

PRIMERA OBRA DE ADAPTACIÓN DE TÚNELES EN CARRETERAS DEL ESTADO: LORCA

D. Juan José Díaz Navas
Probisa

Introducción

Los túneles de Lorca son 2 tubos unidireccionales con los que la A-7 “Autovía del Mediterráneo”, a la altura del pk 593, salva la montaña donde se asienta el Castillo de Lorca. Estos túneles periurbanos tienen unos 940 m en sentido Almería (túnel I, construido en 1988) y unos 560 m en sentido Murcia (túnel II, finalizada su construcción en 1993). La autovía A-7 forma parte de la red transeuropea de carreteras (TERN) y soporta una intensidad media diaria (IMD) de más de 33.000 vehículos/día (datos de 2007) a su paso por estos túneles. Se permite la circulación de vehículos con mercancías peligrosas.

Antecedentes

- Con fecha 22 de Mayo de 2002 se aprueba la Orden de Estudio para la redacción del proyecto: “Acondicionamiento de túneles, galerías de comunicación y equipamiento complementario de los túneles de Lorca. N-340, p.k. 593”, de clave:52-MU-10101.
- Con fecha 17 de Diciembre de 2003, se aprueba el proyecto de las obras, con un presupuesto de 6.182.019,89€.
- El 29 de Abril de 2004 se publica la Directiva 2004/54 del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre requisitos mínimos de seguridad para túneles de la red transeuropea de carreteras.

- Con fecha 10 de Octubre de 2005, se aprueba el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares para la contratación de las obras por el sistema de concurso.
- En abril de 2006, el RACE publica un estudio sobre túneles a nivel europeo en el que se pone de manifiesto que, dada la antigüedad de los túneles de Lorca, los equipamientos han de ser renovados, modernizados y complementados, y ha de adaptarse a la normativa en vigor, otorgándole una calificación negativa.

En cualquier caso, el informe destacaba algunos puntos fuertes como el adiestramiento del personal de centro de control, la potencia de los ventiladores en caso de incendio y la videovigilancia permanente. El otro túnel peor valorado, dentro de los 8 analizados en España fue el de Rovira, de una antigüedad significativa, como Lorca. En total fueron estudiados 52 túneles ese año, en toda Europa.

- El 27 de mayo de 2006 se publica en el BOE la transposición de la Directiva europea, es decir, el RD 635 sobre requisitos mínimos de seguridad para túneles de la red de carreteras del Estado.
- En enero de 2007, El Ministerio de Fomento, adjudicó a la UTE PROBISA TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN S.A., OBRAS SUBTERRÁNEAS S.A, MURTRAFIC S.A Y ELECTROMUR S.A, el proyecto de “Acondicionamiento de túneles. Galerías de comunicación y equipamiento complementario de los túneles de Lorca”, por un presupuesto de 5,25 millones de euros.
- En Febrero de 2008, se aprueba una modificación del proyecto para adaptarlo a las exigencias del RD 635/06



