

RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS
Comité Nacional de la Asociación Mundial de la Carretera

Nº 152
SEPTIEMBRE
OCTUBRE
2012

ISSN 1130-7102
Revista Bimestral



EN PORTADA

Entrevista a

D. Domingo Berriel Martínez
Consejero de Obras Públicas,
Transportes y Política Territorial
de Canarias

RUTAS TÉCNICA

- El Inventario como Herramienta de Gestión
- El Drenaje Superficial y Profundo y su Incidencia Geotécnica en las Infraestructuras Lineales

NOTICIAS ATC

Curso de firmes

Jornada Técnica de adecuación
de sistemas de contención



INNOVAR está en nuestros genes

En Repsol, la innovación forma parte de nuestra esencia. Por eso, en el Centro de Tecnología Repsol, dedicamos todo nuestro esfuerzo a la investigación y desarrollo de asfaltos que hacen nuestras carreteras más seguras, eficientes y sostenibles.

Y todo ello gracias a la confianza y colaboración de nuestros clientes.

REPSOL YPF Lubricantes y Especialidades
Glorieta del Mar Caribe, 1. 28043 Madrid.

Más información en repsol.com



REPSOL



Tribuna Abierta

- 03** La regla del 5
Sandro Rocci

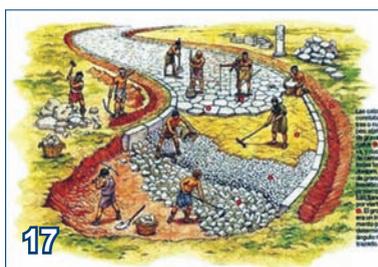
En Portada

- 04** Entrevista a D. Domingo Berriel Martínez
Consejero de Obras Públicas, Transportes y Política Territorial de Canarias

Rutas Técnica

- 10** El Inventario como Herramienta de Gestión
The Inventory as a Management Tool
Álvaro Navareño Rojo

- 17** Drenaje Superficial y Profundo y su Incidencia Geotécnica en las Infraestructuras Lineales
Deep and Surface Drainage and its Geotechnical impact in Lineal Infrastructures
Carlos Oteo Mazo



Actividades del sector

- 38** Madrid acoge el primer Plan de Movilidad Urbana Sostenible
- 40** El ganador del VIII Premio ACEX dona su cheque a la plataforma Ponle freno y la asociación Día
- 42** Cambio en la señalización vertical en carreteras secundarias



Socios ATC

- 44** Autovía del Arlanzón: un nuevo hito en el proyecto global de firmes de Sacyr

Inauguraciones

- 51** Fomento pone en servicio el tramo Sabiñánigo - Fiscal de la N-260 en la provincia de Huesca
- 56** El nuevo tramo de la A-4 a su paso por Despeñaperros ya está en funcionamiento



Noticias ATC y Cursos organizados por la ATC

- 60** Curso de Firmes
- 62** Jornada Adecuación de Sistemas de Contención

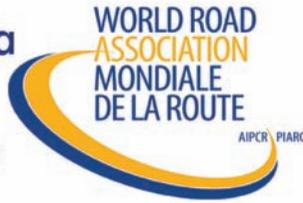
Notas de Prensa

- 63** Fomento anuncia que los presupuestos de 2013 contemplan subvenciones a la autopista del mar de Vigo
- 64** Ana Pastor destaca la voluntad de Fomento de transformar la red de infraestructuras de Asturias
- 65** El Ministerio de Fomento presenta los presupuestos de su departamento para 2013 y el PITVI





**asociación técnica
de carreteras**
comité español de la
asociación mundial de carreteras



La Revista RUTAS se encuentra incluida en la siguiente lista de bases de datos científicas:

UNIVERSIDAD DE GRANADA
DIALNET · ICYT
LATINDEX (Catálogo y Directorio)



Edita:
ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS
Monte Esquinza, 24 4º Dcha. ♦ 28010 ♦ Madrid
Tel.: 913 082 318 ♦ Fax: 913 082 319
info@atc-piarc.com - www.atc-piarc.com
Presidente:
Roberto Alberola

Comité de Redacción:

Presidente:
Roberto Alberola García

Directora Técnica:
Belén Monercillo Delgado

Vocales:

José Alba	Tecniberia
Alfredo García	Universitat Politècnica de València
Federico Fernández	Dirección General de Tráfico
José María Izard	AERCO
Carlos Jofré	Catedrático de Ingeniería del Terreno
Carlos Oteo	Universidad Politécnica de Madrid
Sandro Rocci	Universidad Politécnica de Madrid
Manuel Romana	

Redacción, Diseño, Producción,
Gestión Publicitaria y Distribución:
ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

Edición:
Directora de Edición:
Belén Monercillo Delgado
Redacción y Maquetación:
Mª José Sánchez Gómez de Orgaz
Victor Domingo Encinas

Publicidad:
ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS
Tel.: 913 082 318 ♦ comites@atc-piarc.com

Arte Final e Impresión:
Diseño Gráfico A2colores
Tel.: 914 308 228 ♦ info@a2colores.es
c/ López Grass, 2 · 28038 Madrid

Foto Portada:
Material proporcionado por FCC

Depósito Legal: M-7028-1986 - ISSN: 1130-7102
Todos los derechos reservados.

La Revista Rutas publica trabajos originales de investigación, así como trabajos de síntesis, sobre cualquier campo relacionado con las infraestructuras lineales. Todos los trabajos son revisados de forma crítica al menos por dos especialistas y por el Comité de Redacción, los cuales decidirán sobre su publicación. **Solamente serán considerados los artículos que no hayan sido, total o parcialmente, publicados en otras revistas, españolas o extranjeras.** Las opiniones vertidas en las páginas de esta revista no coinciden necesariamente con las de la Asociación ni con las del Comité de Redacción de la revista.

Precio en España: 18 euros +IVA

© Asociación Técnica de Carreteras

REVISTA RUTAS

La Revista Rutas desde 1986, año de su creación, es la revista editada por la Asociación Técnica de Carreteras, Comité Español de la Asociación Mundial de la Carretera.

Las principales misiones de la Asociación, reflejadas en sus Estatutos son:

- Constituir un foro neutral, objetivo e independiente, en el que las administraciones de carreteras de los distintos ámbitos territoriales (el Estado, las Comunidades Autónomas, las Provincias y los Municipios), los organismos y entidades públicas y privadas, las empresas y los técnicos interesados a título individual en las carreteras en España, puedan discutir libremente todos los problemas técnicos, económicos y sociales relacionados con las carreteras y la circulación viaria, intercambiar información técnica y coordinar actuaciones, proponer normativas, etc.
- La promoción, estudio y patrocinio de aquellas iniciativas que conduzcan a la mejora de las carreteras y de la circulación viaria, así como a la mejora y extensión de las técnicas relacionadas con el planteamiento, proyecto, construcción, explotación, conservación y rehabilitación de las carreteras y vías de circulación.



Nº 152 SEPTIEMBRE-OCTUBRE 2012

RUTAS
REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

La regla del 5

La prestigiosa American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)¹ publicó en 2010 un informe, según el cual cada dólar gastado en mantener una carretera en buen estado evita que se gasten entre 6 y 14 dólares más adelante para rehabilitar o reconstruir esa misma carretera una vez que se ha deteriorado apreciablemente.

En el mismo sentido, y en su comparecencia del 9 de febrero de 2012 en el Congreso de los Diputados, la Ministra de Fomento mencionó lo que llamó "regla del 5": "... un euro que no se invierte en mantenimiento hoy supone 5 euros en cinco años en reparaciones, y 25 euros en diez años en reconstrucciones...".

Pero invertir en infraestructuras es además un buen negocio para el Estado, puesto que el multiplicador fiscal (el aumento del producto interior bruto por cada euro invertido) correspondiente a ese tipo de inversión es bastante mayor que los multiplicadores medios asociados a una mayor inversión pública. Una reciente investigación² del NBER³ norteamericano, aplicada a carreteras, sugiere que pueden estar comprendidos entre 1,5 (a corto plazo) y 8,0 (a medio plazo). Esto parece estar en consonancia con el clásico enfoque keynesiano, sobre todo a corto plazo: la producción aumenta porque aumenta la demanda agregada y los precios tardan más en adaptarse. Por el contrario, la respuesta positiva del PIB a medio plazo coincide con un efecto de la economía de la oferta, debido a un aumento de la capacidad productiva. Y además, el

multiplicador aumenta durante un ciclo descendente de la economía.

Lo anterior debería animar a los Gobiernos a que intenten contrarrestar un elevado desempleo en el sector de la construcción invirtiendo en carreteras y puentes. ¿Cómo se multiplica ese euro?

- Las empresas constructoras compran equipos y materiales, y contratan o retienen trabajadores que, a su vez, compran cosas que no comprarían si estuvieran en el paro. Y hoy muchos (demasiados) trabajadores de la construcción están desempleados...
- Las infraestructuras que se ponen en servicio o se mejoran permiten transportar viajeros o mercancías más aprisa, con más seguridad y menos contaminación.
- Las carreteras que se hallan en mal estado vienen a costar, en los EE.UU., unos 324 dólares anuales por conductor, debido a un mayor consumo de combustible, daños a la carrocería, desgaste de los neumáticos y del vehículo en general, causados por las irregularidades del pavimento.

Construir nuevas carreteras, o ampliar las existentes, es un resultado muy visible de la inversión en transportes. Pero con un sistema viario bastante maduro, la conservación y rehabilitación de esas carreteras es menos visible y menos comprendida por el público. Para la Administración y sus funcionarios, puede ser más trabajoso convencer a ese público de asignar fondos a esos fines, detrayéndolos de otras atenciones o aumentando tasas o impuestos.

