

Ampliación de capacidad de la autopista A-6/AP-6 entre Las Rozas y San Rafael



Túneles de Guadarrama.
Boca norte.

Rafael Pérez Arenas, Director de Construcción; y Santiago Rodón Ortiz, Coordinador de la Oficina Técnica, de Castellana de Autopistas, S.A.C.E.

La Autopista A-6/AP-6, de Madrid a La Coruña, es el eje vertebrador de las comunicaciones por carretera que unen el centro de España con Castilla y León, Asturias y Galicia. El día 29 de marzo se puso en servicio el tercer túnel de Guadarrama de la AP-6, después de unos dos años y medio de obras y más de siete años de tramitación, desde que en noviembre de 1999 fuera adjudicada la concesión de las autopistas AP-6 – Segovia (AP-61)

y AP-6 – Ávila (AP-61) a la sociedad Iberpistas, dentro de la cual se contempla esta obra. Con la puesta en marcha del nuevo túnel y de sus accesos, que conforman la denominada tercera calzada de la AP-6, se culmina la primera fase de las obras de ampliación de la autopista A-6 /AP-6 entre Las Rozas y San Rafael. A partir de ahora, se amortiguarán de manera notable las importantes retenciones que se vienen padeciendo en esta autopista durante los retornos de fines de semana, festivos y puentes.

Las obras han sido, además, objeto de varias visitas enmarcadas en distintos congresos y acontecimientos, como la efectuada en noviembre

de 2006 por el Consejo General de la AIPCR dentro de la reunión anual celebrada en Madrid.

Descripción general de la actuación

La autopista de peaje AP-6 une las localidades de Villalba (a unos 40 km de Madrid) y Adanero, en la provincia de Ávila, totalizando 69,6 km. Desde los inicios de la concesión, a principios de los años 70 del pasado siglo, hasta hoy, la evolución de los tráficos en todo el corredor ha evolucionado en uno u otro sentido; pero, sobre todo, con importantes crecimientos porcentuales en los pri-

Autopistas de Peaje

meros años de la misma, así como entre finales de los años 80 y 90, dando lugar a finales de estos años al inicio de problemas de congestión por agotamiento de la capacidad, sobre todo en el primer tramo entre Villalba y el enlace de San Rafael, tramo en el que se incluyen los túneles de Guadarrama. Esto motivó que Iberpistas, al presentarse en julio de 1999 al concurso de la concesión de dos nuevas autopistas de peaje entre la AP-6 y Ávila (AP-51) y la AP-6 y Segovia (AP-61), propusiera varias alternativas en las que se aportaba para la mejora del corredor, la ampliación de la autopista A-6 (tramo libre de peaje) entre Las Rozas y Villalba, de tres a cuatro carriles por calzada, y de la autopista de peaje AP-6 en el referido tramo entre Villalba y el enlace de San Rafael.

Este último caso suponía una actuación más singular, ya que, aunque en un primer tramo se trataba de la ampliación de calzadas de dos a tres (y posteriormente a cuatro) carriles, se consideró absolutamente imprescindible la construcción de un tercer túnel bajo la Sierra de Guadarrama. Como es lógico, esta actuación implicaba la ejecución de unos nuevos accesos independientes al nuevo túnel, y la consideración de explotar la nueva infraestructura aprovechando la presencia de tres calzadas en un tramo de unos 13 km de manera que una de ellas (la que hasta el pasado 29 de marzo soportaba el tráfico en sentido a Madrid) fuera acondicionada para su funcionamiento en reversible, según las condiciones del tráfico en los distintos periodos diarios o semanales. Posteriormente, y a raíz de la intensa reforma de los requisitos de seguridad en los túneles carreteros que las distintas Administraciones, y muy especialmente en el caso de los países europeos, han llevado a cabo como consecuencia de importantes accidentes en túneles de gran longitud, el proyecto de construcción del nuevo túnel sirvió para plantearse y diseñar un proyecto de seguridad integral

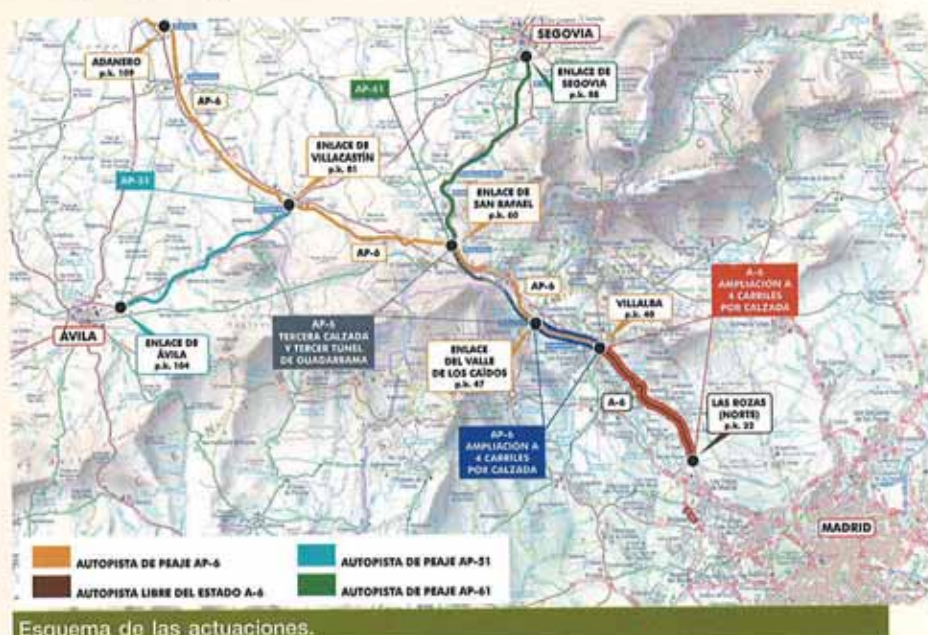
para los tres túneles de la AP-6.

