

TÚNELES URBANOS

D. Sebastián Guerrero Ramos

Auditor de Seguridad Vial (UPC)

Responsable de trazado y seguridad vial, Esteyco S.A.P.

Objetivo

Diseñar túneles seguros, cómodos y funcionales, con una buena calidad ambiental e integración en el entorno urbano.

1. Concepción y Diseño

1.1. Normativa

En el diseño de túneles se deberán tener en cuenta las Normativas y Recomendaciones vigentes a nivel Internacional, Estatal, Autonómico y Local. Se deberá tomar como base la 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, así como el Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.

Igualmente, se deberían tomar como referencia las distintas normativas y específicas técnicas elaboradas por algunas de las Comunidades Autónomas y Entidades Locales. Por ejemplo, el Decreto Foral 135/2006, sobre seguridad de túneles en carretera, del Departamento de Obras Públicas y Transportes de la Diputación Foral de Vizcaya, Especificaciones técnicas para el equipamiento de túneles, de la Generalitat de Catalunya, Norma técnica para la construcción de túneles viarios en el Municipio de Barcelona...

Asimismo, se tendrán en consideración las recomendaciones elaboradas, a nivel internacional, del Comité de Túneles de Carretera de la Asociación Mundial de la Carretera (AIPCR) y demás Normativas y Recomendaciones, de reconocido prestigio, de países de nuestro entorno (Francia, Alemania, Austria, Suiza,...)

1.2. Diseño conceptual

En el diseño del túnel urbano, la elección del número de tubos y de su carácter unidireccional o bidireccional deberá tomar en consideración el conjunto de los parámetros pertinentes con respecto a la seguridad (tráfico total, régimen de autorización de transportes de mercancías peligrosas, riesgos de congestión, características geométricas y de trazado, inclinación de la rasante, equipos de protección, dispositivos de detección de incidencias, instalaciones de seguridad, medidas de explotación..). De forma general los túneles deberán contemplar doble tubo, con carácter unidireccional cada uno, dada la importante IMD que previsiblemente, por lo general, van a soportar en la ciudad.

En lo que se refiere a las características geométricas y la instalación, los problemas específicos, como por ejemplo la transición entre el trazado al aire libre y la zona de las “bocas” o la limitación de la distancia de visibilidad entre los hastiales o paredes laterales y la bóveda deberán estudiarse con el mayor cuidado. También se deberá dedicar una atención especial al riesgo de retenciones en túnel ligado a la posible presencia de una intersección a nivel a poca distancia de las bocas del túnel, esté semaforizada o no, o a cualquier otra situación de carácter permanente (atravesar una zona con tráfico denso, etc.).