1 Asociación norteamericana de funcionarios estatales de carreteras y transportes.

2 "Roads to Prosperity or Bridges to Nowhere? Theory and Evidence on the Impact of Public Infrastructure Investment," Sylvain Leduc & Daniel J. Wilson, NBER Macroeconomics Annual 2012

3 National Bureau of Economic Research. Fundada en 1920, la Oficina Nacional para la Investigación Económica es una organización investigadora privada, sin ánimo de lucro ni adscripción política, dedicada a promover una mayor comprensión de cómo funciona la economía, y a abordar y difundir investigaciones económicas no sesgadas entre legisladores, profesionales y universitarios. Más de 1100 profesores de Economía o Administración de Empresas forman parte de sus investigadores, así como 22 galardonados con el Premio Nobel.



Entrevista a

Domingo Berriel Martínez

Consejero de Obras Públicas, Transportes y Política Territorial del Gobierno de Canarias

La Redacción

El pasado mes de marzo el consejero de Obras Públicas, Transportes y Política Territorial nos concedió una entrevista a *Rutas*. En ella, habló de muchos temas, entre otros, de los condicionantes de la insularidad en el sector de las carreteras y de las consecuencias de la crisis económica en esta Comunidad Autónoma. A finales de año, hacemos balance con D. Domingo Berriel Martínez de la situación de la red de carreteras en Canarias.

Consejero de Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente (octubre de 2010), Domingo Berriel Martínez nació en Puerto del Rosario (Fuerteventura). Es ingeniero industrial por la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de la ULPGC y licenciado en Derecho por la ULPGC.

Como ingeniero ha desempeñado su actividad sobre todo en obras hidráulicas, civiles y energéticas, así como en instalaciones de desalación y depuración de aguas.

En cuanto a la rama jurídica, se ha especializado principalmente en la obra pública y la ordenación del territorio.

Asimismo, ha desempeñado los cargos de director gerente del Consorcio de Abastecimiento de Aguas de Fuerteventura; viceconsejero de Industria y Energía del Gobierno de Canarias; director general de Obras Públicas del Gobierno de Canarias (del 98 – 2002); vicepresidente segundo y consejero insular de Infraestructuras y

Ordenación del Territorio del Cabildo de Fuerteventura y desde el 2006, es consejero de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del gobierno de Canarias.

Mencionaba el pasado marzo los problemas de suelo a los que se enfrenta la Comunidad Autónoma, para lo que ayuda el hecho de que su Consejería aglutine competencias de Obras Públicas, Transportes y Política Territorial. ¿Qué avances ha notado en este sentido?

Por el momento, lo que se ha apreciado es una mayor coordinación interna entre ambas áreas, pues, como es lógico, al estar las infraestructuras y la planificación del suelo en un mismo departamento, el traslado de información de un área a otra y el diálogo para resolver las dificultades entre ambas son más eficientes.

Pero el mayor cambio está aún por llegar. En materia de territorio estamos tramitando el Anteproyecto de Ley de Armonización y Simplificación en materia de Protección del Territorio y de los Recursos Naturales, que pretende realizar una labor unificadora de todas las normas que regulan el territorio en Canarias, así como facilitar la tramitación de los instrumentos de planeamiento y la adaptación plena del ordenamiento canario al derecho comunitario y estatal. El nuevo texto simplificará los trámites para aprobar el planeamiento y reducirá duplicidades de competencias, por lo que esperamos que sea un instrumento útil para optimizar la gestión del escaso y valiosísimo territorio canario, también en el caso de la planificación de las infraestructuras.

Es inevitable hablar de la crisis económica que está afectando al sector de la construcción y que en concreto en Canarias podría provocar un fuerte descalabro, como

usted comentó en el pasado número, si no se cumple con la financiación prevista. ¿Qué alternativas baraja para poder cumplir con los objetivos que se había marcado para este año?

De momento, este año mi departamento ha hecho un gran ejercicio de reprogramación y ha conseguido mantener las obras en funcionamiento, después de que los presupuestos estatales redujesen de manera unilateral, sin negociación y de forma arbitraria la dotación para las Islas de 207 millones de euros previstos a poco más de 68 millones. Y eso que la partida estatal para carreteras creció un 24 por ciento.

Además, el recorte se anunció a finales de marzo, cuando ya habíamos invertido unos 40 millones entre expropiaciones y certificaciones de obra, de tal manera que, por sorpresa, nos encontramos con apenas 30 millones de euros para lo que quedaba de año. Este año hemos podido mantener a duras penas las obras, gracias a esa obtención de fondos Feder de la Comunidad Autónoma y al esfuerzo de las constructoras que han amortizado sus anticipos en un plazo mucho menor del previsto. Pero ya no quedan casi anticipos a los que acudir y se nos anuncia para 2013 un nuevo y drástico recorte, sin haberse sentado con Ca-

narias para poder hacer una reprogramación, desde los 207 a 54 millones de euros. Es decir, que en estos dos años el Estado dejará de invertir 291 millones de euros de los que estaban previstos y firmados para Canarias, lo que generará la pérdida de varios miles de empleos directos y más de una decena de miles indirectos, en la Comunidad Autónoma con la tasa de paro más alta, superior al 33 por ciento.

Por eso, hemos enviado un requerimiento a la Ministra de Fomento, para que restituya los fondos del Convenio de Carreteras con Canarias del año 2012. De lo contrario, no nos quedará otra que acudir a la vía contencioso-administrativa y llevar al Estado ante los tribunales.

Los cabildos insulares cuentan entre sus competencias con la conservación de carreteras. En estos tiempos que corren ¿se ha intensificado su gestión?

Los cabildos se encargan de la conservación de las carreteras cuya titularidad ostentan, y de las que les ha ido transfiriendo el Gobierno de Canarias una vez construidas y trabajan, al igual que el Gobierno, en función de las disponibilidades presupuestarias con las que pueden trabajar y en función de las prioridades que establece cada grupo de gobierno en cada uno de los siete cabildos.



Carretera Arrecife - Tahíche. Lanzarote.

La Consejería de Obras Públicas del Gobierno de Canarias ha venido colaborando con los cabildos a través de los planes cofinanciados de Acondicionamiento de Carreteras para mantener las vías del Archipiélago en los niveles de calidad y seguridad que les corresponde.

Lo que esperamos es que esa colaboración se mantenga y, aunque lógicamente, haya ocasiones en las que los cabildos reclaman que el Gobierno de Canarias destine más dinero para sus obras, por lo que general entienden que hemos de mantener un equilibrio en función de las necesidades y carencias reales y ponderadas con la población o las alternativas en la distribución que hacemos para cada isla.

En la anterior entrevista con *Rutas* se refirió varias veces a las características del suelo canario, lo que hizo que se tuvieran en cuenta en la Ley de Carreteras de Canarias Ley 9/1991 de 8 mayo, ¿hasta qué punto condiciona el terreno los proyectos, presupuestos, estudios de planificación o la adjudicación de las obras?

La orografía del territorio condiciona por completo los proyectos, coste y plazo de ejecución de los mismos. Las islas canarias tienen una orografía muy abrupta y complicada, con montañas surcadas por barrancos en las zonas del centro y medianías y costas muy recortadas que, en muchos casos, desembocan en escarpados acantilados sobre el mar. Las carreteras, cuando no existe otra alternativa, tienen que salvar todos estos accidentes geográficos mediante viaductos, túneles y numerosas obras de fábrica, lo que encarece mucho su construcción. Además, el alto número de endemismos y Espacios Naturales Protegidos obligan a adoptar costosas medidas de protección. Por ejemplo, en la vía entre Icod y El Tanque, en Tenerife, de los 120 millones de

presupuesto inicial, casi 50 millones se deben destinar a medidas medioambientales.

También son muy costosas en las Islas las expropiaciones, porque al ser un territorio tan escaso y protegido con frecuencia tenemos que expropiar viviendas o zonas urbanas que son mucho más costosas a la hora de indemnizar.

“En el ámbito de las infraestructuras viarias aún queda mucho por hacer en las Islas. Se está trabajando en varios planes territoriales y en el proyecto de otras carreteras recogidas en el Convenio”

¿Qué otras particularidades presenta la normativa en las Islas Canarias con respecto a la península?

El territorio canario, por pertenecer a un archipiélago, es totalmente diferente al de la península. Ya por el sólo hecho de tratarse de islas implica un territorio fragmentado, escaso, rodeado de costas, y de características geológicas diferentes al de un territorio continental. A nivel administrativo su gestión también es diferente, ya que aquí las competencias se comparten entre la comunidad autónoma, los cabildos y los ayuntamientos, que ejercen su gestión mediante la correspondiente planificación.

Las fuentes de riqueza y la actividad

económica es también diferente en las Islas, por lo que el ordenamiento territorial y medioambiental canario ha sido objeto de diversas modificaciones dirigidas a mejorar y adecuar la regulación de la gestión pública del territorio a la evolución de las condiciones socio-económicas.

Recientemente, se ha hecho público el informe de la Asociación Nacional Española de Fabricantes de Hormigón Preparado (Anefhop), en el que entre otros datos indicaba que, a diferencia de otras comunidades autónomas, en Canarias se ha incrementado en un 2,6% la producción de hormigón, ¿a qué cree que se debe este dato?

Sí, parece que aunque el primer trimestre de 2012 se cerró con una producción en toda España de menos de 6 millones de m³ de hormigón preparado, lo que supuso una caída del 29,1% respecto al mismo periodo del año anterior, en Canarias la producción se incrementó en un 2,6%. Esto es debido, probablemente, a que en Canarias tenemos en construcción en estos momentos muchas infraestructuras viarias, aunque hayamos tenido que ralentizar el ritmo de construcción. Si las obras hubieran ido al ritmo previsto el consumo de cemento hubiera sido, incluso, superior.