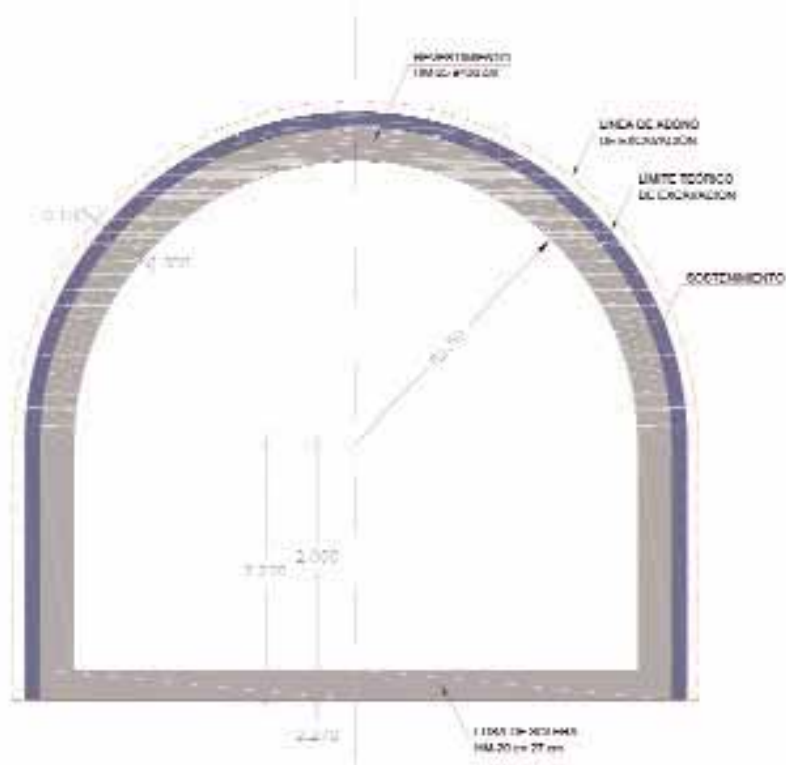
Boca de galería sur a cielo abierto

Dificultades más importantes a priori

- Tráfico importante: Más de 33.000 veh/día. Restricciones en los horarios de trabajo y optimización de secuencias de trabajo para no afectar al usuario. Tráfico de vehículos especiales y dificultad de rutas alternativas eficientes.
- Túneles existente con dimensiones muy reducidas. Anchura máxima de 10,50 m (incluido arcones y aceras) y gálibo de 5.20 m y 5.42 m
- Túnel enclavado junto a un barrio de Lorca y necesidad de empleo de método mixto, minivoladuras y medios mecánicos.
- Necesidad de universalidad de las instalaciones y compatibilidad con las antiguas, algunas de empresas ya desaparecidas (Sintel)
- Adaptación a las normativas en vigor y de reciente publicación, con las consiguientes modificaciones y congelación de actividades que implicaban.

Desarrollo de las obras

Las obras tenían por objeto la construcción de dos galerías de comunicación y la ampliación de los equipamientos y centro de control de los túneles de Lorca.



Esquema del sostenimiento de las galerías

La actuación inicial contemplaba la construcción de dos galerías de comunicación entre los túneles con forma de bóveda semicircular de 2,5 m de radio, sobre unos hastiales de una altura de 2 m, y unas longitudes de 193 m para la galería Norte (entre los 2 tubos), y de 149 m para la galería Sur (entre el túnel I y el cielo abierto), respectivamente. Para el sostenimiento se utilizaron cerchas, bulones y gunita. Se impermeabilizaron y se revistieron con hormigón en masa en espesor de 30 cm de media.



Avance del sostenimiento con cerchas, bulones y gunitado



Impermeabilización

Además se dotaba a las galerías de las siguientes instalaciones:

- Protección contra incendios: Se instalaban cuatro ventiladores reversibles en la galería norte y dos no reversibles en la sur, así como compuertas motorizadas cortafuegos. Además, contaría con señalización fotoluminiscente de evacuación, líneas de guiado realizadas con pintura fotoluminiscente y paneles dinámicos para emisión de mensajes variables en los accesos a las galerías.
- Instalación eléctrica, mediante la que se instalaba alumbrado fluorescente normal y de emergencia y un “Alumbrado de balizamiento para guiado de emergencia en caso de incendio”.
- Señalización luminosa y control de accesos.
- Circuito cerrado de televisión con cámaras de video fijas y emisores de video.
- Megafonía.
- Colocación de postes SOS.



Galería en ejecución (fase final)

Por otro lado, en **los túneles** se ampliaban las siguientes instalaciones:

- Protección contra incendios: Extintores portátiles y una red interior de bocas de incendios, complementados por una red de pulsadores, distribuidos por todo el túnel, y su correspondiente grupo con depósito de agua. Además se instalaba una señalización de tipo fotoluminiscente para la mejora de la seguridad en caso de incidente.

- Instalación eléctrica: Se contemplaba la ampliación de los centros de transformación existentes, la construcción de Salas Técnicas para la ubicación de los Equipos y Cuadros eléctricos y de control, y la instalación de 3 equipos S.A.I..
- Sistema de Aforos, mediante espiras. Posteriormente se incorporó al proyecto un sistema de Detección Automática de Incidencias (DAI).
- Señalización luminosa y control de accesos: Se dispondría entre otros sistemas, de unidades de control de alumbrado.
- Megafonía, para informar desde el centro de control en remoto
- Circuito Cerrado de Televisión, con cableado de fibra óptica, cámaras de video fijas, emisor de video y centro de control.
- Fibra Óptica.
- Sistema de Control: Se modificaba por completo el existente, convirtiéndolo en un sistema abierto para facilitar posibles ampliaciones y reparaciones. Con sistema Videowall con 16 salidas.
- Ventilación: Se proyecta el montaje de cuatro nuevos ventiladores en el túnel II.



Centro de control - videowall)



Cámara estanca en galería con ventiladores

El cableado, en contra de lo que se proponía en un principio en el proyecto por estar redactado antes de la entrada en vigor del Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto por el que se aprobaba el “Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión”, se colocó con características de resistencia al fuego (AS+), y no sólo “no propagador del fuego” (AS). Esto requirió una segunda modificación del proyecto inicial.