La actuación en la autopista A-6 / AP-6 se dividió en tres tramos:

■ La ampliación a un cuarto carril por calzada entre el enlace de la M-50 (Las Rozas-Norte) y el enlace con la M-601 (Villalba), entre los pp.kk. 22+200 y 40+100. La longitud total de las ampliaciones ha sido de unos 14 km por mediana, otros 13 km, por el exterior, entre las calzadas principales y las vías de servi-

■ La ampliación, de dos a cuatro carriles, entre Villalba y el enlace del Valle de los Caídos entre los pp.kk. 40+100 y 46+981. El trazado se ha ajustado al existente, realizándose las ampliaciones principalmente por el exterior.

■ La construcción de una nueva calzada y un nuevo túnel bajo el puerto de Guadarrama, entre el enlace del Valle de los Caídos y el enlace de San Rafael, incluyendo la



cio, y unos 8 km de transiciones. Como actuación singular, hay que señalar que, en el tramo comprendido entre el p.k. 32+300 y el p.k. 33+600 (curva de La Berzosa), la calzada en sentido a La Coruña ha sido ensanchada por el exterior desplazando el conjunto de carriles todo lo posible para mejorar las condiciones de visibilidad actuales, alejando el carril interior del muro existente en la mediana que separa ambas calzadas. Esto ha mejorado sensiblemente las condiciones de seguridad de la autopista en este tramo. Además uno de los pasos superiores (concretamente el emplazado en el p.k. 38+600, que conecta ambas vías de servicio), fue mantenido mediante el desplazamiento de uno de los apoyos, ampliando así el vano correspondiente a la calzada en sentido a Madrid. Esta obra se puso en servicio en diciembre de 2005.

ampliación del área semitroncal de peaje, pasando de las 9 vías preexistentes a las 23 con las que cuenta en la actualidad, de las cuales 12 son operadas para cobro manual, 5 para cobro automático mediante tarjeta de crédito en exclusiva, y 6 dotadas de sistema de cobro mediante telepeaje, dos de ellas multicategoría. Este tramo se desarrolla entre los pp.kk. 46+981 y 60+246. Además, se contempla también la adecuación de la que hasta hace poco ha sido la calzada en sentido a Madrid para su operación en reversible. La actuación puesta en servicio ha consistido en la prolongación de la ampliación de dos a cuatro carriles en ambas calzadas hasta el km 49 de la autopista (a 2 km del origen), donde se emplaza el distribuidor de tráfico sur, que permite el paso de dos a tres calzadas, y viceversa, y a partir de ese punto y hasta el p.k. 59 aproxi-

madamente, la construcción de la nueva calzada, con el nuevo túnel entre los pp.kk. 53+296 y 56+444. Justo antes de llegar al área de peaje de San Rafael se emplaza el distribuidor de tráfico Norte.

El primer tramo está incluido en la autopista libre de peaje (A-6) entre Madrid y Villalba, mientras que los otros dos se integran en la autopista de peaje AP-6, Villalba-Adanero.

El tercer túnel se ha proyectado con sección transversal de tres carriles de 3,5 m y arcenes de 1 m. La boca Sur se sitúa al suroeste de la entrada del túnel 2 (en sentido a La Coruña), manteniéndose los trazados de ambos túneles paralelos hasta que cruzan sobre el túnel 1 (en sentido a Madrid). A partir de aquí, el nuevo túnel, de 3004 m de longitud en mina, 144 m de falso túnel y pendiente máxima del 1,9%, se mantiene entre los dos túneles existentes, lo que posibilita la disposición alternada de galerías auxiliares de seguridad (también denominadas de escape o de emergencia) de vehículos y peatones. Se han proyectado 13 galerías auxiliares de seguridad, que unen el nuevo túnel, 3 con los túneles 1 y 2 y una más que une los dos túneles actuales. El conjunto de galerías suma una longitud total de 2211,38 m.

Durante la fase preliminar del proyecto se realizó un estudio de seguridad integral del conjunto de los tres túneles, siguiendo los criterios recogidos en las distintas recomendaciones estudiadas, muchas de ellas desarrolladas en países de nuestro entorno, que dio como resultado la determinación de las instalaciones del nuevo túnel, las necesidades de renovación y mejora de los dos túneles actuales y el esquema finalmente adoptado para las galerías de auxiliares que unen los tres túneles.

En el esquema funcional propuesto para la ampliación, la calzada que actualmente se utiliza para soportar el tráfico en sentido a La Coruña se seguirá utilizando en el mismo sentido; la que se ha utilizado para soportar el tráfico en sentido a Madrid hasta la puesta en servicio del nue-

vo túnel se utilizará como calzada reversible, en uno u otro sentido, en función de las condiciones del tráfico; y los vehículos que circulen en sentido a Madrid lo harán a través de la nueva calzada ya en servicio. La operación con tres cal-



El desarrollo de estas obras ha obligado a realizar un esfuerzo importante de coordinación con los servicios de explotación y conservación, tanto del Ministerio de Fomento como de Iberpistas, así como con la Dirección General de

Tráfico. Cabe reseñar también el esmero puesto en el diseño y cumplimiento en lo que respecta a los Planes de Prevención, por una parte, y al proyecto de medidas de protección ambiental de las que han sido dotadas todas las obras, incluyendo medidas específicas de protección acústica, protección de cursos de agua, gestión de residuos y ejecución de medidas compensatorias, debidas en buena parte a la ubicación de las obras en un entorno de alto valor ecológico. En este punto, también conviene destacar la intensa y fructífera colaboración con las administraciones competentes en la materia, tanto la estatal como las autonómicas (Comunidad de Madrid y Junta de Castilla y León).