Y en Canarias se están construyendo muchas carreteras porque teníamos un déficit histórico en este aspecto, y se consume mucho hormigón por lo que explicaba anteriormente, por los obstáculos orográficos que tenemos que salvar mediante estructuras, túneles y otras obras de fábrica.

En tiempos de dificultades económicas, ¿cuál es el camino para seguir avanzando en el desarrollo de la red viaria: apostar por la financiación, apostar por una colaboración

público-privada, el pago por uso...? ¿Qué sugiere? ¿Y a nivel nacional?

En tiempos de dificultades económicas lo que se necesita precisamente es financiación, no conozco otro camino para el desarrollo de la red viaria. La iniciativa privada está sufriendo también el peso de la crisis y si no hay rentabilidad, no hay negocio, por lo que la empresa privada no parece estar dispuesta ahora mismo a invertir en carreteras por cuyo uso los ciudadanos no van a poder pagar. Ya estamos viendo lo que está pasando con los peajes en Cataluña, que muchos automovilistas se están negando a pagar.

En Canarias, además, es difícil hacer carreteras de peaje porque para ello tiene que haber otra alternativa para los ciudadanos que no puedan o no estén dispuestos a pagar y el territorio aquí, como decía, es muy limitado.

Una alternativa podría ser el llamado "método alemán" y acudir a grandes inversores para que prefinancien las obras. Pero en este punto el Estado también ata las manos a la Comunidad Autónoma, porque por un lado nos recorta los fondos del convenio hasta extremos inasumibles y, por otro, nos impide acudir a financiación ajena al imponer un máximo de déficit del 0,7%.

Para hacer balance, ahora que va terminando el año. ¿Cómo definiría su gestión hasta ahora?

Desde luego, está siendo la gestión más complicada de las que he tenido que asumir en mi trayectoria pública. Como ya ha quedado patente a lo largo de esta entrevista, nos hemos topado de frente con la falta de financiación, lo que nos está exigiendo un sobreesfuerzo para tratar de encontrar salida a esta situación. Y en ello estamos poniendo todo nuestro empeño con el convencimiento



Puente de los Tilos. Prueba de carga.

de que lo vamos a conseguir, porque es algo que nos corresponde y porque todo un equipo de personas ha estado trabajando durante años para planificar, gestionar y proyectar unas infraestructuras viarias sobre las que se apoya todo el tejido económico y social de las Islas.

En el área de Política Territorial estamos avanzando, sobre todo, en agilizar la legislación para ofrecer un mejor servicio al ciudadano y optimizar la gestión en la protección y uso del territorio. Mi objetivo es procurar un desarrollo sostenible, racional y equilibrado de las actividades en el territorio que garantice su diversidad y asegure el óptimo aprovechamiento del suelo, que en Canarias es un recurso escaso. Se trata, en definitiva, de promover un desarrollo económico y social equilibrado y sostenible. No debemos perder de vista que Canarias recibe unos 12 millones de turistas cada año, por lo que hay que hacer compatible el uso del suelo con la actividad turística.

En cuanto a las infraestructuras del transporte, ¿qué aspecto se ha desarrollado más y qué queda por hacer?

En el área de Puertos el año 2012 ha supuesto un hito para la historia de las instalaciones portuarias de las Islas con la constitución del ente público

Puertos Canarias, cuyo principal objetivo es obtener el máximo beneficio para Canarias de las 49 instalaciones que aglutina, entre puertos comerciales, deportivos, pesqueros, refugios y diques de abrigo.

El auge espectacular que ha alcanzado el tráfico de pasajeros y mercancías a través de los puertos canarios demandaba la creación de un ente que se encargue de gestionar ese crecimiento, un elemento esencial dentro de la política de transportes de esta Comunidad Autónoma. En esa línea, continuamos trabajando en la modernización de las instalaciones portuarias, ahora con una mayor participación de cabildos, ayuntamientos, asociaciones empresariales, sindicales, concesionarios, navieras, usuarios y la sociedad portuaria en general; además de optar por la colaboración directa con inversores privados a través de la adjudicación de la construcción de puertos, a cambio de su explotación temporal en régimen de concesión administrativa.

Por otra parte, y ya a nivel político, estamos luchando para que los puertos y aeropuertos de Tenerife y Gran Canaria sean incluidos en la Red Transeuropea del Transporte, lo que permitirá su concurso a programas de inversión europeos que generarían un gran beneficio para toda Canarias y reactivarían también el sector de la construcción en las islas.

Con los cargos que ha desempeñado usted en el Gobierno de Canarias, relacionados con el sector de la ingeniería, conocerá muy bien las necesidades que en esta área tienen las islas, por ello ¿cuáles cree que deberían ser las obras públicas del futuro en las islas Canarias?

Las obras públicas están para facilitar las infraestructuras tanto viarias como de equipamiento y servicios que requiere la población, y a esa premisa debe responder la planificación futura en el Archipiélago, pero siempre desde un punto de vista sostenible y siendo escrupulosos con el respeto al medio ambiente.

En el ámbito de las infraestructuras viarias aún queda mucho por hacer en las Islas. Ahora mismo tenemos proyectos elaborados que no podemos adjudicar por la falta de financiación, y se está trabajando en varios planes territoriales y en el proyecto de otras carreteras recogidas en el Convenio, como la prolongación de la autopista GC-3 hasta Telde y la Variante Aeroportuaria, en Gran Canaria; la continuidad del eje Norte sur, en Fuerteventura; o el cierre del anillo insular, en la isla de Tenerife.

No demos perder de vista la base de nuestra economía, que es el turismo, para cuyo desarrollo debemos mejorar las infraestructuras tanto aéreas como marítimas y terrestres.

También hay que trabajar en la mejora de la planta alojativa para fomentar un turismo de calidad, y mejorar y completar los equipamientos de tipo social, como colegios, hospitales, residencias... Otro tema que tiene que tener resuelto Canarias es el del agua. Los poderes públicos tienen una responsabilidad muy grande en garantizar el abastecimiento de agua a la población. Hay que recordar que en Canarias el agua se obtiene en un porcentaje muy elevado de la desalación, por lo que hay que garantizar la construcción y mantenimiento de las desaladoras y depuradoras.



Circunvalación de Las Palmas de Gran Canaria.

La otra vez habló de carreteras en ejecución como la de Santiago del Teide - Adeje, Icod-El Tanque en Tenerife, San Andrés-Cruz Castillo en La Palma; y de la 1ª fase de la carretera de Vallehermoso-Aure, por citar algún ejemplo. ¿Cómo se están desarrollando estas obras actualmente (u otras que considere más importante destacar)?

En general, ya he explicado la situación existente. Todas las carreteras de Canarias se han visto afectadas este ejercicio por a falta de financiación estatal, por lo que hemos tenido que recurrir a actuaciones extraordinarias para poder mantener la actividad constructiva, aunque muy mermada en algunos casos.

Si acaso, la excepción entre las que cita es la carretera entre Icod de los Vinos y El Tanque, porque se trata de una obra prefinanciada, por el llamado "método alemán", por lo que su ritmo de construcción no se ha visto afectado. Ahora bien, se trata de una vía cuyo coste, superior a los 120 millones de euros, habrá que abonar en el momento de la certificación final de la obra, motivo por el que urgimos al

Estado a encontrar una solución junto con Canarias a la grave situación en la que nos deja el previsible recorte de 291 millones de euros en sólo dos años.

Por último, ¿qué opina de la labor que realiza la Asociación Técnica de Carreteras (Comité Nacional de la Asociación Mundial de la Carreteras - AIPCR-PIARC)?

Me parece una labor muy positiva ya que sus actividades y publicaciones constituyen auténticos foros para el intercambio de experiencias y la transferencia de tecnología aplicada tanto a la proyección como a la construcción y conservación de las carreteras.

Sus congresos internacionales contribuyen a difundir los últimos avances tecnológicos aplicados a las infraestructuras viarias, y facilitan la puesta en común de los problemas que tanto a nivel técnico como económico y social nos vamos encontrando las administraciones públicas, los empresarios y los profesionales del sector. Un aspecto que valoro mucho es que siga conservando su independencia y neutralidad. ❖



**Con PROAS
vuelve a estrenar
carretera.**

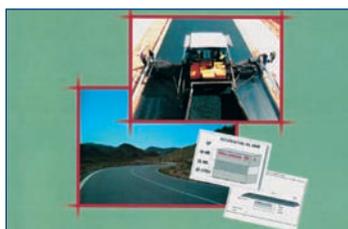
Nuestra amplia gama de productos cuidan y conservan el buen estado de las carreteras. Sea cual sea tu necesidad elige PROAS y estarás apostando por productos de última tecnología pensados para alargar la vida de la carretera.

www.proas.es

PROAS

Innovando para ti

El Inventario como Herramienta de Gestión



The Inventory as a Management Tool

Álvaro Navareño Rojo

Consejero Técnico

Subdirección General de Conservación

Ministerio de Fomento

Resumen

No pueden plantearse actuaciones de rehabilitación de firmes sin conocer las características de los materiales existentes en la carretera (aunque tengamos algunos datos de auscultación). El inventario, integrado en un sistema de gestión de firmes, es una potente herramienta que nos permite planificar, mediante el conocimiento y a través del estudio de la evolución y del comportamiento de la sección del firme, y nos permite además establecer los tramos homogéneos en una red de carreteras, algo absolutamente fundamental en la conservación de una infraestructura de un país avanzado si los presupuestos para ello se mantienen constantes

En este artículo se presentan los últimos avances, sobre inventario de firmes, en la DGC del Mº fomento, así como algunos resultados y análisis de los datos del mismo, como la idoneidad de los tráficos a las secciones existentes y la tipología de firmes predominante en la RCE.