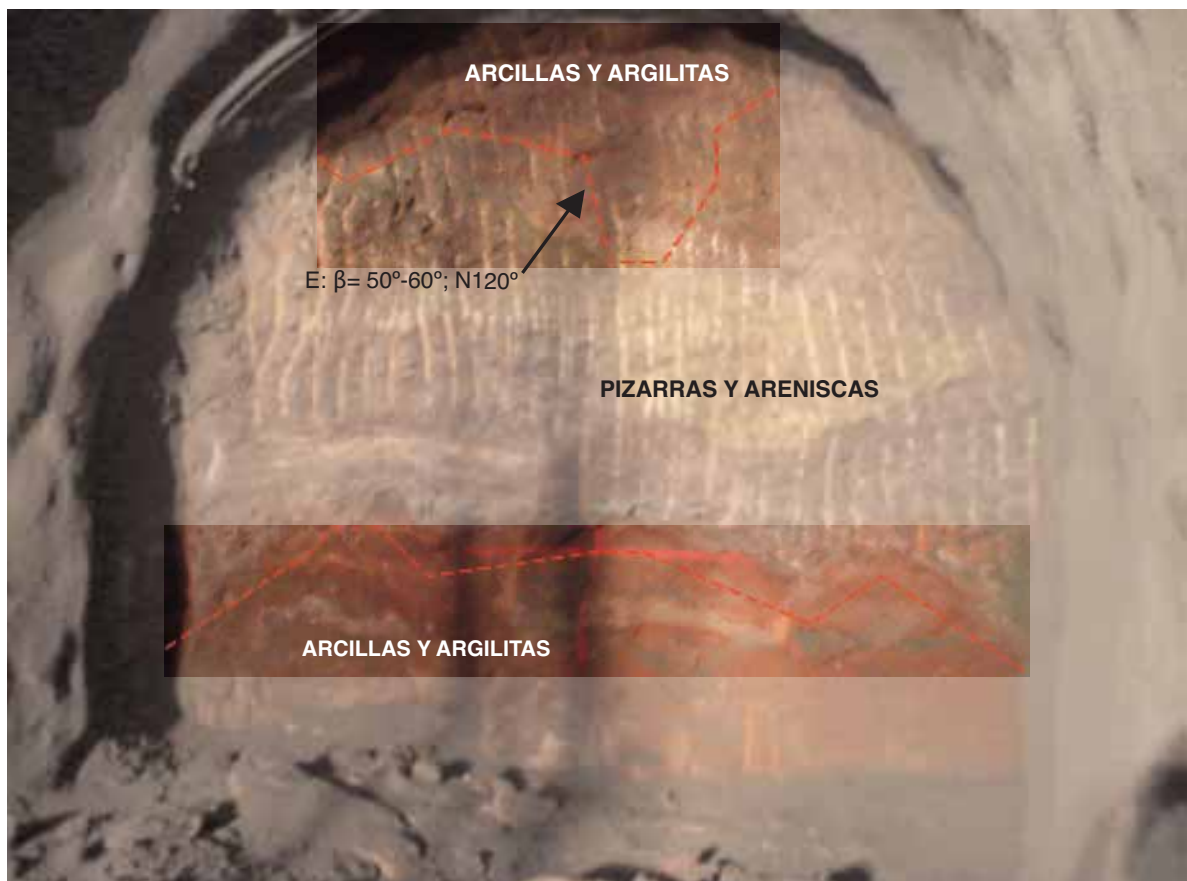


Vista del túnel después de las obras

Particularidades de la actuación

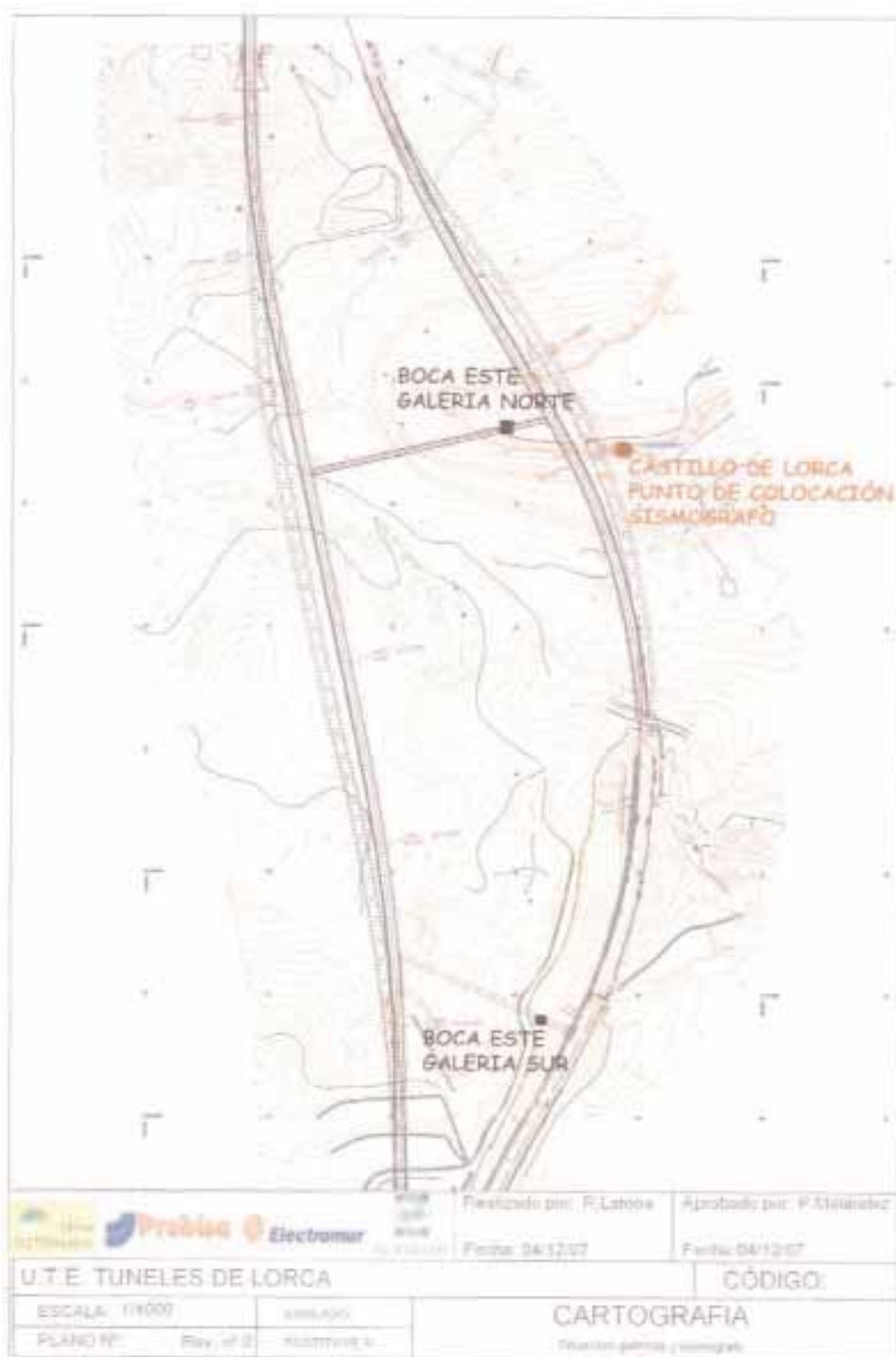
Las obras comenzaron a finales de marzo de 2007, si bien para no afectar al usuario de la autovía, se ralentizaron los mismos en los meses de verano y durante las semanas de fiestas navideñas, épocas con mayor tráfico. Además, los trabajos que necesitaban corte total de alguno de los túneles, se realizaban durante la noche, en las horas valle de la intensidad del tráfico. Durante el día y en ocasiones, se mantuvo sólo unos de los carriles cortados según las necesidades de ejecución de la obra, pero siempre evitando retenciones al tráfico.

Para aumentar la rapidez de los trabajos y acortar en lo posible los plazos de la obra, y ante la heterogeneidad del material a excavar se utilizó un método mixto de excavación, consistente en medios mecánicos y minivoladuras, tal y como se ejecutaron los túneles primitivos.



