dispondrán en anillo a lo largo del túnel.

La red de tuberías se realizará en ejecución vista, y discurrirá por la galería inferior. La red de BIES e hidrantes coincidirá con el hastial en el que se sitúan las BIES, y cruzarán la calzada para alimentar las BIES e hidrantes que se disponen en los accesos a las galerías. Ambas redes se realizarán con tubería de acero negro sin soldadura DIN 2440, acabada en rojo bombero.

Las redes de tuberías de reparto discurrirán por la galería inferior, uniéndose en anillo en la mitad del túnel mediante un tramo de conexión a través de una de las galerías de conexión. De este modo cada uno de los grupos dará servicio en condiciones normales a cada una de estas mitades de redes. Por tanto existirán cuatro anillos de distribución, dos de la red de BIES+Hidrantes y dos de rociadores, siendo cada parejas de estas para cada mitad del túnel.

En esta unión en la galería central se dispondrán válvulas de seccionamiento normalmente cerradas, de modo que una vez detectado un fallo o avería en uno de los grupos se abrirán estas válvulas, quedando conectados ambos anillos, y siendo así abastecidos por un único grupo. Además, en el resto de galerías de conexión, se dispondrán válvulas de corte normalmente abiertas, para permitir el seccionamiento de los tramos que pudieran averiarse o repararse.

En estas galerías también se dispondrán tramos de tubería de conexión con el túnel paralelo, de manera que se crean subanillos que aseguran una múltiple alimentación a todos los tramos en caso de posibles averías o labores de mantenimiento. De este modo se deja fuera de servicio al menor número de elementos.

Todas las válvulas de la red de BIES+Hidrantes y de la red de rociadores llevarán 2 contactos final de carrera libres de potencial conectados unidos a un módulo de entrada de contactos, dichas señales se cablearán y terminarán en bornas del armario de comunicaciones y control mas próximo, en Salida de Emergencia.

La red de distribución (BIES+Hidrantes y rociadores) se completará con la disposición de ventosas automáticas de aire para llenado, vaciado de la red, así como para eliminar posibles efectos de golpe de ariete en el arranque o parada de las bombas debido a la gran longitud de las redes. Estas ventosas se dispondrán en los puntos altos de la red.

Se dispondrán válvulas de vaciado en los puntos bajos de cada tramo entre válvulas de cierre con el fin de poder realizar el vaciado de los mismos.

Las redes de tuberías serán de uso exclusivo para instalaciones de extinción de incendios, y deberán diseñarse para el funcionamiento simultáneo de los elementos a los que abastecen. La red de BIES e hidrantes debe ser capaz de garantizar el funcionamiento simultáneo de dos BIES de un mismo tubo, y de dos hidrantes. La red de Rociadores debe ser capaz de garantizar el funcionamiento simultáneo de dos sectores de rociadores. Además, en caso del funcionamiento simultáneo de los tres sistemas, las redes de tuberías deben garantizar en la boca de cada uno de estos elementos las siguientes condiciones:

Condiciones a garantizar

Condiciones a garantizar en BIES:

- La presión dinámica en punta, estará comprendida entre 5,6-8 bar
- El caudal mínimo en cada boca será de 100 l/min

Condiciones a garantizar en hidrantes:

- La presión dinámica en la boca será de 7 bar
- El caudal mínimo en cada boca será de 1.000 l/min

Condiciones a garantizar sectores de rociadores:

- La presión dinámica en el rociador será de 1,9 bar
- El caudal mínimo de sector será de 3.920 l/min
- La densidad de descarga será de 6,5 l/min xm²

Estas condiciones de presión y caudal se deberán mantener durante 120 minutos para el caso de las BIES e hidrantes y durante 60 minutos para el caso de los rociadores. En el caso de BIES e hidrantes bajo la hipótesis de funcionamiento simultáneo de dos BIES y dos hidrantes, y en el de rociadores bajo la hipótesis de funcionamiento simultáneo de dos sectores de diluvio. Será el conjunto de ellos la combinación hidráulicamente más desfavorable.

7. Fuente de abastecimiento de agua

Para abastecer de agua a la instalación tanto de BIES e hidrantes como de rociadores se dispondrá de dos fuentes de abastecimiento de agua, situadas cada una de ellas en cada pozo de ventilación.

Cada fuente de abastecimiento estará compuesta de una acometida de agua exclusiva para extinción de incendios, que alimentará la reserva de agua prevista, y éste a su vez al grupo de presión de protección contra incendios. Tanto la acometida, como el aljibe de reserva de agua y el grupo de presión, se situarán en un cuarto destinado a tal fin, ubicados estos cuartos en cada uno de los pozos.

7.1. Cálculo del abastecimiento de extinción de incendios

La instalación de extinción de incendios, que consta en este caso de una red de BIES, hidrantes y de rociadores, dispondrá de un abastecimiento de agua, compuesto por un aljibe de reserva de agua y un grupo de presión.

La fuente de abastecimiento debe ser capaz de garantizar el funcionamiento simultáneo de las cuatro BIES y los dos hidrantes más desfavorables durante un tiempo de 120 minutos. Así, la reserva de agua necesaria será la siguiente: $Q_{TOTAL} = 602 \text{ m}^3/\text{h}$

Por tanto se han dispuesto dos aljibes de reserva de agua de unos 800 m^3 cada uno, que estarán situados en los edificios de los cuartos técnicos de los pozos de ventilación. Junto a ellos se dispondrán los grupos de presión que se describe más tarde. Los depósitos estarán divididos en dos semidepósitos de 400 m^3 cada uno de ellos, de manera que se permitan las labores de mantenimiento y limpieza sin dejar fuera de servicio la instalación, puesto que cuando se vacíe uno de los semidepósitos, el otro se mantendrá siempre lleno.

