Apéndice 2.23 – ESPAÑA – Madrid - Túnel Distribuidor de las Cuatro Torres

1. RESUMEN

El túnel de Las Cuatro Torres es un túnel urbano que facilita los accesos a las cuatro Torres de gran altura construidas en los terrenos de la antigua Ciudad Deportiva del Real Madrid.

El túnel está formado por un tubo con tráfico unidireccional, organizándose como un anillo alrededor de las Cuatro Torres. La circulación se realiza en el sentido de las agujas del reloj. El anillo dispone de 3 carriles para la circulación. En la parte central del anillo se dispone de una vía bidireccional de 2 carriles por sentido.

El objetivo principal del túnel es permitir a los usuarios de las Torres, el acceso a los aparcamientos situados en los sótanos de las mismas, y de la misma forma garantizar el acceso desde los edificios a las principales vías de salida del entorno de las Torres, tanto de circulación privada, como pública.

El anillo dispone de accesos en el Norte, cerca de la Torre 4, desde 3 calles distintas de Madrid. Comenzando desde estos accesos (que se unen en el interior del túnel) el primer giro a la derecha dirige el tráfico en paralelo al Paseo de la Castellana, que es una vía principal de tráfico de la ciudad. Al final de la recta se tiene una salida a dicha vía y otra hacia el túnel existente de Pio XII.

Al realizar otro giro a la derecha se observan los accesos en el Sur, cerca de la Torre 1, desde otras 3 calles de Madrid. En el siguiente giro a la derecha se vuelve a circular en paralelo con el Paseo de la Castellana. Al final de la recta se tienen otras 2 salidas hacia calles principales de la ciudad.

En la **Figuras 1** puede observarse la localización del túnel y en la **Figura 2** un trazado esquemático con la disposición de entradas y salidas.

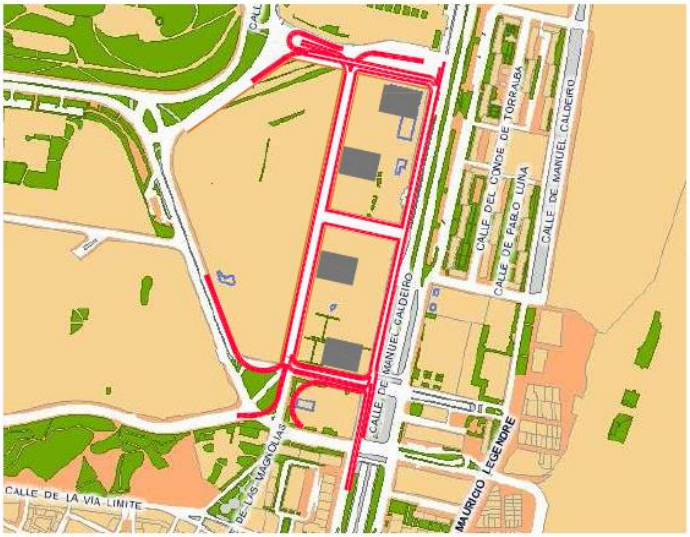


Figura 1: Plano de ubicación del túnel de Las Cuatro Torres.