El tercer túnel de Guadarrama

El proyecto de construcción del tercer túnel de Guadarrama y de la tercera calzada de la AP-6 entre el enlace del Valle de los Caídos y San Rafael se encuadra, como hemos vis-

El monto de la inversión que está llevando a cabo Castellana de Autopistas, sólo en lo correspondiente a las obras de ampliación de la autopista A-6 / AP-6, asciende a 260 millones de euros.

Autopistas de Peaje

to, dentro de las obras de ampliación de la Autopista AP-6 que está llevando a cabo Castellana de Autopistas.

Pocos túneles en España se han visto obligados a adaptarse a las distintas épocas que les ha tocado vivir como los construidos en la Sierra de Guadarrama para comunicar las provincias de Madrid y Segovia. Lo que comenzó siendo un túnel de calzada única con tráfico en ambos sentidos (1963) se convirtió posteriormente en un túnel de dos tubos para calzadas independientes (1972), y acaba de transformarse en un sistema de tres túneles interconectados mediante galerías de emergencia con tráfico reversible en uno de ellos (está previs-

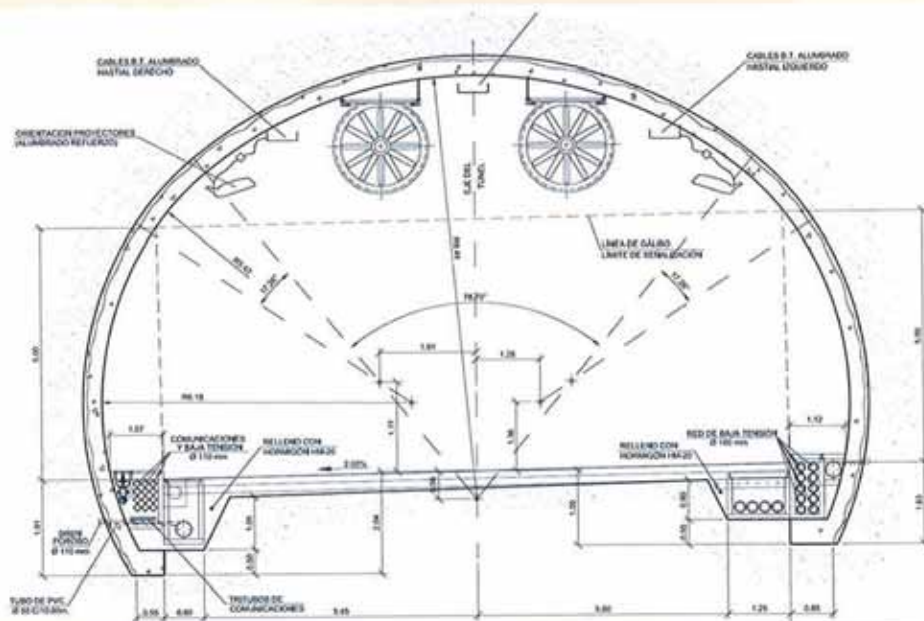
Características geométricas de los tres túneles

	Túnel 1 (1963)	Túnel 2 (1972)	Túnel 3 (2007)
Longitud	2870 m	3340 m	3148 m
Cota Boca Sur (Guadarrama)	1.195 m	1.228 m	1.229 m
Cota Boca Norte (San Rafael)	1.292 m	1.258 m	1.275 m
Pendiente	-3,46 %	0,89 %	-1,46 %
Radio mínimo en planta	1.000 m	850 m	2.000 m
Anchura total	10,30 m	11,67 m	14,68 m
Anchura afirmada	9,00 m	10,50 m	12,50 m
Radio de la bóveda de clave	5,10 m	6,00 m	8,44 m
Altura en el eje	7,78 m	8,40 m	7,88 m
Gálibo vertical de circulación	4,25 m	4,35 m	5,00 m
Sistema de ventilación	Semitransversal	Pseudotransversal	Longitudinal
Sección libre	43,5 + 26,5 m ²	51,6 + 33,6 m ²	96,65 m ²

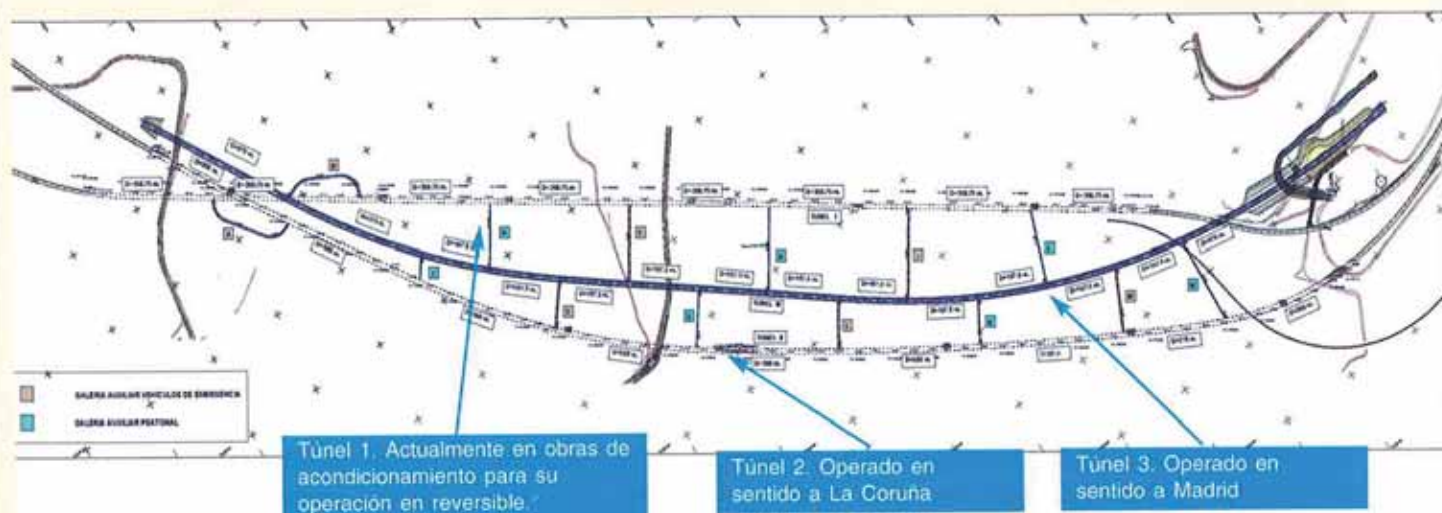
to que la calzada reversible entre plenamente en servicio a finales de 2007). Y a cada una de estas etapas,