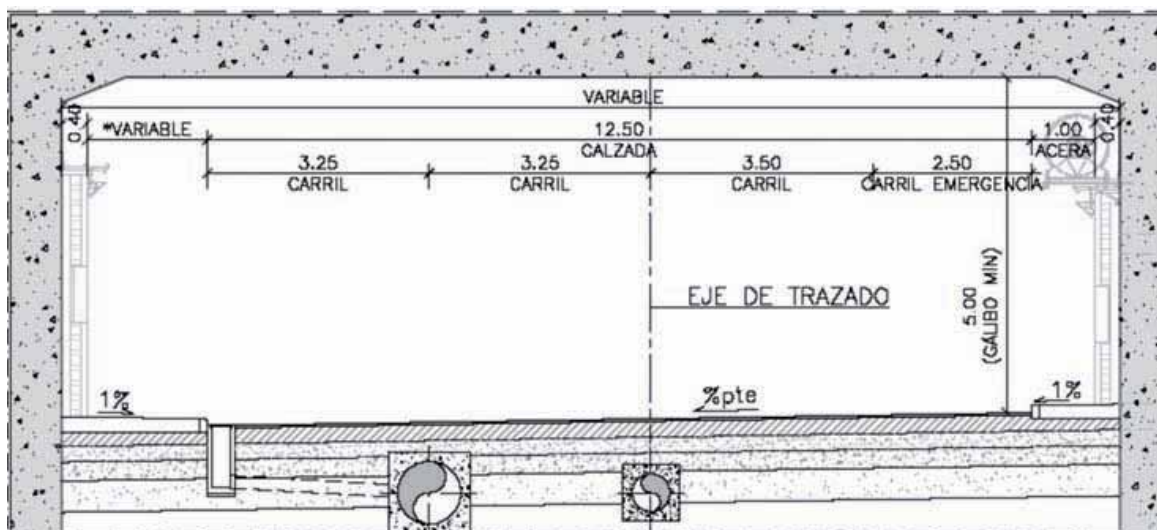


Figura 1. Diseño de sección tipo del túnel de acceso a la Estación de La Sagrera. Barcelona

Calzada y arcenes

Si la circulación es unidireccional, el perfil transversal deberá diseñarse teniendo en cuenta el acceso de los vehículos de emergencia incluso en el sentido normal de la circulación cuando existan vehículos parados en un carril de circulación. En general, se podrá recurrir a un arcén de parada de emergencia o una banda asociada a un arcén franqueable.

Se deberá analizar el ancho total de la calzada, los carriles podrían tener hasta un ancho mínimo de 3,00 y 3,25 o 3,50m (en el caso de carriles destinados al transporte público) y un gálibo vertical de 5,00m mínimo.

A la hora de diseñar el ancho libre de la plataforma, se deberá tener en cuenta el no “hipotecar” las demandas de tráfico futuro y también en situación de “emergencia” para tener más capacidad.



Figura 2. Carril de emergencia en el túnel de Badal. Barcelona

Los arcenes deben instalarse siempre a la derecha de cada sentido de circulación con el fin de permitir a los usuarios en situación de emergencia que hubieran tenido que abandonar su vehículo, alcanzar las instalaciones de seguridad o salir del túnel, quedándose fuera del gálibo lateral de circulación.

El arcén no estará separado de la calzada, en ningún caso, por un bordillo ni por cualquier otro dispositivo que supere esta altura. Tendrá los anchos mínimos que indiquen la normativa y recomendaciones vigentes.

Otro aspecto importante a tener en cuenta en el diseño del túnel urbano, casuística frecuente, sería el del perfil longitudinal, asociado principalmente, a un posible punto bajo. Este aspecto se deberá analizar detalladamente, además de diseñar las características del punto de bombeo, también se deberá estudiar detenidamente la conexión con la red de colectores existentes o de nueva creación y la capacidad de dichas redes con garantías de funcionamiento en situaciones “extraordinarias” (riesgo de inundación del túnel por fuertes lluvias y posible entrada en “carga” de la red de colectores adyacentes).

Diseño de las instalaciones para la evacuación y la protección de los usuarios

Las instalaciones para la evacuación y la protección de los usuarios constituyen unos elementos de seguridad esenciales. En los túneles urbanos estas instalaciones estarán previstas sistemáticamente y sus accesos dispuestos cada 200 metros; una distancia más baja se podría utilizar en los túneles frecuentemente congestionados que comporten más de tres carriles por sentido.

La elección de este tipo de instalaciones se tomará, de forma general, en función de los siguientes aspectos:

- Comunicaciones directas con el exterior cada vez que sean factibles en condiciones razonables.
- Comunicaciones entre túneles cuando existen dos tubos. Estas comunicaciones pueden realizarse por medio de un vestíbulo estanco.

Comunicaciones directas de los túneles con el exterior

Para los túneles cuya calzada se sitúe aproximadamente a menos de 15 metros de la superficie del suelo (la mayoría de los túneles urbanos), particularmente los tramos de falso túnel, las instalaciones para la evacuación y la protección de los usuarios y el acceso de socorro, se diseñarán comunicaciones directas con el exterior.