PALABRAS CLAVES: Conservación, planificación, sistema de gestión de firmes, materiales, tramo homogéneo.

Abstract

We cannot start restoration actions of road surfaces without knowing the characteristics of existing materials on the road (even if we have some data auscultation). The inventory, integrated into a pavement management system is a powerful tool that allows us to plan, through knowledge and study of the evolution and performance indicators of the pavements, and also allows us to establish the homogeneous sections of the road network, which is absolutely essential for the maintenance of the infrastructure in advanced countries if the budgets remain constant for this purpose.

This article presents the latest advances, based on the road surfaces Inventory, from the General Directorate of Highways attached to the Ministry of Public Works and some data analysis and results, and the traffic suitability to existing sections as well as the most common type of road pavements of Spain's Highway Network.

KEY WORDS: : Maintenance, planning, pavement management system, materials, homogeneous section.

1. Introducción

La lógica preocupación por la conservación debida a los requerimientos de los usuarios, que cada vez exigen una mayor calidad de la infraestructura viaria viene acompañada además, en los países con mayor nivel de desarrollo y con mayor capacidad de decisión, por la necesidad de la propia Administración, como titular de dicho patrimonio, (que en el caso de la DGC estima en 80.000M euros) de llevar a cabo una buena gestión, ya que el coste de una reparación cuando se ha alcanzado un nivel de daño es muy superior al que origina una actuación preventiva. Esto se fundamenta en el conocimiento e inventario de lo que se va a gestionar y en el seguimiento de su estado a lo largo del tiempo. A partir de estas premisas, aparecen las herramientas llamadas SISTEMAS DE GESTIÓN, que nos permiten organizar y estructurar con distintos niveles de decisión toda la información.

En este artículo desarrollaremos sucintamente la importancia del Inventario de Firms como elemento del Sistema de Gestión de Firms que se encuentra implementado, en actualización permanente, en la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento. Se ha contado con la asistencia técnica de Getinsa Ingeniería, S.L. para su elaboración y posteriores actualizaciones

2. Objetivos del Sistema de Gestión de Firms

El importante patrimonio constituido por la Red del Estado unido a su diversidad, origina una gran complejidad en la gestión de su conservación. Surge por tanto la necesidad de utilizar un Sistema de Gestión de Firms (Figura 1), como parte integrada en la gestión de la conservación, que constituya una herramienta eficaz al servicio de los técnicos responsables de la Red, al objeto de recoger en el mismo toda la información existente

acerca de su naturaleza, su estado de conservación, su comportamiento, su evolución y las necesidades de actuación en los firms.

Los objetivos del mismo pueden resumirse en:

- Poseer información sobre la tipología y características de los firms (inventario) así como del estado de conservación de los firms (auscultaciones), de una forma objetiva, congruente, operativa y fiable.
- Evaluar su evolución.
- Proponer y valorar el coste de las operaciones de conservación necesarias.
- Optimizar la utilización de los presupuestos disponibles que, en general, son limitados y escasos, proporcionando las estrategias de conservación (preventiva o reparadora) en base a una ordenación prioritaria de las actuaciones, función directa de criterios técnicos y económicos.
- Analizar y controlar las actuaciones realizadas.
- Facilitar el flujo de datos e información entre la Subdirección General de Conservación, las unidades y los sectores.

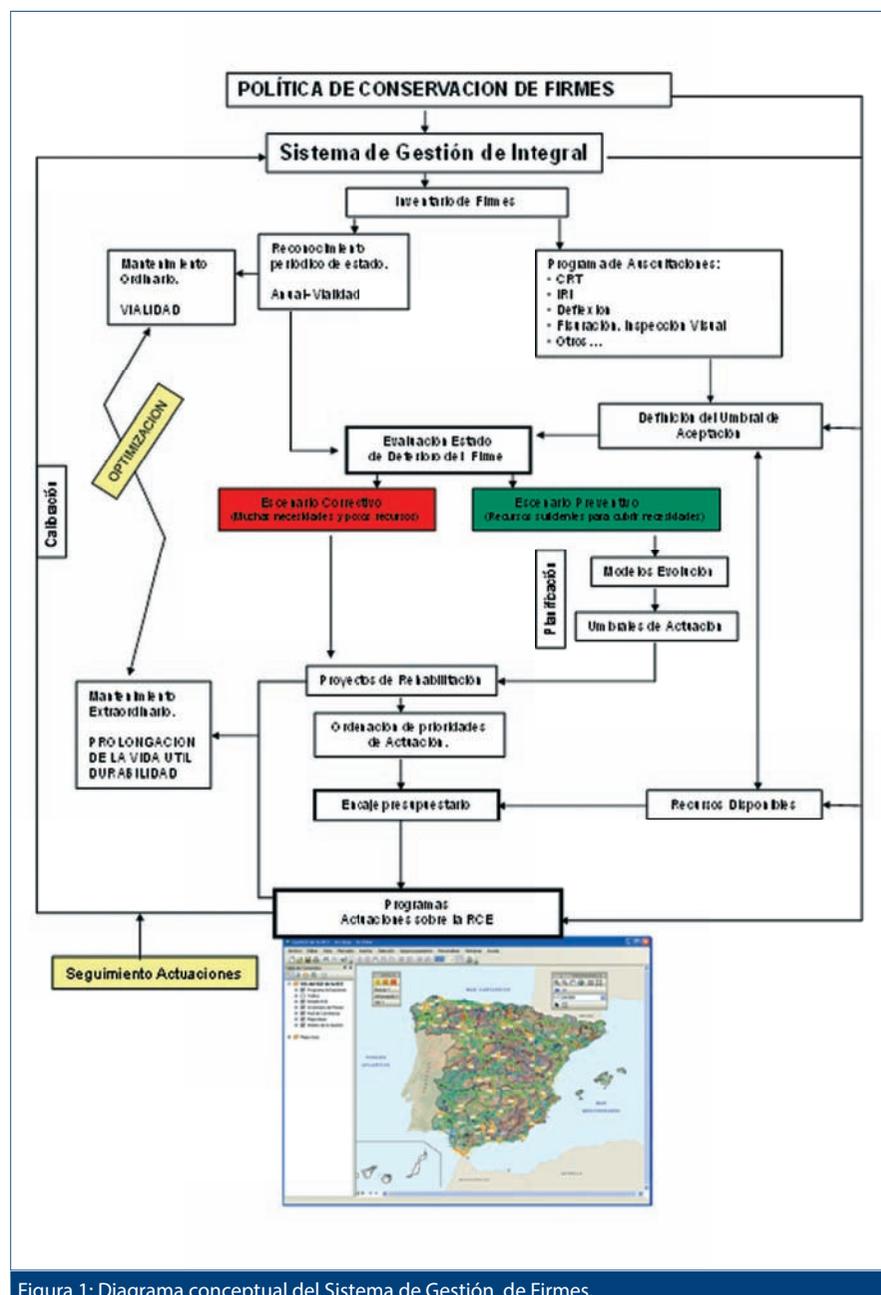


Figura 1: Diagrama conceptual del Sistema de Gestión de Firms.

3. Componentes del Sistema de Gestión de Firmes de la D.G. de Carreteras.

Se enumeran a continuación los elementos más importantes que constituyen el Sistema de Gestión de Firmes que se utiliza en la D.G. de carreteras del Mº de fomento:

Base de datos:

- Inventario
- Tráfico
- Climatología
- Tramificación en zonas de comportamiento homogéneo
- Inspección y auscultación
- Sistema de Georreferenciación

Modelos de evolución:

- Definición de modelos de evolución

Optimización:

- Definición de umbrales de aceptación
- Definición de los distintos tipos de actuaciones de conservación, con su coste
- Condicionantes externos.
- Definición de estrategias atendiendo a diferentes escenarios de actuación
- Programación de actuaciones

Control de la Ejecución de los Programas y Calibración:

- Control y seguimiento de los Programas de Actuación

Dicho sistema es capaz de tratar la gran cantidad de datos disponibles de forma sistemática y ordenada, para lo cual es fundamental partir de una referenciación común para todos ellos, así como de facilitar su actualización. El formato habitualmente utilizado para recoger, integrar y actualizar dicha información es una base de datos. Asimismo es recomendable la coordinación de la información alfanumérica con la gráfica (mapas, fotografías y vídeos).

En este sentido es muy útil la existencia de un sistema de información geográfica (SIG) de toda la Red de Carreteras (RCE), coordinado con el inventario geométrico de la misma, que permite gestionar la in-

formación desde una perspectiva espacial y que es compatible con otros sistemas de la Dirección General de Carreteras.

4. Inventario de Firmes de la D.G.C. del Mº Fomento.

4.1 Presentación

La inspección y conservación de los firmes de la Red de Carreteras del Estado comenzó a sistematizarse entre los años 1.991 y 1.992, cuando se realizaron las primeras inspecciones visuales del estado estructural de los mismos y su inventario, respectivamente. Dichos datos se cotejaron con los procedentes de la auscultación del coeficiente de rozamiento transversal, que la Dirección General de Carreteras realiza anualmente desde el año 1.987, así como con los datos de tráfico disponibles, dando lugar a lo que podría ser un primer Sistema de Gestión propiamente dicho.

Dicho sistema fue desarrollado por el CEDEX, basándose en una aplicación informática en el entorno MSDos, quien hasta hace pocos años gestionaba su funcionamiento. Debido al tiempo transcurrido desde la creación de esta aplicación, en el que la informática ha avanzado extraordinariamente, así como a la obtención de forma sistemática de numerosos datos por parte de la Dirección General, ha sido preciso llevar a cabo una profunda reestructuración del sistema de gestión, al objeto de convertirlo en una herramienta útil al servicio de los técnicos de la Administración responsables de la conservación de los firmes.