como remarcando el inicio de una nueva era, le ha correspondido una denominación diferente del itinerario al que sirve la carretera: N-VI para el primer túnel, A-6 para el segundo y AP-6 para el tercero.

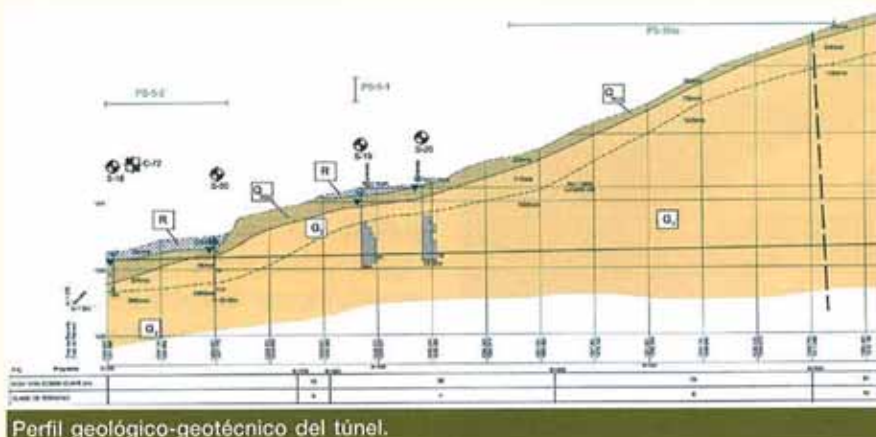
Otros dos aspectos concretos establecen una diferencia entre ésta y otras infraestructuras contemporáneas que no dejan de resultar determinantes para comprender la singularidad de estos túneles: por un lado, se trata del primer tramo de carretera de peaje construido en España, lo que implica unas determinadas características de diseño, construcción, conservación y explotación; en segundo lugar, el entorno natural que se atra-



Sección transversal del nuevo túnel 3.



Planta general de los túneles.



viesa obliga o, mejor dicho, invita a mantener el medioambiental como criterio determinante a la hora de tomar muchas de las decisiones relacionadas con la construcción, conservación, explotación y ampliación de la autopista.

Geología y geotecnia

Los túneles de Guadarrama están situados en el sector central de la Sierra de Guadarrama (Sistema Central), a caballo entre las provincias de Madrid y Segovia. El túnel 3, atraviesa el Alto del León o Puerto de Guadarrama de 1511 m, que constituye parte de la divisoria entre las cuencas de los ríos Tago y Duero.

Desde el punto de vista geológico, la obra se enclava dentro de la denominada Zona Centro ibérica del Macizo Varisco (o Hercínico), que está constituida por rocas ígneas y metamórficas, cuyas edades están comprendidas entre el Precámbrico y el Paleozoico (600 – 300 m.a.). Concretamente, nos encontramos en el denominado Complejo de Guadarrama, unidad geológica caracterizada por la presencia de rocas graníticas y metamórficas de grado medio a alto (gneises).

El túnel 3, atraviesa exclusivamente rocas graníticas, dentro de las cuales se pueden diferenciar dos tipos geológicos. Geotécnicamente, si embargo, ambos tipos de rocas, presentan una densidad de 2,7 t/m³, y una resistencia a compresión simple (RCS) media de 24 MPa (GM-III) a 65 MPa (GM-II), con valores máximos de

hasta 130 MPa.

Respecto a la estructura y tectónica, el macizo granítico atravesado por el túnel se encuentra afectado por varios sistemas de juntas y numerosas fallas y fracturas, observadas tanto en los estudios de reconocimiento durante la fase de proyecto, como posteriormente al excavar el túnel. No se han observado fallas de importancia en los sondeos, aunque sí zonas muy fracturadas en algunos tramos puntuales.

Los materiales graníticos del substrato rocoso afectado por el túnel, se consideran impermeables desde el punto de vista hidrogeológico. Los ensayos de permeabilidad realizados en sondeos, han dado valores de 10⁻⁷ a 10⁻⁹ m/s, e incluso permeabilidad nula. Durante la excavación, los aportes de agua a la excavación del túnel se restringieron a los primeros 200 m en la boca Sur y a los prime-

ros 380 m en la boca Norte. Además, de forma puntual, se observaron otras surgencias de agua en otros tramos más internos.

Proceso constructivo. Excavación y sostenimiento

El proceso constructivo llevado a cabo se adapta al esquema básico del Nuevo Método Austriaco de Túneles (NATM).

En el proyecto se contempló la excavación a sección completa, a excepción de aquellos tramos menos competentes (tramos de falla) y las zonas próximas a ambas bocas. Sin embargo, una vez adjudicada la obra, se optó por la excavación en dos fases (avance y destroza) totalmente interdependizadas, entre otros motivos, por proporcionar un incremento de seguridad en la ejecución, debido por un lado al menor tamaño de la sección de ataque y por otro por una mejora en la accesibilidad a zonas potencialmente inestables mediante la utilización de maquinaria más convencional.