Únicamente accesibles a los peatones, estas comunicaciones deberán tener un ancho mínimo de 1,40 m y una altura de 2,20 m. Estarán separadas del túnel por un vestíbulo estanco de al menos 5 metros cuadrados de superficie al suelo. Las puertas tendrán un ancho mínimo de 1,00 m y una altura de 2 m y se abrirán todas hacia el exterior mirando desde el túnel. Las comunicaciones y vestíbulo estanco deberán permitir el paso de una camilla. Las dos puertas del vestíbulo estanco podrán abrirse simultáneamente para permitir el paso de dicha camilla.



Figura 3. Salida de evacuación al exterior. Túnel Sur M-30. Madrid.

Túneles dobles. En ausencia de comunicaciones directas al exterior

Las comunicaciones entre “tubos” pueden constituir una buena solución para la evacuación de los usuarios a condición de que una simple puerta no conduzca a salir del túnel donde tuvo lugar el incidente o accidente de forma directa a una vía del otro túnel (que podría estar todavía con la circulación abierta. Este tipo de comunicaciones se incluirán siempre que sea posible instalar un vestíbulo estanco de una superficie de, al menos, 15 m² entre los dos “tubos”.

Las comunicaciones destinadas a los peatones tendrán como mínimo un ancho de 1,80 metros para permitir además el paso de los equipos contraincendios y una altura de 2,20 m. Las puertas deberán permitir un ancho de paso de 1,40 y presentar una altura mínima de 2m.

Los puntos más relevantes de evacuación de los usuarios son, sin duda, las “bocas” de los túneles, y los más importantes como acceso para los vehículos de asistencia (bomberos, sanitarios, protección civil, etc...).

1.3. Estudio de la red viaria en los accesos al túnel

Se deberá estudiar el diseño de las vías de acceso al túnel (cruces o intersecciones semaforizadas o no), teniendo en cuenta sus características y capacidad. En caso de estar regulado por semáforos se deberá analizar su adaptación a una situación de “emergencia” (cambios de sentido del tráfico habitual y posibilidad de evacuar los

vehículos atrapados en el túnel a través de la existencia de calzadas laterales, por ejemplo), con la necesaria ubicación de pasos de mediana en los accesos al túnel, si es el caso, para realizar todo tipo de maniobras de “emergencia”.

Asimismo en las “bocas” de los túneles se deberá estudiar la implantación de sistemas de “control de accesos” y sistemas de cierre físico del túnel, con la utilización de elementos de balizamiento luminoso de “guiado” insertado en la calzada y sistemas de señalización informativa “oculta”, que ayuden a la gestión del tráfico en situaciones de emergencia.



Figura 4. Control de accesos a los túneles de la Ronda Litoral. Barcelona

Todos estos aspectos y demás sistemas “activos” en situación de emergencia, además de los mecanismos e instalaciones de seguridad que deben contemplar los túneles (centralizados en el correspondiente “Centro de Control de Túneles” y de “Gestión del Tráfico” del propio túnel y vías adyacentes), deberán quedar explicitadas en un “Protocolo” de gestión de las distintas actuaciones y niveles o grados de “emergencia” y a su vez recogidos en el necesario “Manual de explotación” del túnel.

1.4 Extracción de humos en situación “confort” y en situación de incendio

En función de la geometría, características y entorno de los túneles a diseñar, se puede considerar que una de las posibles soluciones para la ventilación en modo “confort” y con escenario de “incendio” dentro del túnel, sería la ventilación longitudinal, en el que el aire se desplaza en la misma dirección que la circulación de vehículos, combinado con varias extracciones/impulsiones transversales. Todos los ventiladores serán reversibles, pudiendo aportar aire fresco o extraer aire viciado y humos, según las circunstancias.