Para determinar los grupos de presión necesarios, se tiene en cuenta el cálculo de pérdida de carga en la red, que se expone en el apartado posterior, y en el que la pérdida de carga para el caso más desfavorable resulta tener un valor de 11 bar. Por lo tanto las necesidades del grupo serán de:

$$Q = 602 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H = 110 \text{ m.c.a.}$$

7.2. Características del grupo de presión

Los grupos estarán formados por tres bombas principales eléctricas, cada una de ellas para el 50% del caudal total, de modo que funcionarían dos bombas, y una ter-

cera quedaría de reserva. Los grupos también disponen de una bomba jockey para mantener presurizada la red. Tendrán alimentación eléctrica directa y conexión a la acometida de emergencia. Cumplirán con los requerimientos y estará construido bajo las normas UNE 23-500-90 y CEPREVEN.

La instalación cuenta con un equipo de tratamiento del nivel de cloro en el agua para mantenerla en óptimas condiciones de uso, (tal y como se indica en el RD 865/2003 de 4 de julio, sobre control de la legionelosis).

8. Protección contra incendios en cuartos técnicos

8.1. Extinción de incendios en cuartos técnicos

Los cuartos técnicos de los pozos se protegerán contra el incendio, con sistema de agua nebulizada. Redispondrá una extinción en ambiente, para proteger los equipos alojados en la sala, y los huecos de falso suelo.

Extinción en ambiente

En cada local se dispondrá un sistema de diluvio que será actuado por una válvula solenoide situada junto al acceso de cada local.

Esta válvula podrá ser actuada de manera remota y manual. Se protegerán los siguientes cuartos de cada pozo:

- Centro de transformación
- Cuarto de Grupo electrógeno
- Cuarto de Baja tensión
- Cuartos de Comunicaciones
- Cuarto de Variadores de frecuencia
- Cuartos de grupo de agua nebulizada

Se dispondrá en cada pozo un único abastecimiento para este sistema (formado por un depósito de agua y un grupo de presión autónomo) que se ubicará en un cuarto destinado a tal fin. Desde éste, partirá la red de tuberías general que alimentara las electroválvulas de cada cuarto.

Sistema de lavado de humos en falso suelo

Se protegerán los huecos de falso suelo de los cuartos de baja tensión, comunicaciones y variadores de frecuencia.

8.2. Detección de incendios en cuartos técnicos

Se completa la protección de los cuartos técnicos con un sistema de detección de incendios. Se trata de un sistema de detección por aspiración. El sistema estará formado por detectores por aspiración y por tubo con orificios, por el que se aspirarán los humos y se llevarán hasta la cámara de análisis de los detectores.

Se dispondrá un detector de este tipo en cada uno de los cuartos a proteger, siendo éstos los mismos que disponen de agua nebulizada. En los cuartos que tengan falso suelo, se dispondrá también red de tubería de aspiración de humos por dicho espacio, siendo único el detector de cada cuarto para los dos espacios (ambiente y falso suelo).

Será este sistema de detección de incendios el que active la descarga de agua nebulizada. Cuando se produzca una alarma de incendios, se mandará una señal a la electroválvula de diluvio del cuarto incendiado, de manera que ésta se abrirá, produciéndose la descarga de agua nebulizada.

9. Cálculo de la red de bies e hidrantes

9.1. Método de cálculo empleado

Los cálculos hidráulicos para la red de BIES e hidrantes han sido realizados con el programa ROWN V1.1 de Procedimientos-Uno, S.L. Para el predimensionado de los tubos y del equipo de bombeo se ha tenido en cuenta que la velocidad del agua no supere 4,5 m/s en ningún tramo, ni 6,0 m/s en ninguna válvula.

La pérdida de carga debida a la fricción en válvulas y accesorios donde la dirección del flujo de agua cambia en 45° o más, se calcula usando una longitud equivalente y aplicando la fórmula de Hazen-Williams anterior. En los apartados posteriores aparece un listado con los accesorios de cada nudo y la longitud equivalente que se ha empleado en el cálculo. Los efectos de la presión dinámica se consideran despreciables.

9.2. Resumen de cálculo de las hipótesis de funcionamiento

Como ya se ha mencionado en apartados anteriores, se ha considerado el funcionamiento simultáneo de dos hidrantes, durante un tiempo de 120 minutos y de dos BIES durante 120 minutos.

Se ha considerado que el caso de incendio se produciría en uno de los dos tubos del túnel, por lo que se consideran las combinaciones de funcionamiento simultáneo

de BIES del mismo tubo. A la hora de considerar el funcionamiento de los hidrantes, se considera que podrían funcionar simultáneamente los dos hidrantes de la misma boca del túnel, aunque cada uno de ellos esté a la entrada de tubos diferentes, puesto que es probable, por la cercanía entre dichos elementos, que en un incendio de un tubo se utilicen ambos hidrantes.

Por otro lado, los tubos del túnel, son idénticos en cuanto a la red hidráulica se refiere, puesto que tienen el mismo número de BIES e hidrantes, la cota vertical con respecto al grupo de presión de cada uno de ellos situados en el mismo P.K., es la misma, y la longitud de tubería es la misma.