Vista del frente de excavación

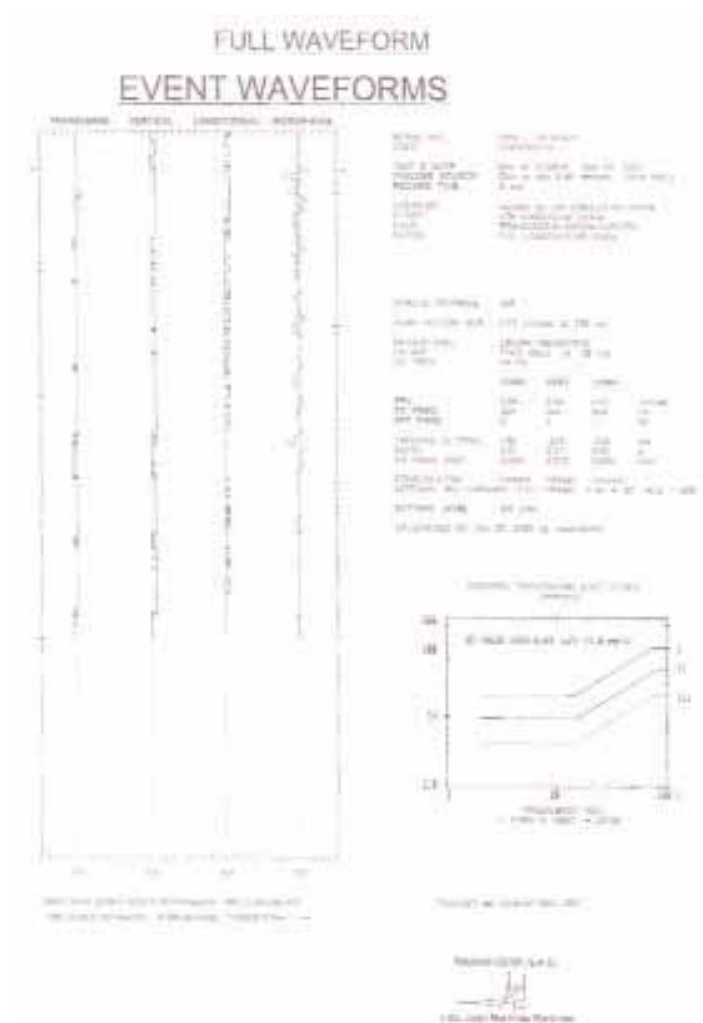
Estas minivoladuras se prolongaron por espacio de 4 semanas, hasta el cese de las dos galerías y estuvieron permanentemente controladas mediante detonadores no eléctricos, usando retardos para amortiguar las vibraciones, y controladas éstas mediante sismógrafo.



En relación a esto, se ha de hacer notar que según las normativa, y al ser un bien de interés cultural el Castillo de Lorca, se dispuso uno de estos aparatos junto a sus muros, estando todos los resultados ampliamente por debajo de los valores umbrales que marca la UNE 22.381-93 “Control de vibraciones producidas por voladuras”, el Reglamento de Explosivos aprobado por RD de 12 de Marzo de 1998 y el Reglamento de Normas Básicas de Seguridad Minera.