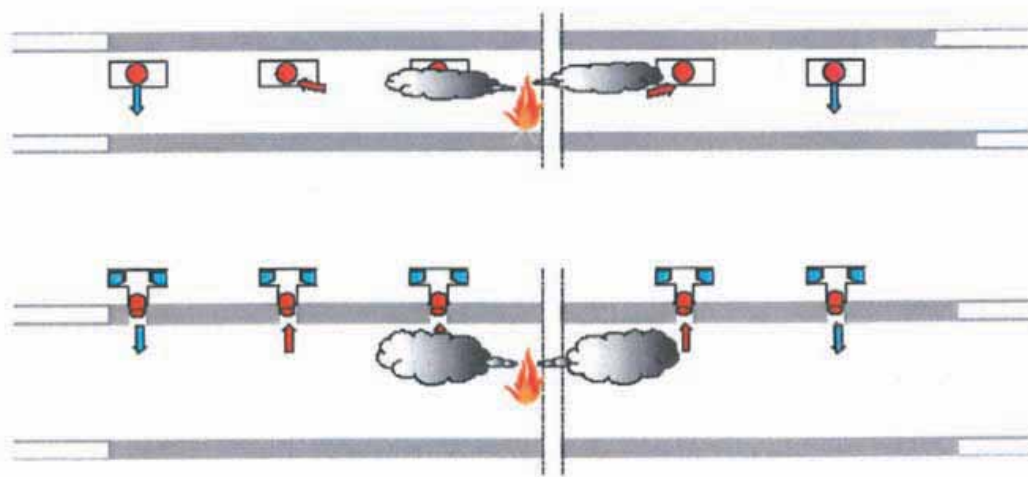


Figura 5. Escenario de incendio en el centro del túnel.

En condiciones normales de servicio el sistema de ventilación permanecería apagado y el aire circula en el túnel por el efecto “pistón” producido por los vehículos que circulan a lo largo del túnel. Si fuese necesario, se incluirían ventiladores de chorro reversible, instalados en la zona cenital del túnel.

Este posible sistema también podría ser compatible con una solución de diseñar huecos cenitales en el túnel (15x30m aproximadamente) y sacar gran parte del humo de forma “natural”.

El sistema de huecos cenitales tendría que ser coherente, necesariamente, con el diseño de la urbanización en superficie. Dicho sistema puede tener la desventaja, en zonas urbanas con edificaciones cercanas al túnel, de general una mayor contaminación (deterioro de la calidad del aire y aumento del ruido).



Figura 6. Huecos cenitales en los túneles de la Ronda Litoral (Zona Forum). Barcelona

Cuando se produce congestión en el túnel y se alcanza alguno de los límites de opacidad por concentración de humos, de concentración de CO o de óxidos de nitrógeno, el sistema de ventilación entra en funcionamiento. Así mismo, en situación de “incendio” se pone en funcionamiento el sistema de extracción/impulsión transversal.

Dichos sistemas de extracción, debido a las condiciones de entorno de los túneles, deben llevar incorporados silenciadores y filtros anticontaminación.

2. La contaminación atmosférica y acústica en el ámbito de los túneles

2.1. La calidad del aire

En los túneles viarios se enriquece el aire en el túnel con los gases de escape de los vehículos, así como con la abrasión de la carretera y la carga en suspensión de los vehículos con partículas y sustancias nocivas gaseosas, que salen con el aire del túnel por las “bocas” del mismo. En el entorno de dichas “bocas”, los valores límite de sustancias nocivas permitidos pueden superarse considerablemente, por este motivo se hace necesario una depuración del aire de salida del túnel y mantener bajas las concentraciones de sustancias nocivas para la salud a los habitantes próximos.