Por otra parte, la aplicación de nuevas tecnologías en materia de firmes ha sido continua desde mediados del último siglo del milenio pasado, reflejándose en la normativa de la Dirección General vigente en cada momento. En esa época se sabía que era necesario que los firmes y pavimentos de las carreteras

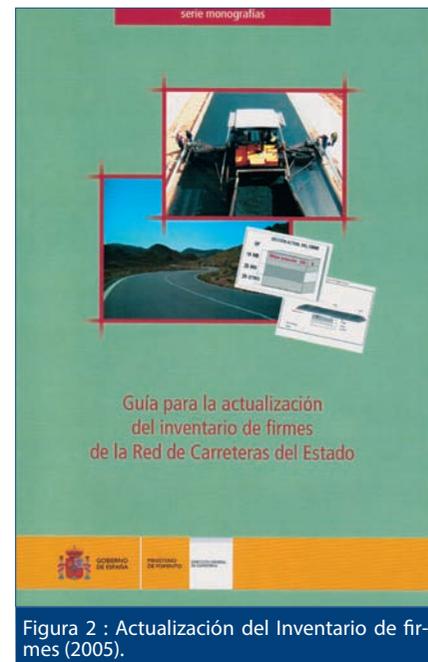


Figura 2 : Actualización del Inventario de firmes (2005).

estuvieran constituidos por varias capas de diferente grosor y naturaleza, y que tenían que tener como cimiento las explanaciones obtenidas con los movimientos de tierras. Se estimaba que su misión era proporcionar superficies de rodadura seguras, cómodas y de características permanentes, para lo que, además de resistir las cargas de tráfico sin deformaciones, agrietamientos y otras alteraciones, debían tener una capacidad suficiente de reparto de cargas a la explanada, protegiendo al mismo tiempo a ésta de la intemperie, especialmente de los efectos del agua.

En los años 60 y en el contexto de distintos programas como el REDIA, se dotó a los firmes de una superficie cómoda y duradera con el empleo generalizado de mezclas bituminosas en caliente y la ampliación del ancho de calzadas. También es verdad que en esos años, debido al fuerte crecimiento económico, se produjo un aumento considerable del tráfico y las cargas de los vehículos pesados que obligó a reforzar la capacidad estructural de los firmes. Se cambió la base de macadam por bases de zahorra artificial y se introdujeron mezclas con cemento, especialmente las bases de grava cemento y las bases y subbases de



Figura 3 : Guía para la actualización del inventario de firmes de la RCE.

suelo cemento; y se inició el empleo de bases bituminosas y la construcción de pavimentos de hormigón de forma más o menos habitual. En esos años se publicó la norma de firmes de la instrucción de 1963 que apenas llegaría a aplicarse.

En los años 70 la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (DGC) detectó que aproximadamente un 3% de los carriles por los que circulaba el tráfico pesado presentaba el fenómeno de las roderas debidas a deformaciones plásticas de las mezclas bituminosas. Por este motivo se modificó la normativa solicitándose requisitos más estrictos para los áridos y el filler, aumentando el contenido de árido grueso y disminuyendo el contenido de ligante de las mezclas. También se detectaron problemas estructurales en secciones con base de grava cemento sobre subbases de zahorras naturales. Por ello, entre otras medidas, se procedió a modificar las secciones estructurales contenidas en la normativa técnica.

En los 80 la normativa técnica experimentó un gran avance con la publicación del PG-3 y las Normas de la Instrucción de Carreteras relativas al dimensionamiento de nuevos firmes, refuerzos de los mismos, etc. Aparecieron también los primeros

catálogos de secciones estructurales normalizadas de firmes de la DCG modificándose así la instrucción de firmes flexibles y rígidos del año 1975.

En la década de los 90 y en los primeros años del siglo XXI aparecieron una serie de novedades muy importantes en materia de firmes de carreteras, en relación con las secciones estructurales, el empleo de materiales nuevos, el reciclado de firmes y el empleo de materiales usados.

La gran cantidad de cambios y modificaciones en la composición de las secciones y los materiales que se ponen de manifiesto en este breve recorrido por los últimos 60 años de los firmes en las carreteras españolas, son más que suficientes para entender la enorme heterogeneidad que se puede llegar a encontrar en los aproximadamente 31.000 kms de calzada cuya conservación es competencia de la DGC. **Inventariar esta heterogeneidad es, sin duda, un trabajo arduo pero imprescindible para el conocimiento de la red y la adecuada planificación y realización de las labores de conservación.**

Una conservación adecuada debe planificar, con tiempo para su programación, actuaciones preventivas encaminadas a evitar los deterioros del firme. Para ello, la DGC se apoya en un Sistema de Gestión de Firmes que permite a los técnicos responsables tomar decisiones basándose en los datos contenidos, entre otros, en el Inventario de Firmes.

Este inventario, como se puede intuir, es complejo por la propia evolución de las normativas y de las características de las actuaciones que sobre él se hayan producido, pero, no cabe duda, que es del todo necesario.

Por todo lo expuesto anteriormente, se ha elaborado recientemente la **“Guía para la actualización del inventario de firmes de la RCE”** que, con vocación didáctica, presenta los pasos a seguir para la actualización del Inventario de los Firmes

de la Red de Carreteras del Estado.

4.2 Organización del Inventario

El inventario de los firmes, debe disponer, de forma estructurada, la información relativa a los firmes desde el punto de vista de sus características superficiales, estructurales y geométricas. Son destacables las **modificaciones llevadas a cabo en las fichas del inventario de firmes con el propósito de recoger todas las novedades en materia de firmes: reciclado, nueva nomenclatura de mezclas, etc.** Este nuevo formato de inventario de firmes, para facilitar la importante labor de actualización que realizan las unidades y los sectores, se ha estructurado, dentro de su complejidad, de la forma más sencilla posible.

El nuevo modelo de inventario elaborado desde la DGC se organiza en base a dos fichas de datos que responden a las circunstancias que se pueden presentar en el momento de la actualización y que son las que a continuación se indican:

Ficha Firme Inicial: En ella se almacena la información relativa al firme inicial, es decir, la sección estructural que se construyó por primera vez sin tener en cuenta las posteriores actuaciones que hayan podido tener lugar.

Ficha de Rehabilitación y mejora: En esta ficha se almacena la información relativa a las actuaciones de rehabilitación y mejora que se hayan podido ejecutar sobre un firme ya construido e inventariado anteriormente.

La metodología a emplear para obtener y actualizar dicha información es, en una primera fase, partir de los proyectos de construcción o rehabilitación o del conocimiento que del mismo tienen los responsables de la carretera, y en su defecto o como complemento, la utilización de equipos de alto rendimiento como georradar3D. Por último, se puede recurrir a la extracción de testigos y catas en el firme.

5. Análisis y Aplicación del Inventario de Firmes

En los siguientes apartados, se presentan una serie de datos obtenidos de la campaña de inventario 2011, recopilada a través de las distintas unidades y servicios de conservación de la DGC del M° de Fomento, y en particular de los correspondientes sectores de conservación con un grado de actualización en torno al 80% de la Red. El total de kilómetros de calzada con registros completos de datos fue de 28.649kms. En junio de 2012 se va a realizar una nueva campaña, donde se espera aumentar al grado de actualización y mejorar la fiabilidad de los datos obtenidos.

5.1 Analisis de Diversos Datos.

La existencia de un buen inventario posibilita la consulta y explotación de los datos en función de lo que el gestor pretenda analizar. A continuación se muestran algunos ejemplos.

Tabla 1: Longitud de calzadas y carreteras

Longitud	Kilometros
Carreteras inventariadas	23.282,43
Carreteras con calzada única	14.730,97
(*) Carreteras con más de una calzada	8.551,46
Calzadas	31.681,08
Calzadas que no son únicas	16.950,11

(*) Las longitudes que se han considerado corresponden a la calzada 1 (derecha), por esa razón, la longitud de calzadas totales no coincide con la de carreteras con calzada única más dos veces la de las carreteras con más de una calzada.

De los datos suministrados por el inventario de firmes, se han obtenido las longitudes expresadas en kilómetros en las que se ha distinguido entre kilómetros de carretera y kilómetros de calzada (Tabla 1)

En la figura 4 se muestran los materiales que componen la capa de rodadura de los firmes de la red.

Otro factor de interés, es el momento en que se colocaron las capas de rodadura. La edad media de las ca-

pas de rodadura es de 10 años, dato que proporciona una idea del periodo de renovación superficial de la red.

En la figura 5 se puede ver la distribución de las capas de rodaduras según el año en que se colocaron. Se observa que en el periodo 2005-2010 se ha actuado sobre el 42% de la red.

En la figura 6 se pueden apreciar los volúmenes de los materiales que constituyen el conjunto del firme.

En lo referente a la tipología de fir-

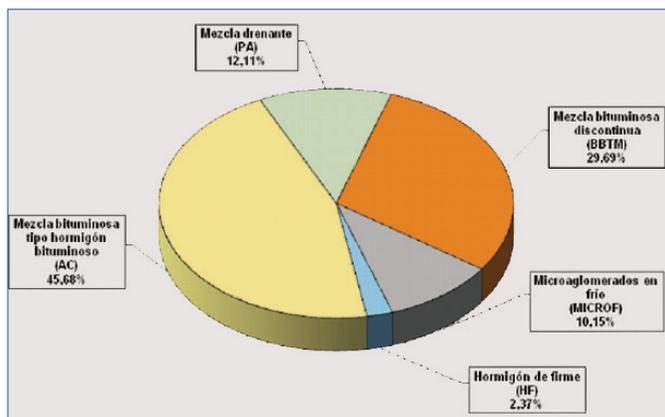


Figura 4. Distribución de materiales de rodadura según la longitud de calzada.