Sismógrafo

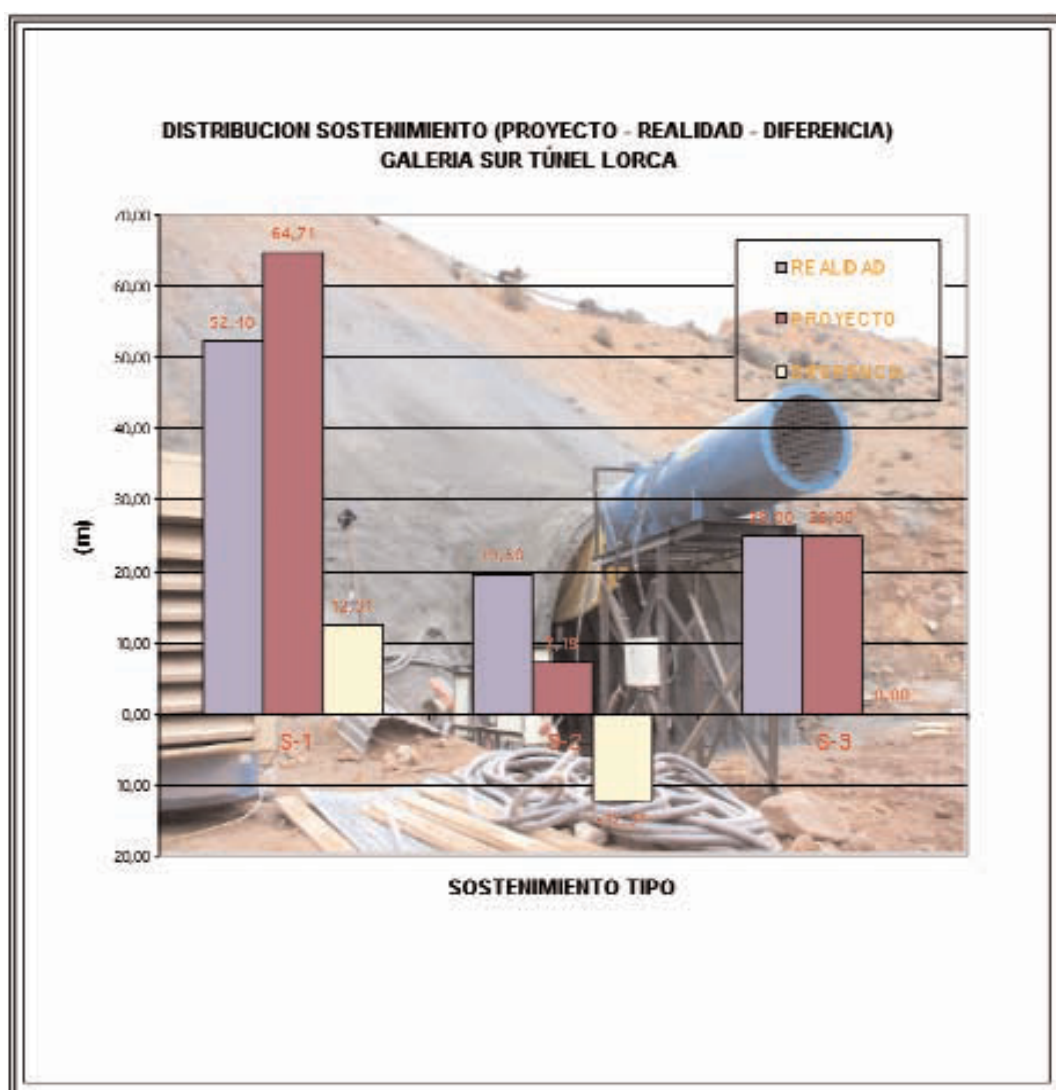


Informe de oca sobre vibraciones

Por la proximidad de viviendas a las bocas de los túneles, se empleó la técnica del micro retardo, que permitía distribuir el explosivo en sucesivas voladuras, mucho más pequeñas, y desfasadas entre sí unos milisegundos.

Por la naturaleza de la obra y la secuencia de ejecución, había que decidir sobre el terreno, en base al frente que resultara en cada momento, el sostenimiento que se colocaba. Esto hizo que se variara la tramificación teórica del mismo y la cantidad prevista según el intervalo.

	PROYECTO		REALIDAD	
	% TIPO	LONGITUD (m)	% TIPO	LONGITUD (m)
SOSTENIMIENTO	66,78 % tipo S-1	64,71 m	54,08% tipo S-1	52,40 m
	7,42 % tipo S-2	7,19 m	20,12% tipo S-2	19,50 m
	25,80 % tipo S-3	25,00 m	25,80 % tipo S-3	25,00 m



El tráfico propio de estos túneles y la importancia estratégica en cuanto a los recorridos que tiene esta autovía, ha hecho que la inmensa mayoría de actuaciones se haya producido en horario nocturno, con la coordinación que esto requiere a nivel de suministros, eficiencia en salidas y entradas a los túneles en los horarios de by.pass (y economías de tiempo en ello), y sobre todo, la combinación de actividades para no interferir unas con otras, en tiempo o logísticamente.



COolocación de ventiladores

Las dimensiones de las galerías provocaron que el carro de encofrado del revestimiento de las mismas fuera fabricado expresamente para esta obra, y el montaje de éste se haya producido dentro de las propias galerías.

El carro consistió en dos módulos de 5 m cada uno, de unos 6.250 kg de peso, que se acoplaba sobre los muros de 2 m levantados por encofrado tradicional. Tenía los lógicos vibradores en nicho y al estar una de las galerías, con un esviaje considerable, la puesta del extremo de esa galería fue especialmente arriesgada y dificultosa, y constituyó uno de los momentos en que más presentes se hicieron las exiguas dimensiones de los túneles primitivos a la hora de trabajar.



Carro de encofrado



Última puesta de revestimiento de hormigón en galería sur

En cuanto a las instalaciones, lo más relevante fue conseguir que, a la vez que los protocolos de comunicaciones de los diferentes equipos fueran abiertos para integrarlos en los sistemas de control de los túneles, también fueran compatibles con los actuales, particularmente con equipos de empresas ya desaparecidas o con software obsoleto (Postes SOS, DAI, Protección contra incendios, señalización de accesos, etc). Se optimizó la ingente cantidad de cableado a instalar, también fuera de los túneles, hasta llegar a los pórticos de señalización y detectores de gálibo, implantando los tubos y cables en las medianas jardineras de la autovía, en lugar de ir por la berma de la misma, donde existían unas dificultades mayúsculas (terraplenes importantes, reposiciones o instalación de nueva barrera y el peligro de seccionamiento) y unas afecciones muy significativas con el gas, por ejemplo.