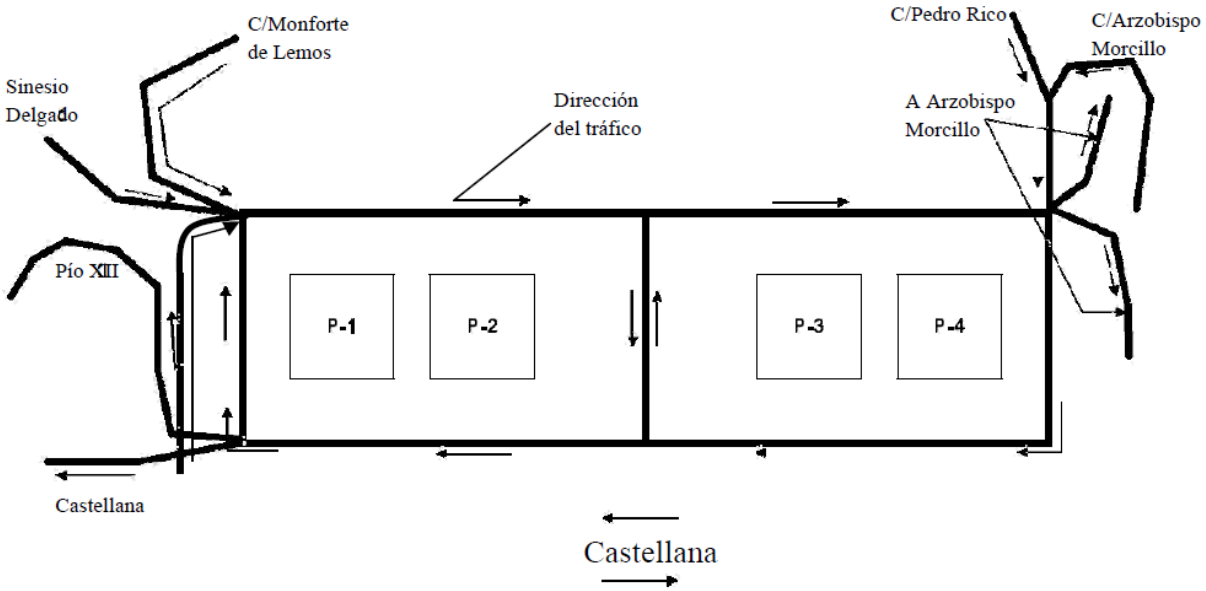


Figura 2: Configuración de entradas y salidas del túnel de las Cuatro Torres.

Las siguientes **Figuras3 y 4** muestran algunos accesos al túnel:

Figuras 3 y 4: Acceso desde Calle Monforte de Lemos (Sur) y acceso desde Calle Arzobispo Morcillo (Norte)

2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

2.1 GEOMETRÍA

- Longitud Total incluyendo accesos: 2.746 m,
- Longitud del Anillo: 1.125 m.

2.2 SECCCIÓN TRANSVERSAL

2.2.1 Túnel

- Carriles con un ancho de 3,50 m cada uno,
- Número de carriles variable, desde 1 a 4,
- Aceras en la zona del Anillo de ancho variable entre 0,6 y 0,9m,
- Arcén no transitable en los accesos de 0,5 m,
- Gálibo: 4,00 m,
- Altura total: 5,00 m.

2.2.2 Apartaderos

El túnel de Cuatro Torres dispone de apartaderos y amplios arcenes en todas las zonas del anillo, no así en los tubos de accesos y salidas. (**Figuras 5 y 6**)

Estos apartaderos permiten la detención de vehículos, en casos de emergencia en el interior del túnel, sin afectar a la circulación.

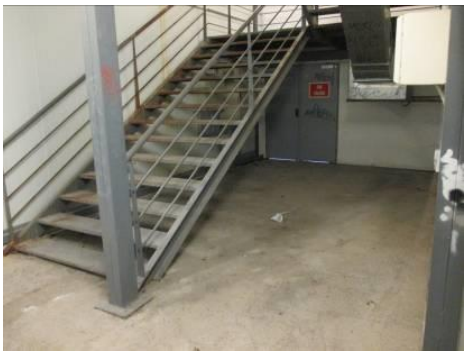
Figuras 5 y 6: Apartaderos

2.2.3 Salidas de emergencia

El túnel de Las Cuatro Torres está dotado con 8 salidas de emergencia con puertas de doble hoja, con barra antipánico, resistentes al fuego (**Figura 7**), que dan acceso a la vía de evacuación formada por una escalera peatonal ascendente metálica (**Figura 8**) hasta el nivel de calle (**Figura 9**). También se consideran como salidas de emergencia las bocas de acceso o salida del túnel, por lo que se dispone de hasta 9 salidas de evacuación adicionales.

Todas las salidas de emergencia disponen de sistema de presurización.

Las salidas se encuentran señalizadas por medio de señales lumínicas, en forma de banderola, en la parte superior de la puerta y además, señales fotoluminiscentes para su correcta localización.



Figuras 7,8 y 9: Puerta de salida de emergencia desde el túnel hacia escalera ascendente y salida al exterior

2.3 CONDICIONES DEL TRÁFICO

El tráfico soportado por el túnel es un aspecto destacado, siendo su IMD estimada es de 14.000 vehículos/día. Se prevé una circulación masiva en horas punta por el acceso de los usuarios a los aparcamientos, para ocuparlos o para abandonarlos.

El número total de plazas de aparcamiento, contando los de las Cuatro Torres, ronda las 1.200. Cada torre cuenta con 5 o 6 plantas bajo rasante destinadas a aparcamiento

2.4 VENTILACIÓN

2.4.1 Sistema de ventilación

Para el túnel de Cuatro Torres se ha adoptado un sistema de ventilación mixto, combinando la ventilación longitudinal (**Figura 10**) con una ventilación transversal con aportación y extracción por medio de ventiladores axiales (**Figura 11**). Los pozos de ventilación se encuentran situados en cuartos técnicos localizados junto a las salidas de emergencia. La salida del aire de extracción se realiza por medio de una rejilla situada en la calzada. (**Figura 12**).

Figura 10, 11 y 12: Ventiladores longitudinales reversibles, ventilador axial y rejilla en calzada.