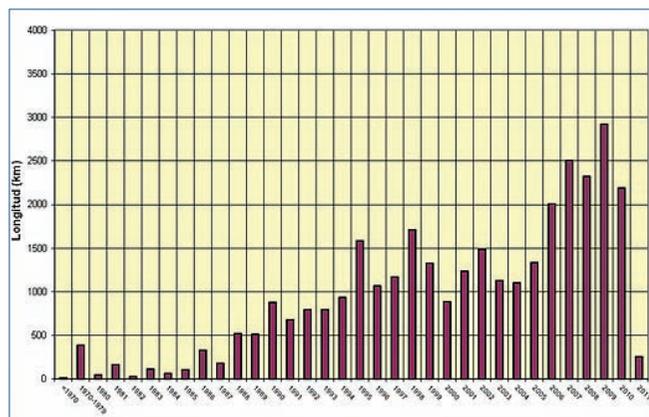


Figura 5. Distribución de fechas de las capas de rodadura.

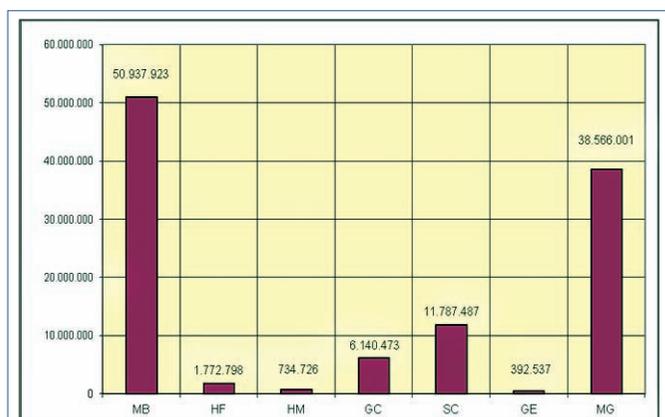


Figura 6. Volumen de los materiales en los firmes sólo en calzadas (m³) .

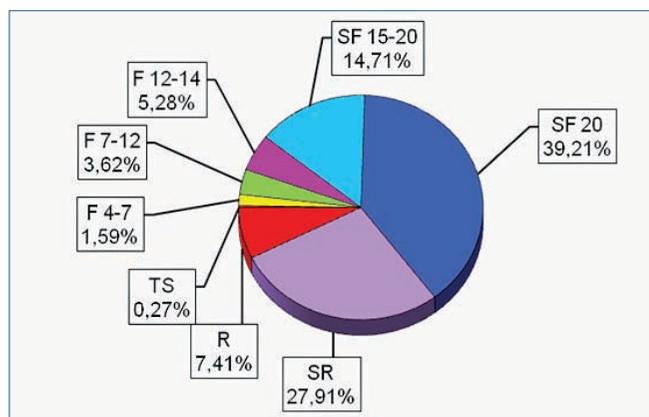


Figura 7. Tipos de firmes.

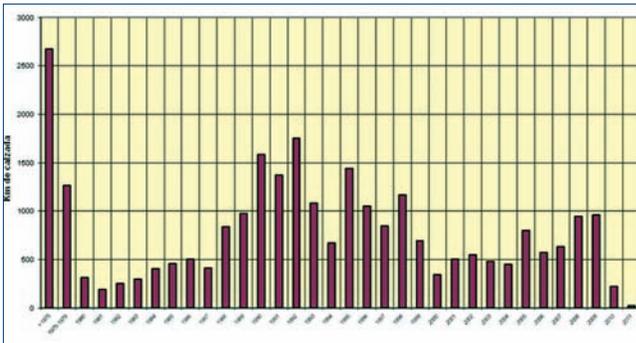


Figura 8. Distribución de la edad de los firmes

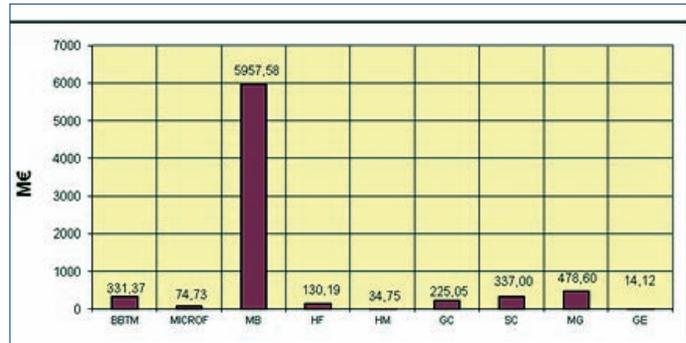


Figura 9. Valoración de los materiales de la red (Millones de €).

mes de la RCE, conviene destacar que casi el 81,83 % de su longitud está compuesta por firmes semiflexibles y semirrígidos.

La figura 7 muestra la distribución de los tipos de firmes en el conjunto de la red.

En el porcentaje de pavimentos de hormigón se incluyen los firmes sobre tableros de estructuras. En la figura 4 se aprecia que el porcentaje de km de rodadura de hormigón respecto del total de la red es un 2 %, es decir, un 5.41% de los pavimentos de hormigón cuentan con una "rodadura" bituminosa.

En la figura 8 se muestra la distribución de la longitud de calzada según la fecha de los firmes en toda la red inventariada.

Se puede observar que en el pe-

riodo de 1990 a 1995 se puso en servicio el 25% de las calzadas de la red. También se obtiene del inventario que el 64,7 % de la red tiene una edad estructural superior a 7 años.

En la tabla 2 se resumen los datos sobre últimas, penúltimas y antepenúltimas actuaciones

Teniendo en cuenta que el espesor medio de la mezcla bituminosa en los firmes de la red es de 22 cm, se ha hecho "la suposición" de que están formados por 7 cm de mezcla tipo D, otros 7 cm de tipo S y los 8 cm restantes de tipo G. En la figura 9 se aprecia el valor de reposición estimado de cada uno de los materiales que componen el firme sin en tener en cuenta los arcenes, a precios actuales, y suponiendo un estado de conservación aceptable.

Tabla 2. Últimas, penúltimas y antepenúltimas actuaciones

Espesor medio de los últimos refuerzos	9,94 cm
Desviación típica de los últimos refuerzos	6,31 cm
Espesor medio ponderado de los últimos refuerzos	9,18 cm
Longitud de calzadas con últimas actuaciones de refuerzo:	13.051,2 km
Penúltimas actuaciones:	
Espesor medio de los penúltimos refuerzos:	8,60 cm
Desviación típica de los penúltimos refuerzos:	5,07 cm
Espesor medio ponderado de los penúltimos refuerzos:	8,89 cm
Longitud de calzadas con penúltimas y últimas actuaciones de refuerzo:	10.995 km
Duración media de las penúltimas actuaciones:	7,94 años
Duración media ponderada de las penúltimas actuaciones:	7,87 años
Antepenúltimas actuaciones:	
Espesor medio de los antepenúltimos refuerzos:	8,09 cm
Desviación típica de los antepenúltimos refuerzos:	4,18 cm
Espesor medio ponderado de los antepenúltimos refuerzos:	8,03 cm
Long. de calzadas con antepenúltimas y penúltimas actuaciones de refuerzo	4.468,6 km
Duración media de las antepenúltimas actuaciones:	8,34 años
Duración media ponderada de las antepenúltimas actuaciones:	8,48 años

5.2 Adecuación de los Firmes al Tráfico que Soportan

En las figuras 10, 11 y 12 se muestra la distribución porcentual de los tipos de firmes según la categoría de tráfico pesado que soportan.

En términos generales se observa que los firmes son adecuados a las cargas que soportan. Para las intensidades de tráfico pesado más altas los tipos de firme presentan una mayor rigidez, mientras que para intensidades menores los firmes son más flexibles.

A título de ejemplo se presentan las distribuciones para tráficos T00, T0 y T1.

6. Particularidades del Inventario de Firmes

El Inventario de firmes, integrado en el Sistema de Gestión de Firmes, es una herramienta fundamental al servicio de los técnicos responsables de la gestión de las carreteras ya que:

- Es la base sobre la que se debe sustentar cualquier modelo de gestión, porque nos permite "conocer" lo que queremos gestionar.
- Ha de tenerse en cuenta en primer lugar el grado de detalle que se desea alcanzar, por la implicación en los costes que supone y en su viabilidad como herramienta.
- Un buen inventario de firmes, debe estar coordinado con los responsables de construcción, conservación y proyectos de carreteras, indistintamente, para garantizar su fiabilidad, homogeneidad y óptima utilización de los recursos necesarios en tiempo y forma.

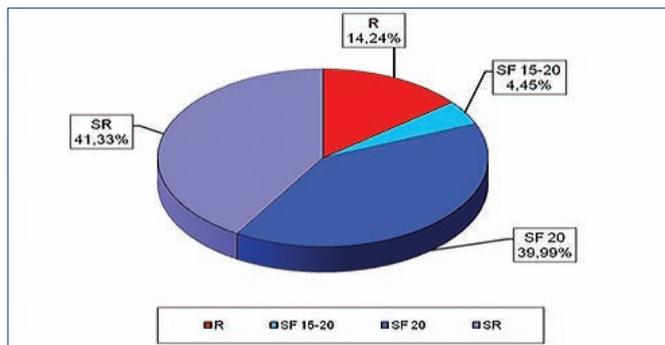


Figura 10. Distribución de tipos de firmes para tramos con tráfico T00.