La tabla siguiente resume las características de las cinco secciones tipo elegidas. Cada una de las secciones tipo se aplica a la respectiva clase de terreno previamente definida. La sección S-V corresponde a los tramos de boquilla.

Entre los pp.kk. 6+710 y 6+740



Vista de la boca Sur. Equipo de ventilación sopla.



Jumbo perforador de tres brazos trabajando en modo semiautomático.

de proyecto el trazado del túnel 3 cruza con un fuerte esviaje sobre el túnel 1, con una distancia mínima a clave de 14 m. El cruce se produjo sin problemas, y las mediciones de vibraciones efectuadas en el túnel 1 fueron mejores de lo esperado, con velocidades en el entorno de los 20 mm/s.

La optimización del ciclo productivo y el buen comportamiento del macizo rocoso han permitido en la fase de avance que los rendimientos diarios alcanzasen los 12-13 m, con avances mensuales próximos a los 300 m en los meses de mayor productividad. La cala en avance se pro-

dujo el 8 de octubre de 2005. La excavación de la fase de destroza comenzó a primeros del mes de noviembre de 2005, desde la boca sur, y finalizó el día 15 de marzo de 2006. El rendimiento medio alcanzado se situó entorno a los 19 - 20 m/día.

Las tablas de la página siguiente resumen los principales datos de producción real del túnel en mina en fase de avance, así como los rendimientos alcanzados, en dicha fase, culminada el 8 de octubre de 2005. Cada una de las tablas se refiere a cada uno de los dos frentes de ataque del avance del túnel (boca Sur y boca Norte):

Galerías de de conexión

Los accidentes ocurridos en los túneles en los últimos años han generado una creciente preocupación en la opinión pública acerca de su seguridad. Con vistas a garantizar una rápida evacuación en caso de accidente y facilitar la rápida intervención de los servicios de la Autopista, con una mínima afección a la circulación de los vehículos en sentido contrario, se han diseñado y construido 14 galerías de conexión y escape.

De las 14 galerías, 13 conectan el túnel 3 con los túneles 1 y 2, mientras que la galería A conecta entre sí los túneles existentes. 7 galerías serán de uso peatonal y las 7 restantes permitirán el acceso de vehículos de emergencia a los túneles.

Para el diseño de las galerías de interconexión se siguieron una serie de normas y recomendaciones, españolas y extranjeras, sobre todo, de países de nuestro entorno. Posteriormente a la aprobación del proyecto fue publicada la transposición de la legislación española de la normativa europea (Real Decreto 635/2006, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras de Estado), permaneciendo los criterios de diseño en términos generales inalterados. (Sigue en p. 33)

Sección tipo	Hormigón proyectado (cm) ⁽¹⁾	Cerchas		Bulones de expansión L=4 m	Pases de avance	Paraguas pesado (3)	Espesor hormigón proyectado (m)	Contrabóveda o solera provisional en el frente (cm)
		Tipo	Espaci. (m)					
S-I	3 – con fibras	-	-	2,5x2,5	5,0	-	-	-
S-II	3+5 – con fibras	-	-	2,0x2,0	4,0	-	-	-
S-III	5+10 – con fibras	-	-	1,5x1,5	2,5	-	-	-
S-IV ⁽²⁾	5 (c/f)+ mallazo ⁽²⁾ +15 (sin fibras)	TH-29	1,0	1,0x1,0	1,0	-	5	SI
S-V (2)	5 (c/f)+ mallazo ⁽²⁾ +20+5 (sin fibras)	HEB-180	1,0	-	1,0	SI	5	SI

Notas: ⁽¹⁾ Se consignan las capas de hormigón proyectado empleadas. La primera de ellas corresponde a la capa de sellado. Con carácter general se tratará de hormigón proyectado con fibras de acero de tipo ZP 30/0,60 con una dosificación de 40 kg/m³.

⁽²⁾ En función de las características del terreno excavado y de la cobertera, fue necesario realizar tratamientos especiales para la estabilización del frente y/o del macizo rocoso: paraguas pesado, hormigón proyectado en el frente, contrabóveda o bulones de fibra de vidrio en el frente.

⁽³⁾ Los paraguas se constituyen por micropilotes, de 12 - 30 m de longitud y solapados en una longitud mínima equivalente a la cuña activa movilizadora más un sobrecanto de 0,50 m.

RENDIMIENTOS EN SECCIÓN DE AVANCE – BOCA NORTE

MES	EXCAVACIÓN		METROS MENSUALES	RENDIMIENTOS (m/día trabajado)
	Pk inicio	Pk Final		
Junio 2005	9+365	9+262	103	4,29
Julio 2005	9+262	9+140	122	5,55
Agosto 2005	9+140	8+875	265	11,28
Septiembre 2005	8+875	8+589	286	12,71
Octubre 2005	8+589	8+519	70	11,67

Nota: Los sábados se contabilizan como medio día de trabajo, dado que las labores de excavación se completan al mediodía. Eso explica la diferencia de rendimientos en días totales o en laborables.

RENDIMIENTOS EN SECCIÓN DE AVANCE – BOCA SUR

MES	EXCAVACIÓN		METROS MENSUALES	RENDIMIENTOS (m/día trabajado)
	Pk inicio	Pk Final		
Enero 2005	6+363	6+381	18	3
Febrero 2005	6+381	6+458	77	4,05
Marzo 2005	6+458	6+697	239	11,66
Abril 2005	6+697	6+987	290	12,34
Mayo 2005	6+987	7+270	283	13,48
Junio 2005	7+270	7+567	297	12,38
Julio 2005	7+567	7+845	278	12,64
Agosto 2005	7+845	8+155	310	13,19
Septiembre 2005	8+155	8+449	294	13,07
Octubre 2005	8+449	8+519	70	11,67

Nota: Los sábados se contabilizan como medio día de trabajo, dado que las labores de excavación se completan al mediodía. Eso explica la diferencia de rendimientos en días totales o en laborables.