2.4.2 Control de la ventilación (CO, NO2, opacímetros)

La ventilación viene controlada a través de la medición directa de humos, del nivel de contaminantes, la opacidad y la velocidad del aire dentro del túnel.

Los medidores se encuentran ubicados en los puntos de mayor concentración teórica, asegurando la medición de todo el perfil de concentración de partículas y contaminantes.

Con la información obtenida se actúa sobre los contactores de mando de los ventiladores. Los sensores son de salida estándar de 4-20 mA y se conectan a entradas analógicas de la estación remota del túnel.

La lógica de control se encuentra programada localmente mediante algoritmos en las estaciones remotas.

El control de la ventilación cuenta con los siguientes equipos detectores:

- 16 detectores de NO2,
- 16 detectores de CO,
- 17 opacímetros,
- 3 anemómetros y catavientos exterior,
- 4 anemómetros interiores,
- 2 centrales de control.

Los niveles de contaminación permitidos son:

- Límite CO: 70/150 ppm,
- Visibilidad (K máximo): 0,005/0,0075.

2.5 INSTALACIONES Y EQUIPAMIENTOS PARA LA EXPLOTACIÓN Y DE SEGURIDAD

El túnel de Cuatro Torres dispone de diferentes instalaciones de seguridad fijas, destinadas a garantizar el correcto estado de funcionamiento de las instalaciones, contribuyendo a aumentar la seguridad de los usuarios del túnel, así como de su infraestructura y equipamiento.

Las instalaciones fijas del túnel se describen en los siguientes apartados:

2.5.1 Sistemas de suministro de energía

El túnel dispone de dos acometidas de suministro eléctrico. En caso de fallo de una de las líneas de la red, existe redundancia de acometida eléctrica por medio de una conmutación que se realiza a la salida de los transformadores, asegurando así la alimentación de los servicios críticos del túnel.

Para asegurar el mantenimiento de energía durante un caso extremo, como por ejemplo fallo de suministro eléctrico de ambas compañías suministradoras, los sistemas críticos de seguridad del túnel están alimentados desde 3 Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (de 15 kVA, 30kVA y 40kVA respectivamente), que permite disponer de 10 minutos de autonomía, a plena carga, en todos estos sistemas:

- Equipamiento del cuarto técnico de comunicaciones y detección de incendios,
- Detección de incendios lineal en túnel,
- Paneles de mensaje variable, Aspa Flechas y Señales de Velocidad,
- Postes SOS,
- Circuito cerrado de televisión,
- Detección de contaminación en túnel (CO/NO_2, opacidad, anemómetros),
- Alumbrado del circuito permanente del túnel y del circuito de emergencia / guiado,
- Megafonía,
- DAI y procesador de CCTV,
- Sistema de radiocomunicaciones,
- Estación Remota Universal (ERU) y equipos de comunicaciones con el Centro de Control de Túneles del Ayuntamiento de Madrid.

2.5.2 Sistema de Iluminación.

2.5.2.1 Alumbrado principal.

La iluminación del túnel se ha resuelto mediante luminarias de Vapor de Sodio de Alta Presión, situadas en ambos laterales, a una altura sobre calzada de 4,50 m.

El sistema de alumbrado consta de 4 niveles de iluminación (nocturno, crepuscular, nublado y soleado), que se conectan en función de la luminosidad exterior, de forma que el contraste sea el mínimo posible, utilizando 3 luxómetros.

En el interior del túnel existen varias zonas de iluminación, siendo mayor a la entrada y salida del túnel y menor a medida que se avanza en el recorrido, de tal manera que se consigue la adaptación de la visión del ojo de la luz exterior a la luz interior de manera gradual.

Para el control de Iluminación, se divide el sistema en dos zonas (una por cada anillo): anillo 1 y anillo 2. El anillo 1 comprende la circunvalación de las torres 1 y 2 y el anillo 2 la circunvalación de las torres 3 y 4. Cada zona se controla de forma independiente, regulando los circuitos en función a la información proporcionada por los sensores de luminosidad exterior.

2.5.2.2 Alumbrado de emergencia.

El alumbrado de emergencia se compone de un total de 209 luminarias autónomas, de 18 W, con una autonomía de 60 minutos. Dichas luminarias se encuentran instaladas en los hastiales verticales del túnel, separadas entre sí 20 metros y a una altura de 1,05 metros sobre el nivel de la calzada.

2.5.2.3 Alumbrado de Seguridad

El alumbrado de seguridad del túnel está compuesto por un tercio del total de las luminarias del alumbrado permanente del túnel, ubicado en la parte superior de los hastiales verticales del túnel. Se encuentra conectado a los SAIS.

2.5.3 Sistemas de detección y extinción de incendios.

El sistema de detección de incendios en el túnel de Cuatro Torres se compone de un sistema lineal para el anillo central y accesos, y de sensores puntuales para los cuartos técnicos y centros de transformación.