Una propuesta para mejorar la calidad del aire que sale de los túneles al exterior, podría ser la instalación de un sistema de “filtrado” (no requiere chimeneas en el exterior). El filtro estará constructivamente integrado en la obra general del túnel y no será apreciable desde el exterior

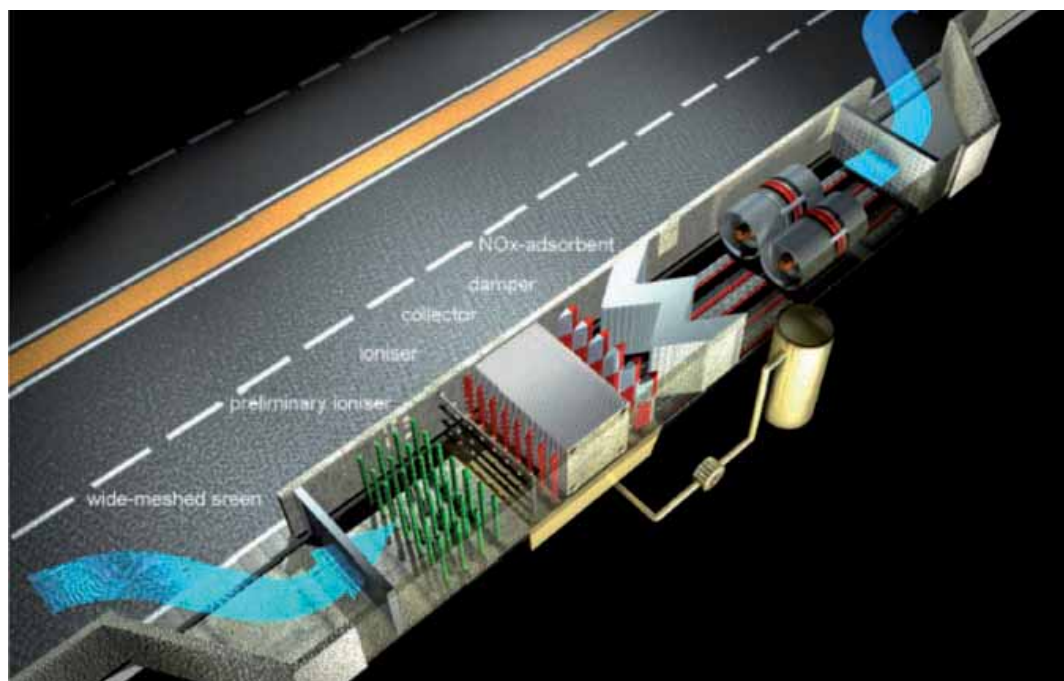


Figura 7. Esquema de un sistema de filtro de aire compacto

En túneles largos, con un sistema de “filtrado” también pueden cumplirse los valores límites permitidos de concentraciones de sustancias nocivas en los “tubos” del túnel sin un intercambio de aire.

El aire del túnel se depura a través del filtro montado en una derivación que posteriormente se alimenta de nuevo en los tubos del túnel. El montaje puede realizarse tanto en túneles de circulación en un sentido como en los de doble sentido.

Un sistema de “filtrado” de estas características mejora sustancialmente la limpieza del aire del túnel que se expulsa al exterior, toda vez que es capaz de retener casi el 90% de las partículas, absorbiendo además de manera significativa los gases contaminantes de los vehículos que circulan por dicho túnel.

2.2. Los niveles de ruido

El túnel urbano comporta una serie de ventajas acústicas ya que, “permite reducir considerablemente el número de personas expuestas al ruido,..”. Pero en cambio, “en los alrededores de las “bocas” del túnel los habitantes próximos reciben un ruido específico con un alto nivel y un tiempo de reverberación prolongado, que a menudo causa la impresión de un ruido más relevante”. Varios informes de la OCDE indican que el principal problema acústico, que presentan los túneles.(el problema del ruido en la entrada de los túneles) no ha recibido una atención adecuada. En cambio, el nivel sonoro en los accesos a los túneles es más elevado que en una vía a cielo abierto, y hay que alejarse al menos 50 o 100m de la entrada del túnel para encontrar un nivel normal de ruido.

Este nivel de ruido, como se ha demostrado en distintos estudios realizados, se puede atenuar forrando los muros del túnel con materiales absorbentes.