Excavación del túnel 3. Rendimientos en avance

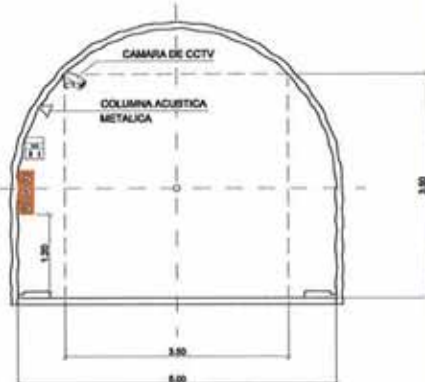


Sección completa excavada.

galerías peatonales se han ejecutado finalmente con un tamaño similar al de las vehiculares para permitir su ejecución con la maquinaria disponible, ya que, de otra forma, hubiera sido necesario acudir a maquinaria singular. Hay que resaltar que la lon-

El túnel 3 dispone de salidas de emergencia distanciadas entre sí, por término medio, 190 m. Existirá un acceso para vehículos de emergencia cada 380 m, a excepción de los tramos inicial y final, en la que esta distancia aumenta hasta los 760 m. En el caso de los túneles 1 y 2, las salidas de emergencia estarán distanciadas entre sí unos 360 m, mientras que los puntos de acceso de vehículos de emergencia estarán dispuestos cada 720 m.

Respecto a las dimensiones, las



Galerías de evacuación. Sección tipo de proyecto.



Comienzo de la excavación de una de las galerías.

gitud total de galerías es de 2211 m (1219 m vehiculares y 992 m peatonales).

Impermeabilización, revestimiento y canalizaciones

Una vez finalizados los trabajos de excavación, se dio comienzo a la impermeabilización del túnel. Las previsiones de proyecto suponían la necesidad de impermeabilizar al menos 400 de los 3000 m de túnel excavado en mina. Finalmente, a la vista de la red hidrogeológica detectada durante la excavación, se determinó la

necesidad de impermeabilizar 1770 m de túnel.

Una vez colocada la impermeabilización en las zonas previstas se comenzó con la ejecución del revestimiento, consistente en 30 cm de hormigón en masa HM-30 apoyado sobre las zapatas previamente ejecutadas en la base de los hastiales. El hormigonado del revestimiento se ejecutó empleando carros de encofrado de 12 m de longitud. En el momento de mayor producción se trabajó con tres carros que completaron el revestimiento en cinco meses: comenzaron el 15 de marzo de 2006 y finalizaron su labor el 22 de agosto de 2006.

Como último paso para la terminación de la sección del túnel, se han ejecutado las canalizaciones previstas para drenaje y cableado del túnel.

Instalaciones y sistemas de seguridad de los túneles de Guadarrama

Dentro de las obras que se están llevando a cabo, se contempla, además de dotar al nuevo túnel de las instalaciones más avanzadas, la realización de una serie de mejoras de la infraestructura de los dos túneles existentes en el mismo tramo de la autopista AP-6, de manera que el objetivo final es el de contar con un sistema integrado por la nueva calzada y las dos existentes con un nivel de equipamiento en instalaciones, confort y seguridad para el usuario similar para las tres.

Durante la redacción del proyecto se consideraron no sólo la normativa y recomendaciones vigentes en su momento en España sino también recomendaciones y normativas internacionales, en especial la Circular Interministerial nº 2000-63 de 25/08/2000 relativa a la seguridad en los túneles de carretera (Francia), la Directive de l'Office Federal des Routes 2001 (Suiza), el Documento de trabajo del grupo de expertos de la Comisión Europea sobre seguridad en túneles y, por supuesto, no se perdieron de vista los diferentes borradores de la Directiva



Interior de galería de conexión para evacuación.



Carro de encofrado trabajando en zona impermeabilizada.



Sección revestida completada.

Europea 2004/54/CE, finalmente aprobada el 29 de abril de 2004. En resumen, la dotación de instalaciones de seguridad en los tres túneles de Guadarrama se adapta prácticamente en su totalidad a los requisitos mínimos exigidos por la misma, así como al recientemente promulgado Real Decre-

to 635/2006 sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.

En su momento, fue condicionante principal para la elección del trazado del nuevo túnel el posibilitar la conexión del mismo con los existentes, para dotarle de un sistema de

galerías de seguridad que interconecten los tres túneles, considerando longitudes y pendientes razonables. Tras diversos estudios, se proyectó el sistema de trece galerías auxiliares de seguridad que unirán el nuevo túnel 3 con los túneles 1 y 2 y una más que une los dos túneles actuales, del que ya se ha hablado anteriormente en los que respecta a los aspectos constructivos.

A continuación, se enumeran y describen brevemente las instalaciones con las que cuenta el nuevo túnel 3.