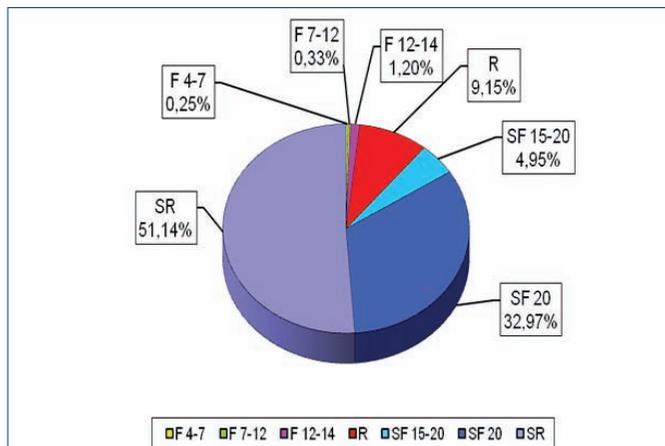


Figura 12. Distribución de tipos de firmes para tramos con tráfico T1.

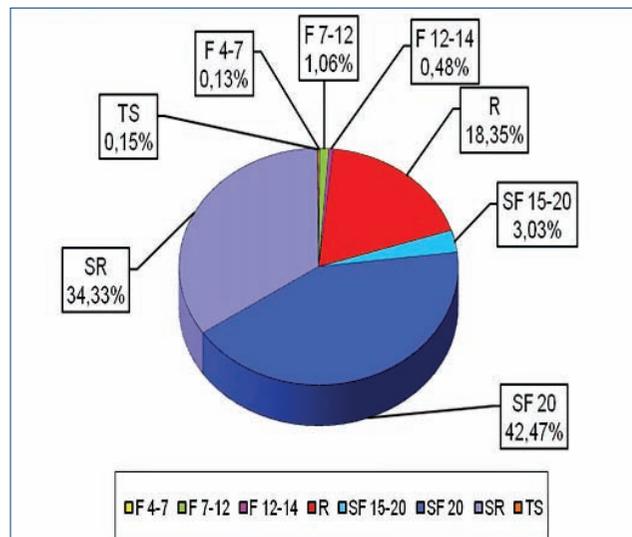


Figura 11. Distribución de tipos de firmes para tramos con tráfico T0.

Tabla 3 : Datos de la RCE *

Longitud de calzada de la RCE	31.681 km
Longitud de calzada de vías de gran capacidad (RCE)	16.950 km
Calzadas de gran capacidad respecto a toda la RCE	53,50 %
Longitud de calzadas con últimas actuaciones de refuerzo:	20 %
Tráfico de pesados respecto al total de carreteras españolas	63 %

* De acuerdo con el inventario del SGF actualizado a 2011.. En los datos de la RCE no se han considerado autopistas de peaje ni contratos de autovías de 1ª generación.

- Si se tiene información de los ensayos de control de obra se puede aumentar mucho la precisión del mismo, y mejorar la calidad del estudio del comportamiento de los firmes en su conjunto y de los materiales, lo cual permite retroalimentar el sistema de gestión, y mejorar enormemente el diseño y concepción de los mismos, adaptados a la climatología y a las solicitudes existentes realmente.
- Normalmente, esta lógica disposición de la información no se da, o no se realiza, siendo necesario realizar el inventario con posterioridad a las obras, lo cual resulta mucho más costoso y menos preciso.
- El análisis del Inventario de firmes nos permite conocer el tipo de firme, fundamental para una primera aproximación al estudio de su comportamiento y evolución, también tratar de determinar cuáles son los parámetros que principalmente gobiernan el comportamiento de las distintas capas, también determinar su evolución y nivel de servicio hasta alcanzar una determinada vida útil, conociendo la edad del mismo.
- Otro aspecto fundamental en el análisis es la **determinación de las zonas o tramos homogéneos, desde el punto de vista de su comportamiento**; para lo cual, la existencia de un inventario de firmes facilita enormemente su determinación, **lo cual permite realizar una adecuada planificación de las futuras actuaciones de rehabilitación** a partir del conocimiento de estas zonas de similar comportamiento. Este aspecto permite determinar el verdadero grado de madurez de un sistema de gestión, **lo cual no solo es posible con una herramienta informática avanzada (SGF), sino con una necesaria constancia y estabilidad en los presupuestos destinados a la conservación de los firmes, que permitan poner al día los tramos en mal estado, y aseguren una estrategia de gestión preventiva, a través de la constancia de la inversión.**
- Por último, para la Red de Carreteras del Estado, supone un gran avance tener la Red dividida en tramos de conservación integral, que permiten,

además de mantener la vialidad, conocer adecuadamente los tramos de carreteras y haber desarrollado la web, con el inventario, que permite la introducción de datos, su consulta, el flujo de información y las gestiones entre la Subdirección, las unidades y los distintos sectores de conservación.

7. Referencias Bibliográficas

- [1] Ministerio de Fomento. Secretaría General Técnica. Dirección General de Carreteras. "Guía para la actualización del inventario de firmes de la RCE". Septiembre 2011
- [2] Ministerio de Fomento. CEDEX. "Informe Técnico: Actualización del inventario de firmes". Diciembre 2005. (No publicado)
- [3] Ministerio de Fomento .CEDEX. "Desarrollo Práctico de los Sistemas de Gestión de Firmes". Oscar Gutiérrez-Bolívar y Francisco Achútegui. 2003.
- [4] X Jornadas de Conservación de Carreteras. ATC. "Ponencia: Sistemas de Gestión de Firmes". Álvaro Navareño. 2006. ❖

Drenaje Superficial y Profundo y su Incidencia Geotécnica en las Infraestructuras Lineales



Deep and Surface Drainage and its Geotechnical impact in Lineal Infrastructures

Carlos Oteo Mazo
 Prof. Dr. Ing. de C. C. y P.
 Catedrático de Ing. del Terrento

Resumen

En este artículo se presentan, esquemáticamente, los problemas más importantes que se plantean en el entorno de obras viarias, en relación con el agua, considerando tanto los problemas de inestabilidad de taludes y terraplenes a media ladera, como los casos de filtración bajo la plataforma viaria y el efecto del agua sobre las propiedades físico-químicas del terreno. A la vista de estas características, se analizan los procedimientos más usuales de estabilización de desmontes y terraplenes, se presta atención especial a los fenómenos que pueden inducirse en el fondo de trincheras o al pie de desmontes en terrenos colapsables y expansivos, completándose la exposición con un análisis del problema del agua en relación con túneles, bien artificiales, bien subterráneos.

PALABRAS CLAVES: Geotecnia, excavaciones a cielo abierto y subterráneas, taludes, refuerzo del terreno.

Abstract

This article presents, schematically, the most important problems that arise in the road works environment, in relation to water, considering the problems of instability of slopes and embankments along the hillside, such as road platform filtration and the effect of water on the physicochemical properties of the ground. Considering these characteristics, the most common procedures for stabilization of cuttings and embankments have been analysed, special attention is given to the phenomena that can be induced in the bottom of trenches or at the foot of cuttings in collapsible and expansive grounds, completing the study with an analysis of the water problems in relation to tunnels, artificial or underground tunnels.

KEY WORDS: Geotechnical, open pit diggings and underground diggings, slopes, soil reinforcement.

1. Introducción

Hace unos cuatro años el Comité de Geotecnia Vial de la A.T.C. organizó, en Antequera, una Jornada sobre drenaje subterráneo en infraestructuras del transporte. El motivo principal era difundir el documento elaborado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento titulado “Recomendaciones para el proyecto y construcción del drenaje subterráneo en obras de carreteras” (Orden Circular 17/2003).

En esa jornada no sólo se resumió y debatió dicho documento sino que se presentaron diversas experiencias oficiales en Castilla y León y en Andalucía, así como otras experiencias españolas, tanto en obras de carretera como de ferrocarril.

En el presente artículo se vuelve – dada su importancia – a tocar el tema del drenaje, pero no sólo profundo sino también superficial. Y esto último con motivo de los estudios que, bajo el impulso de la misma Dirección General de Carreteras antes citada, se han desarrollado para el cálculo de caudales superficiales.

El tema es muy importante, por los daños que puede originar el agua en la carretera y en su entorno (taludes inestables, terraplenes “en marcha”, erosiones, etc.), lo cuál acaba afectando a la propia vía de comunicación que, a veces, puede comportarse como un verdadero sistema de interrupción a la circulación del agua (superficial y semiprofunda, al disminuir, bajo carga, la permeabilidad del terreno)

Por eso en este artículo se va a prestar atención especial a la relación amor-odio del agua y el terreno, en el entorno de infraestructuras lineales, tanto superficiales como subterráneas, principalmente en túneles artificiales, ya que estos – sobre todo, en medio urbano – han venido aumentando extraordinariamente en longitud, en la última década y, con ello, sus problemas.

Como decía CASTILLA (2008,

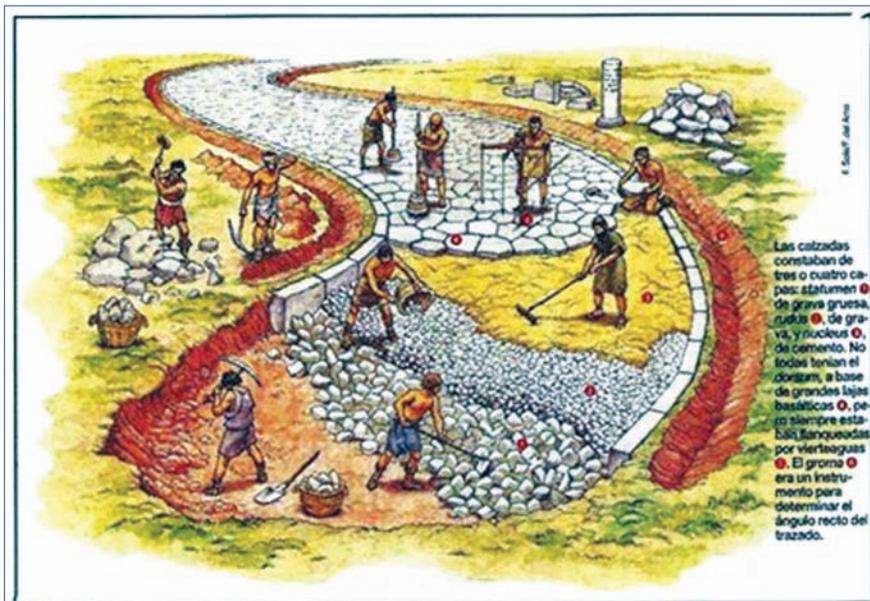


Figura 1. Esquema de las capas que constituían una calzada romana (Fonseca, 1989).