Figura 8. Boquilla de acceso al túnel de Badal. Barcelona

Igualmente, se considera relevante el ruido que se produce en las proximidades de las “bocas” de los túneles, dado que en el interior de los mismos se reverbera el ruido generado, tendiendo a salir en aumento hacia el exterior por las rampas. Además, en estas últimas se produce otro fenómeno de reflexión en las paredes, llamado “efecto tolva”, que también hace aumentar los niveles de ruido que se perciben en el entorno de los accesos a los tramos cubiertos. Sin duda, las actuaciones para la protección acústica de los túneles urbanos se han de centrar en unos tratamientos que compensen estos incrementos acústicos que se concentran a las proximidades de las “bocas” de los mismos, proponiendo soluciones “imaginativas” y con una buena integración en su entorno.

3. Control y gestión de los túneles

El aspecto primordial de un eficaz Control y Gestión de los túneles radica en la coordinación y centralización de todos los “Sistemas de Seguridad” del túnel, además de la “Gestión del Tráfico” en su área de influencia.

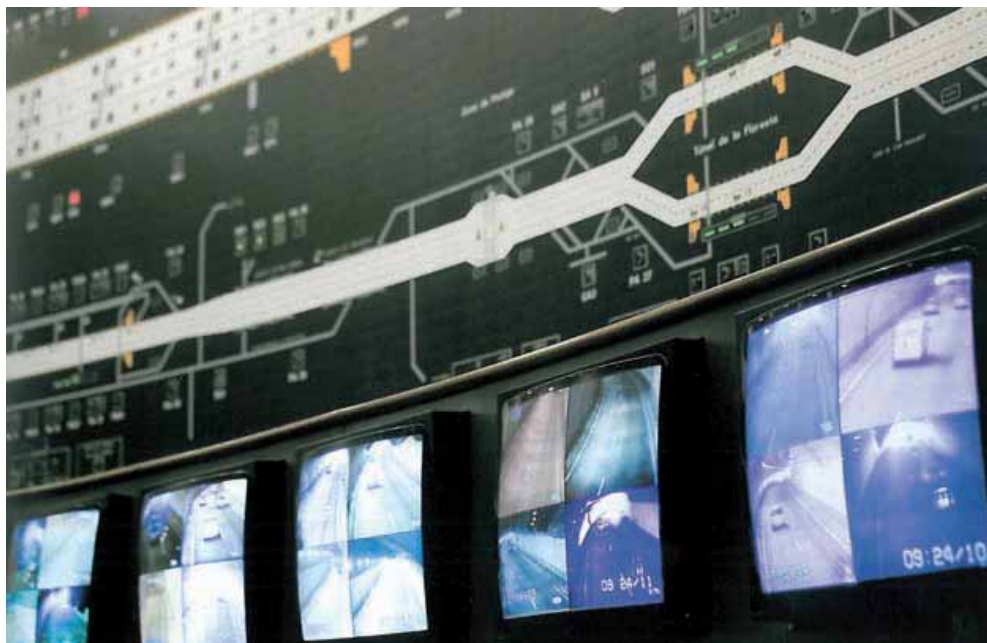


Figura 9. Centro de control de los túneles de Vallvidrera. Barcelona

3.1. Propuesta de un modelo de gestión de túneles urbanos

La gestión de Túneles, entendida como Mantenimiento y explotación, representa todas las actuaciones que han de realizarse para asegurar su funcionamiento en condiciones de uso normal y en los casos de incidencia, pequeños o graves. Sólo las competencias Policiales y Sanitarias podrían estar excluidas.

El criterio que se debe perseguir es el de la unificación en un solo equipo de todas las actividades de funcionamiento, facilitando una inmediata y coordinada respuesta en caso de emergencia.

Las referencias existentes, en España y en nuestro entorno cultural, de Gestión de Túneles, van encaminadas en este sentido. Crear organizaciones dependientes de la máxima Autoridad que unifica todos los aspectos que se deriven de su gestión, con profesionales cualificados para su función, y con los medios específicos que requiera la intervención, en ocasiones, en situaciones de muy alto riesgo (en el caso por ejemplo de incendios).