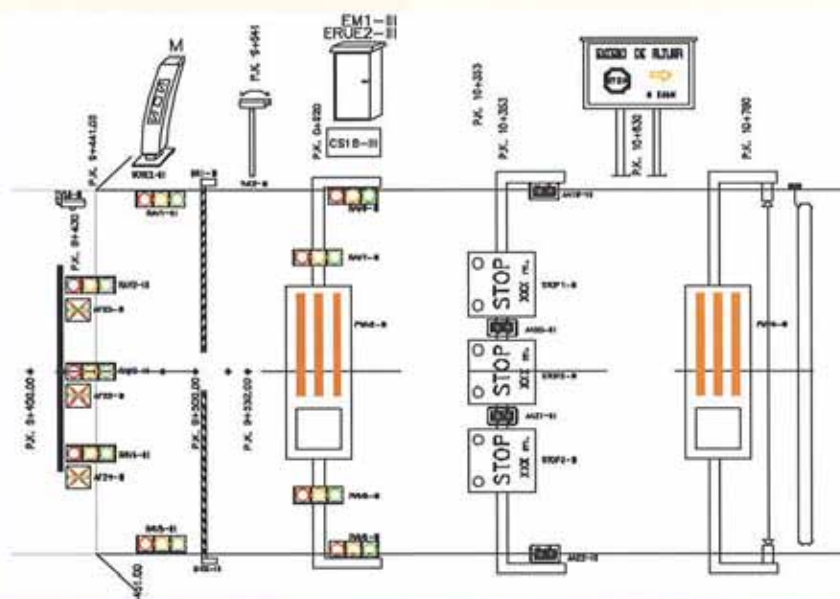
Ventilación: de tipo longitudinal, con jets de 75 kW (potencia unitaria), diámetro interior 1.600 mm, 100 % reversibles. Respecto al control del sistema se ha equipado el nuevo túnel con sensores de opacidad, medidores de concentraciones de monóxido de carbono y de óxidos de nitrógeno, así como también anemómetros para la medición de la velocidad longitudinal del aire circulante.

Detección y extinción de incendios: Detección mediante cable termosensible, que complementa al sistema de Detección Automática de Incidentes con vigilancia permanente de los túneles. Sistema de extinción de incendios mediante una red de hidrantes en los tres túneles, dispuestos cada 125 metros, y Bocas de Incendio Equipadas (BIE) cada 42 m, alimentadas por un aljibe de 240 m³ de capacidad, que garantiza un suministro de de 1000 l/s por hidrante, funcionando dos consecutivos simultáneamente a 1 bar y con una autonomía de dos horas, Además, todos los puestos SOS disponen de dos extintores portátiles, tanto en el interior del túnel como en las galerías de emergencia y cuartos técnicos.

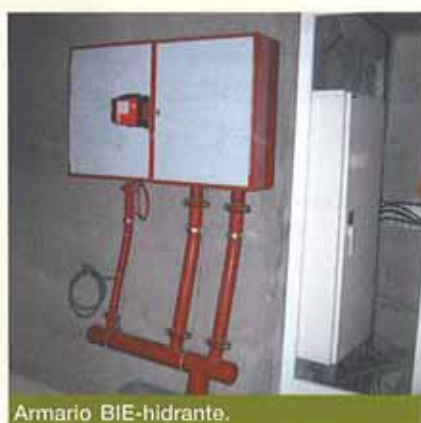
Sistema de alimentación de energía: Tres centros de transformación por cada hastial: tres alimentados por una compañía para el hastial Oeste y tres alimentados por la otra para el hastial Este. En el caso particular de los túneles de Guadarrama se dispone ya de doble acometida por compañías diferentes y



Pruebas de señalización en el nuevo túnel



Esquema de la instalación de señalización variable y control de accesos.



Armario BIE-hidrante

con distribución independiente, cumpliendo así los requisitos de la nueva normativa de seguridad en túneles. También se han instalado tres grupos electrógenos de 630 KVA. Los servicios a alimentar en caso de emergencia son la ventilación y el alumbrado de seguridad y el de emer-

gencia.

Iluminación: Iluminación de servicio mediante luminarias de vapor de sodio a alta presión (VSAP). Iluminación de emergencia (guía).

Señalización variable y control de accesos: Paneles de Mensajes Variables (PMV), señales aspa/flecha (afección de carril) y de limitación de velocidad, y semáforos, tanto en el interior de los túneles como en los accesos y a la salida del nuevo túnel. Barreras físicas para el cierre del túnel.

Megafonía y radiocomunicaciones: Megafonía en el interior del túnel y en las galerías. Sistema de radiofrecuencia que consta de tres canales VHF para servicios de emergencia y explotación y seis canales de radiodifusión en FM que permiten



Salida de emergencia: acceso a galería de evacuación desde el túnel 3.



Interior túnel 3 antes de su puesta en servicio.

la audición de las emisoras comerciales que tienen mejor cobertura en la zona, así como la posibilidad de inserción de mensajes desde el centro de control en caso necesario.

Circuito cerrado de televisión: Cámaras en el nuevo túnel cada 125 metros asociadas a los puestos de comunicación SOS, incluyendo la instalación de un sistema de Detección Automática de Incidentes (DAI) mediante tratamiento de señal de vídeo, integrado con el sistema actualmente operativo en los dos túneles existentes.

Puestos de emergencia SOS: Instalados en el acceso al túnel, en las galerías de evacuación y en el interior cada 125 m, por debajo de los 150 m exigidos en el RD 635/2006. Cada puesto SOS tiene asociada una cámara del CCTV, de manera que cuando se produzca una llamada, la imagen del equipo SOS correspondiente aparece en el monitor asociado al mismo. El sistema de puestos SOS se integrará también con el sistema de megafonía de manera que, en caso de incendio, se indique al usuario en varios idiomas que la estación SOS no puede emplearse como refugio en caso de emergencia y que se debe dirigir a la galería auxiliar de seguridad más cercana; esta información también se reflejará por escrito, en un lugar claramente visible. Cada puesto, lógicamente, está dotado de iluminación de emergencia.

Otros sistemas: Aforos de tráfico, control electrónico y mecánico de gallo en accesos, estaciones meteorológicas en las bocas, e integración



Puesto de emergencia SOS.