El sistema de extinción de incendios en el túnel de Cuatro Torres se compone de los siguientes elementos:

- Columna húmeda para BIES e hidrantes,
- Columna seca para tomas de bomberos instalada en el hastial izquierdo, según el sentido de la marcha,
- Extintores.
- 2 grupos de presión de incendios, con 3 depósitos de 10 m3 cada uno de ellos.

2.5.4 Sistemas de control de tráfico y circulación.

2.5.4.1 Sistema de señalización.

El Sistema de Señalización Variable proporciona información gráfica y/o alfanumérica a los conductores en tiempo real sobre incidentes, estado del tráfico, etc.

Este tipo de señales, electrónicamente iluminadas, están situadas de manera estratégica, con el fin de poder anticipar una situación donde los conductores puedan experimentar una congestión del tráfico o cualquier otro incidente.

Se dispone de paneles exteriores de mensajes variables en cada boca de acceso para señalización de entrada al túnel, incluyendo caracteres y 2 gráficos full color, 4 paneles interiores con caracteres y 1 gráfico full color, 10 señales aspa-flecha para señalización de carril y señal de limitación de velocidad, 3 semáforos tricolor de aviso y cierre de túnel y 30 semáforos ámbar de preaviso.

2.5.4.2 Sistema de aforos de tráfico.

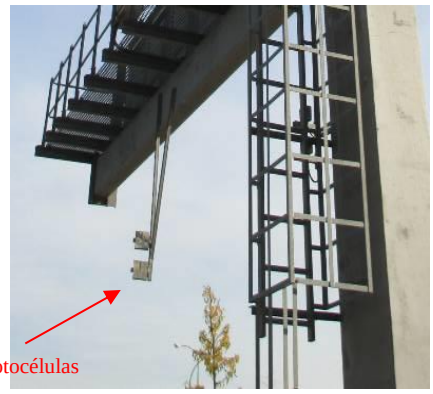
En el interior del túnel se dispone de un sistema de 18 puntos de detección del tráfico, formado por 2 espiras cada uno, para obtener información fiable del estado del tráfico en el interior del túnel.

2.5.4.3 Sistema de gálibo

Los paneles de señalización variable instalados en las bocas de acceso avisan del gálibo permitido (**Figura 13**)

Además, se dispone de un sistema de gálibo automático, que detecta el gálibo de un vehículo superior al permitido y regula el acceso. Para ello se realiza la detección conjunta por parte de dos sensores, el primero es la detección de una masa metálica mediante espira en la calzada y el segundo es la detección de altura mediante una barrera de infrarrojos (**Figura 14**)

Una vez se ha producido la detección del vehículo con exceso de gálibo se informa al usuario de la situación y se le insta a que se detenga y no continúe (señal indicativa oculta de parada), o que abandone la vía por la próxima salida (señal indicativa oculta de desvío).Al tiempo que se produce la detección de exceso de gálibo, el sistema envía una alarma al Centro de Control con el fin de avisar a los operadores de la situación detectada.



Figuras 13 y 14: Panel señalización variable en acceso y sensores de detección automática de gálibo

2.5.4.4 Circuito cerrado de televisión (CCTV) y detección de incidentes (DAI)

Se dispone de cámaras de tipo móvil en las bocas de entrada ubicadas sobre columnas de 15 m de altura y en el interior del túnel de cámaras de tipo fijo distanciadas entre 60 y 80 m. El sistema CCTV está conectado al sistema de detección de incidentes DAI, lo que permite informar al centro de control de cualquier anomalía en la vía (vehículos parados, retenciones, peatones en la calzada, etc)

2.5.4.5 Postes SOS.

La red de postes SOS en el túnel de Cuatro Torres está formada por 15 unidades con tecnología IP, ubicados cada 66 metros de distancia entre sí, en la parte derecha de cada sentido de circulación del túnel y junto a los semáforos ámbar – ámbar.

2.5.4.6 Megafonía.

El sistema de megafonía cuenta con altavoces exponenciales de 30 W y ángulo de cobertura de 50º y amplificadores localizados en los cuartos técnicos, que cubren los sectores interiores del túnel.

2.5.4.7 Radiocomunicaciones

El sistema de radiocomunicaciones del túnel proporciona, en su interior, servicio de comunicaciones a los terminales radio, con las mismas prestaciones a las que se disponen en el exterior, mediante una extensión de la cobertura radioeléctrica existente en el exterior del túnel al interior del mismo. Con ello facilitan las comunicaciones de los vehículos en el interior del túnel, y se incrementa la seguridad en su interior, además de posibilitar las comunicaciones entre los servicios de emergencia cuando se produce una incidencia en el interior del túnel.