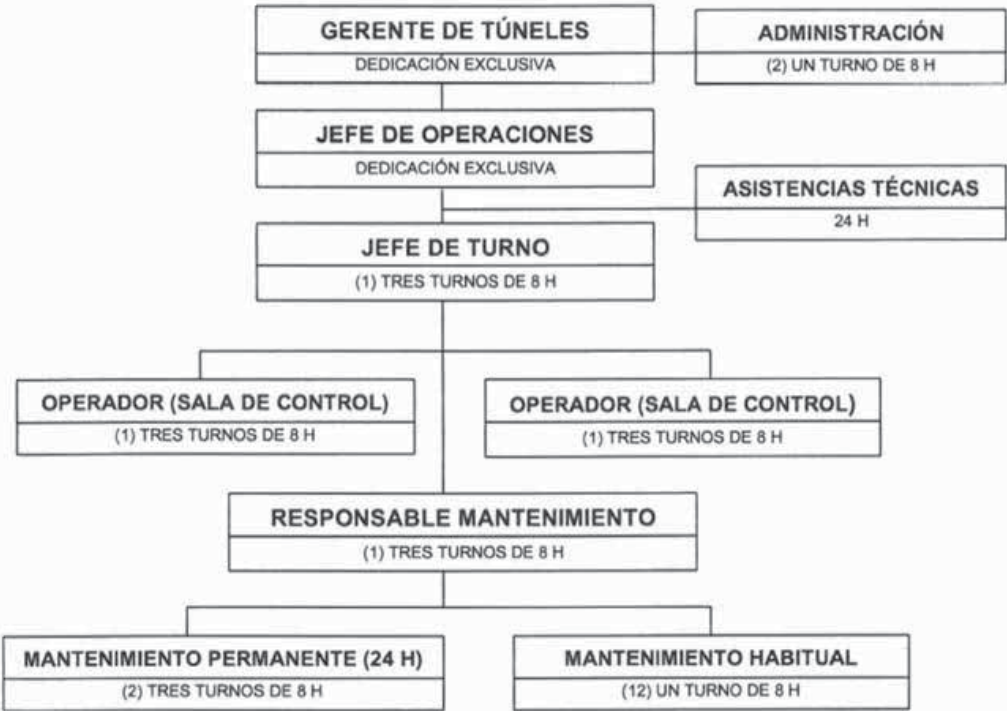
El modelo de gestión deberá contemplar un sistema unificado que asuma todas las competencias de los diferentes organismos competentes en los túneles urbanos (distintos departamentos municipales, control del tráfico...).

Su gerente como máximo responsable, debe depender directamente de la máxima Autoridad Municipal por razones operativas en momentos de crisis. Esta Gerencia de Túneles, debería estar programada orgánica y funcionalmente para además de asumir los túneles existentes en la ciudad, también los de posible creación en el futuro.

Toda la Gestión de Túneles debería estar sometida a Auditorias Técnicas sistemáticas, que aseguren el correcto funcionamiento de equipos, sistemas y procedimientos, evaluando el coeficiente de seguridad global de cada túnel.

A continuación se incluye un posible organigrama de una Gerencia de Túneles, basada en la experiencia de varias Administraciones y con un dimensionamiento tipo para ciudades que contemplen varios túneles en su red viaria.

EJEMPLO DE ORGANIGRAMA DE
GERENCIA DE TÚNELES



PERSONAL ASIGNADO (JORNADA DE 8 H)	
GERENTE DE TÚNELES	1
JEFE DE OPERACIONES	1
JEFE DE TURNO	5
OPERADOR	10
RESPONSABLE MANTENIMIENTO.....	5
MANTENIMIENTO PERMANENTE	10
CONTRATO EXTERNO DE MANTENIMIENTO	15
ADMINISTRACIÓN.....	2
TOTAL	49