✓ Mantenida	✓ Remodelada	✓ Nueva	T1	T2	T3	Gal
Mecánicas (Ventilación y protección contra incendios)	Ventilación BIE Hidratante Detección de incendios		✓	✓	✓	✓
Eléctricas (Acometidas, distribución e iluminación)	Iluminación Alumbrado emergencia Alumbrado guiado Centros transformación		✓	✓	✓	✓
	CCTV DAI		✓	✓	✓	✓
Comunicaciones, seguridad y control	Señalización variable Aforos de tráfico Detector de presencia Puestos S.O.S. Estación meteorológica Megafonía Radiocomunicaciones		✓	✓	✓	✓

Quadro resumen de las instalaciones.

de todos los sistemas en el centro de control de Iberpistas.

Actuaciones en los túneles 1 y 2

En el proyecto de ampliación de capacidad de la autopista AP-6, el túnel 1 (el integrado hoy en la calza-

da en sentido a Madrid) está ya siendo reformado para que pueda funcionar como reversible. Esto supone una reforma en profundidad, no sólo de las instalaciones de las que está dotado, sino también de la obra civil, ya que se modificará el sistema de ventilación, pasado de un sistema semi-transversal a un sistema longi-

tudinal reversible, de manera que deberá ser demolido el falso techo y sustituidos los equipos de ventilación axial por jets de 75 kW (potencia unitaria), diámetro interior 1600 mm, y 100 % reversibles, lo cual es un requisito indispensable.

En el caso del túnel 2, al estar ahora y en el futuro siempre operado en sentido a La Coruña, mantiene el actual sistema de ventilación, de tipo pseudotransversal, con tres estaciones de ventilación, una en cada boca y otra central, y una galería superior de ventilación dividida en dos conductos a través de los cuales circulan aire limpio, por uno, y aire viciado, por el otro. Respecto al resto de instalaciones, el actual túnel 2 cuenta con un completo equipamiento tanto en lo referente a obra civil como a instalaciones; y, en lo referente a instalaciones de seguridad, se adaptará a un nivel similar al del túnel 3.

El conjunto de actuaciones descritas supone una modificación sustancial en el diseño y configuración de la autopista AP-6. Una vez entre en servicio toda la actuación, nos encontraremos con una novedosa situación en lo que respecta a la gestión de tres túneles, uno de ellos funcionando como reversible. Esta configuración permitirá, además, acometer las operaciones de mantenimiento que hoy se llevan a cabo con importantes restricciones por motivos de seguridad y operación, mediante el cierre temporal al tráfico de la calzada correspondiente durante el desarrollo las mismas. ■

Ficha Técnica

Ministerio de Fomento. Demarcaciones de Carreteras del Estado en Madrid y en Castilla y León Oriental.

Inspección de Construcción:

Inspectores: D. Alfredo López de la Fuente, ICCP y D. Rafael Rodríguez Domínguez, ICCP.

Ayudantes:

D. Francisco Borreguero del Barrio, ITOP y D. Rafael Gutiérrez Galiana, ITOP

Concesionaria:

Castellana de Autopistas, S.A.C.E.

Dirección de Construcción:

Director de Construcción: D. Rafael Pérez Arenas, ICCP

Directores de Obra: D. Gerardo Torija Díaz, ICCP y D. Eduardo Martín González, ICCP

Adjuntos a Director de Obra:

D. Jesús Espada Calpe, ICCP, D. Juan Ubera Portero, ICCP y D. Francisco J. Pardina Casado, ITOP

Coordinador de Oficina Técnica:

D. Santiago Rodón Ortiz, ICCP

Empresas adjudicatarias (obra civil):

UTE "4ª carril Las Rozas Villalba", Dragados, S.A., ACSA-AGBAR FCC Construcción, S.A.

UTE "Túnel Valle de los Caídos", Dragados, S.A., ACSA-AGBAR Gerente UTE y Jefe de Obra: D. Pedro Trigo Tomey, ICCP, Gerente UTE

"4ª carril Las Rozas Villalba" y UTE "Túnel Valle de los Caídos" D. Juan José Consuegra, ICCP, Jefe de Obra UTE

"4ª carril Las Rozas Villalba"

Dª Nuria Penalva Martínez, Jefe de Obra FCC, Construcción

D. Daniel Ruiz Andújar, ICCP, Jefe de Obra UTE

"Túnel Valle de los Caídos"

Empresas adjudicatarias (instalaciones):

Cobra, Elecnor, Indra, Pefipresa, Tradia (Abertis-Telecom) y Serviabertis

Asistencia Técnica: EUROCONSULT e INECO

(A.T. a la Inspección del Ministerio de Fomento)

INTECSA-INARSA y TYPESA (Proyectos de Construcción)

INTEMAC y TYPESA (A.T. obra civil)

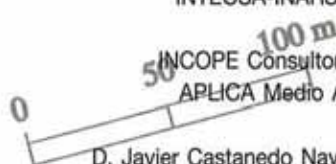
INCOPE Consultores (Coordinación de Seguridad y Salud)

APLICA Medio Ambiente (Coordinación medioambiental)

Asesores a la Dirección de Obra:

D. Javier Castanedo Navarro, ICCP D. Rafael Chueca Edo, ICCP

D. Carlos Oteo Mazo, ICCP



Unidades

Las Rozas (norte) -Villalba

Excavaciones:	349 055 m³
Rellenos:	148 915 m³
Mezclas bituminosas:	220 006 t
Zahorra artificial:	82 060 m³
Hormigones:	60 541 m³
Acero:	3 726 134 kg
Suelocemento:	
Suelo estabilizado E-3	91 374 m³
Relleno muros suelo reforzado	

Villalba - Enl. del Valle de los Caídos

147 158 m³
177 655 m³
56 369 t
9 506 m³
18 326 m³
1 438 981 kg
15 910 m³
39 935 m³

Enlace del Valle de los Caídos - San Rafael

Cielo abierto	1 070.981 m³
Túnel en mina	417 482 m³
	1 337 326 m³
	182 022 t
	84 887 m³
	86 200 m³
	2 053 713 kg
	16 084 m³
	71 659 m³
	85 733 m³