Canalizaciones por mediana

Sin duda, los trabajos más dificultosos de la actuación resultaron ser los de ejecución del sistema de drenaje de líquidos tóxicos e inflamables. A nivel de diseño, las limitaciones geométricas del ancho de los tubos condicionaban que las arquetas sifónicas cortafuegos del sistema, no fueran de unas dimensiones demasiados grandes, para intentar no ocupar espacio de rodada en el carril; por otra parte, si las arquetas tenían un tamaño reducido, habría que situar más cantidad, puntos críticos en la capacidad portante de la plataforma. En cuanto a la profundidad del dren, existía el hándicap de no poder debilitar longitudinalmente la contrabóveda de los túneles, si bien puntualmente se picaba parte de ésta para la ejecución de las arquetas. Por último, al no ser túneles de trazado rectilíneo, existía un peralte variable, y por tanto,

o bien se cambiaban las pendientes transversales, o bien se implantaba el drenaje de tóxicos a ambos lados, según cuál fuera en cada momento el margen al que desembocaban las aguas, lo que implicaría un cruzamiento de la canalización y el consiguiente corte, eso sí, perpendicular, de la contrabóveda.

Finalmente se dispusieron 10 y 8 arquetas, separadas entre sí 100 m, en los túneles I y II, respectivamente, según los cálculos hidráulicos efectuados.

En cuanto a la ejecución, lógicamente y como límite máximo para dejar la calzada



Ejecución de drenaje de tóxicos (fase inicial)

totalmente libre el fin de semana, existía un horizonte de 5 días laborables para avanzar el tajo. Ante las dificultades de que ninguna casa de prefabricados de caces garantizase totalmente la resistencia al movimiento constante y dinámico a la velocidad de paso, de vehículos pesados, se consideró la opción de hacer un caz in situ, con encofrado perdido de tubería de PVC anclada a la zanja excavada en hormigón mediante omegas de acero, y posterior relleno de hormigón HA-25 de alta resistencia inicial con fibras, con una altura libre mínima de 5 cm en la ranura del caz (moldeada ésta con madera). Amén de la dificultad en la realización de los cruces con los túneles en servicio (y el periodo mínimo que tenía que tener el hormigón para que alcanzara una resistencia adecuada), hubo dificultades a la hora de emplazar las arquetas (prefabricadas, de más de 6.000 kg de peso y dimensiones 3x1x1 m), y cómo hacer éstas registrables, dando continuidad a la acera, sin crear esquinas que producirían inseguridad vial.

Además, la cota de la acera debía ser constante por la misma razón, por lo que se hormigonaron solidariamente a las tapas de las arquetas, unos suplementos con asas pretensadas que servían para igualar la cota de la acera en los lugares donde se situaban las arquetas y así seguían siendo registrables (mediante grúa autocargante, desde luego).

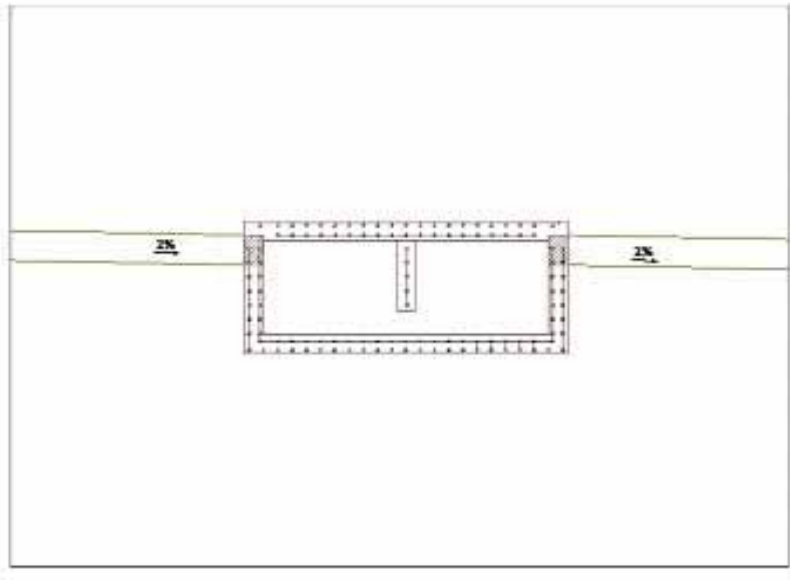


Ejecución de drenaje de tóxicos (fase arquetas)



Ejecución de drenaje de tóxicos (fase final arquetas)

Finalmente, reseñar la dificultad del desagüe por gravedad de los primeros metros de la canalización después de cada arqueta, en caso de llenarse la misma.



Esquema de arquetas



Drenaje de tóxicos después de las obras

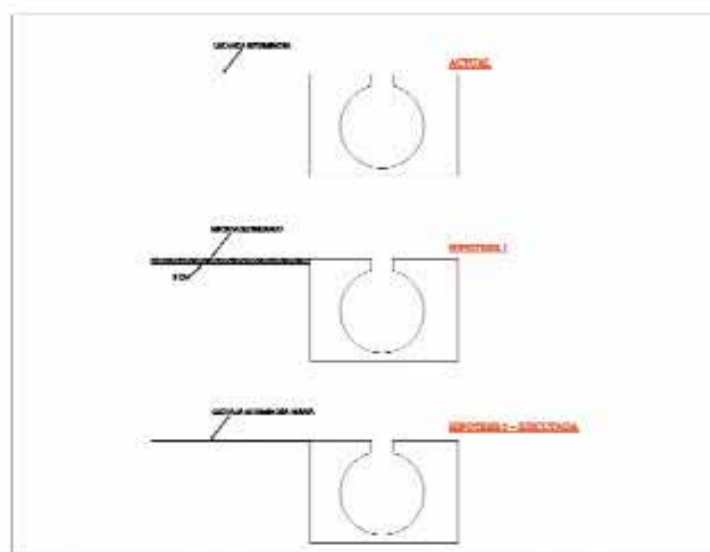
Del mismo modo se implantó la mensajería por radio a los usuarios en caso de emergencia, si bien no se estaba obligado por normativa al no existir canal de radiocomunicación en los túneles, si bien, el paso de mercancías peligrosas y la alta IMD así lo aconsejaban.

Asimismo, ha sido renovada la pavimentación mediante lechada bituminosa, con el fin de aumentar el rozamiento de los vehículos y permitir mejor adherencia.



Extendido de lechada bituminosa

Además del fin perseguido, esta era la solución más compatible con la nueva instalación del sistema de drenaje de líquidos tóxicos e inflamables, puesto que un fre-sado (necesario por la limitación del gálibo existente) y posterior reposición de mezcla bituminosa abierta (microaglomerado), hubiera creado un problema en la salida del hipotético vertido.



Esquema de posibilidades para el drenaje y la capa de rodadura

Los pasos de mediana más cercanos a los túneles, que habitualmente se usan para desvíos de tráfico nocturnos cuando hay que realizar auscultaciones (convergencias, medición de células de presión, etc), han sido dotados con pasos de mediana móviles, lo que acorta el tiempo de maniobra, y otorga una rapidez a una posible actuación de emergencia tendente a liberar de tráfico uno de los tubos.

También se ha dotado a los túneles de un revestimiento reflectante en una banda de 2 m de altura por hastial, mediante pintura cerámica de 2 componentes, con una retrorreflectancia del 78%.

Dentro de las instalaciones, se ha considerado adecuado complementar todos los equipos e instalaciones mencionados anteriormente con la adecuación de las explanadas de las bocas de los túneles, mediante la construcción de dos helipuertos, uno en cada boca. Estos fueron sometidos a pruebas de aterrizaje con éxito y son instalaciones que tendrían una gran utilidad en caso de emergencia.

Otra nota significativa es el uso que se dio a los grupos electrógenos que quedaban obsoletos con la renovación de los mismos mediante la obra, siendo éstos cedidos a otros organismos públicos.

Actualmente se está implantando cobertura de telefonía móvil en estos túneles por parte de los operadores más importantes.

Se está en fase de aprobación del Plan de Autoprotección, que recoge las nuevas instalaciones, y se está planificando un simulacro para prueba con nuevos elementos.

Conclusiones

- Evitar en la medida de lo posible el trazado de galerías esviado en relación a los túneles principales.
- Es deseable que las galerías tengan dimensiones estandarizadas
- Se desaconseja el revestimiento del hormigón en este tipo de galerías.
- Las instalaciones deben ser abiertas y compatibles al resto de fabricantes en cuanto a repuestos. Los proveedores especialistas en los equipos pueden dar alternativas realmente adecuadas, más que en obras generalistas.
- Considerar seriamente la posibilidad de limitar el paso de mercancías peligrosas en un túnel que esté habilitado para ello, si el trazado y la ejecución del drenaje de tóxicos no está clara.
- Es tópico, pero cobra una extrema importancia en una obra de este tipo, la planificación de los trabajos y su compatibilidad, y los planteamientos previos en cuanto a normativa de referencia actualizada.