Figura 2. Calzada romana con “socavón” por arrastre de finos inferiores (Jordania).

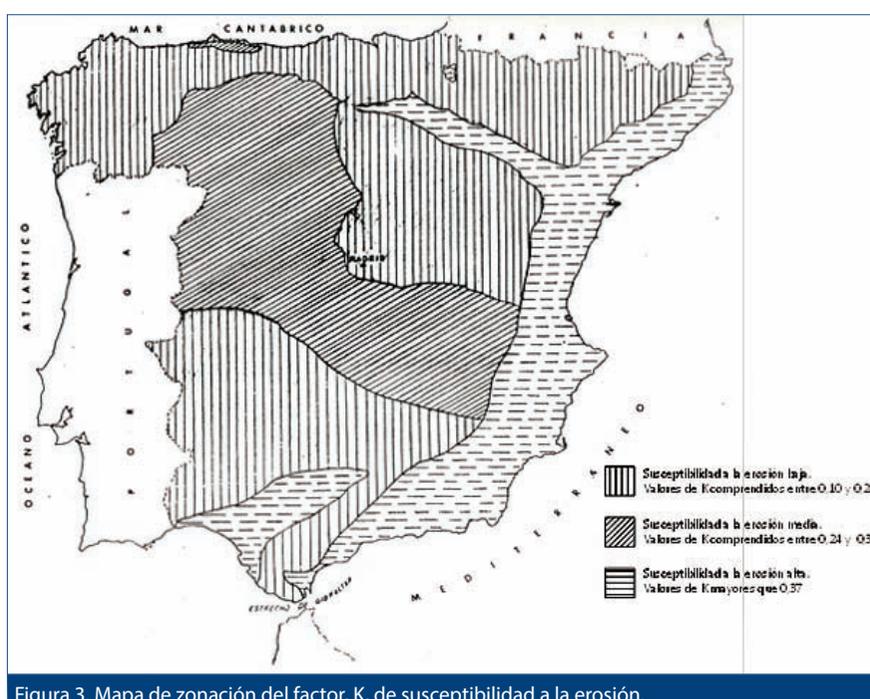


Figura 3. Mapa de zonación del factor, K, de susceptibilidad a la erosión.

Jornada de Antequera), “ya los romanos conocían el efecto destructivo del agua y preservaban el firme de las losas de piedra del contacto con la sub-base mediante la interposición de una capa de arena.” “Hasta el siglo XIX se hicieron pocos progresos. En este siglo aparecieron científicos ilustres que resaltaron la importancia de mantener seco el firme, atribuyendo al mal drenaje el estado defectuoso de las carreteras de Gran Bretaña”.

En la Fig. 1 se presenta un esquema de la construcción de una calzada romana: El firme final y superficial son losas pétreas, pero debajo hay una capa claramente drenante, con una capa intermedia (a manera de filtro), recebada. El fallo de la evacuación del agua a través de esa capa drenante (por contaminación con la superior, si el papel de “filtro” no había sido conseguido) producía arrastres y hundimiento del firme superficial (Fig. 2).

Ya el empleo de elementos gruesos intentaba, además de resistir las capas, el evitar el efecto de la erosión, tan importante en las calzadas en la época primitiva, al no haber elementos aglomerantes. También es importante la erosión del medio que rodea a la carretera, ya que el terreno arrastrado acabará, en parte, al pie del talud (afectando al drenaje) y, en parte, como barro sobre la calzada, afectando a su servicio. Aunque ya es antiguo, como todavía es válido, se ha reproducido en la Fig. 3, el mapa de “isoerosionabilidad específica” elaborado en el CEDEX (bajo la dirección de Antonio López Corral) en 1981. Ni este tema – ni el de socavación en pilas de puentes – se trata en estas páginas, por no disponer de espacio ni de tiempo de exposición suficientes. Remitimos al lector al Simposio de Torremolinos de 1989 sobre estos temas y a textos más modernos (Congresos mundiales de carreteras de Tokyo y México).

2. El Agua en el Entorno de las Vías de Comunicación

Este es el importante objetivo de esta Jornada, tema al que la Asociación Técnica de Carreteras, a través de su Comité de Geotecnia vial, ha venido prestando atención especial:

- En 1989 se celebró en Torremolinos un “Simposio sobre el agua y el terreno en las Infraestructuras Viarias”, de 3 días de duración, con cuatro sesiones y múltiples ponencias y comunicaciones.
- En 2007 celebramos en Antequera la “Jornada sobre drenaje subterráneo en Infraestructuras de Transporte”, con cerca de cuatrocientos asistentes.
- En diversos simposios (Vigo, Santander, etc.) se han tratado, lateralmente, este problema.

Todo lo que se diga sobre la protección de la vía de comunicación frente

al agua es poco, por los problemas de arrastre y reblandecimiento que supone para el terreno subyacente a la plataforma viaria, a parte de los de contaminación con finos de la calzada o del balasto ferroviario.

Algunos puntos importantes sobre el tema son : (Fig. 4, Oteo, 2004).

- La precipitación en parte se infiltra, en parte pasa a ser escorrentía superficial y, en parte, se evapotranspira.
- La infiltración va pasando hacia las capas más profundas de base, más sanas y compactas. Sin embargo, dado que suelen existir zonas preferenciales de menor permeabilidad (con fronteras quasi-paralelas al talud, que vienen a separar zonas de diferente naturaleza o distinto grado de alteración, como son los coluviales y los eluviales), parte del agua circula dirigida por esas fronteras o contactos, con lo que la saturación se inicia a poca distancia de la superficie del talud y sube hacia ésta, como ocurre en las formaciones arcillosas (Fig. 5).
- La circulación en esos contactos puede dar lugar a la presencia de fuentes o a la alimentación de cauces al pie de la ladera natural, con el consiguiente aumento de presiones intersticiales y erosiones. En épocas de sequía estas fuentes no se ven, por eso conviene preguntar “a los del lugar”.

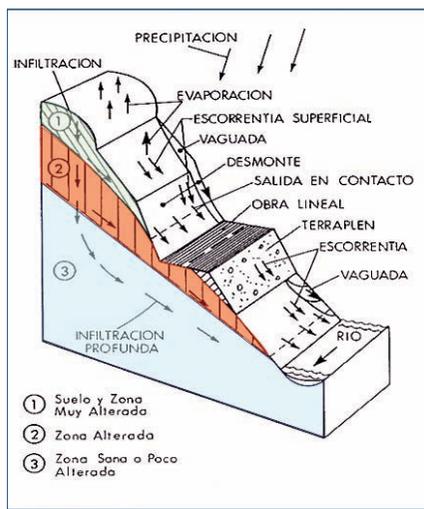


Figura 4. El agua en desmonte, explanada y terraplén.

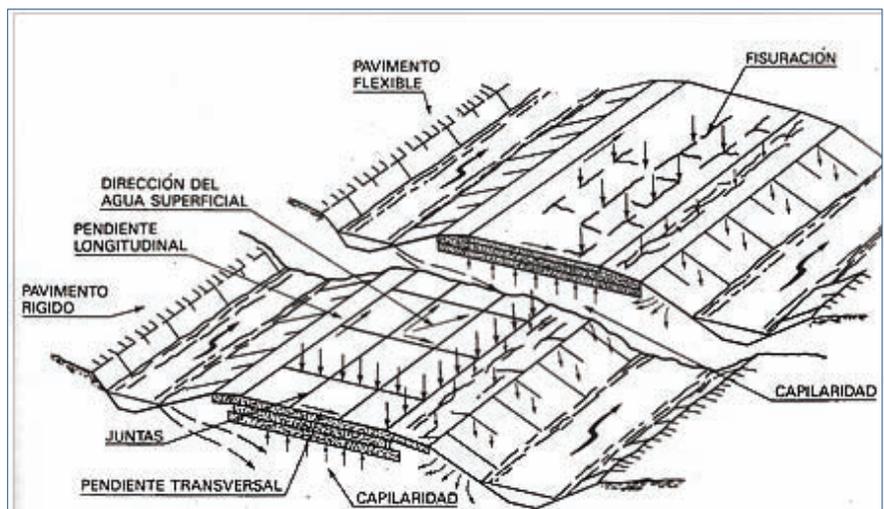


Figura 5. El agua en la explanada (DIEZ, 2008).

- El desmonte (a veces con terraplén a media ladera) puede suponer una barrera total o parcial a la filtración de agua apoyada en las zonas de frontera antes citadas, elevando localmente el nivel piezométrico del agua de esas capas (más o menos superficial).
- El agua de escorrentía puede producir arrastres, erosiones y empujes sobre bloques rocosos de pequeño y mediano tamaño, al circular por las diaclasas y grietas. Además facilita acciones de tipo meteorizante, al combinarse su acción con los descensos y ascensos cíclicos de temperatura (en materiales rígidos), efecto al que hay que agregar el dañino cambio de humedad (humedad-sequedad) estacional, muy importante en materiales de tipo margo-arcilloso, efectos a los que hay que añadir posibles cambios químicos por hidratación o disolución.
- Concentración de agua en vaguadas y trincheras, con acumulación de problemas.
- El desmonte puede generar –si la geometría del problema es la adecuada– importantes cambios tensionales, por la descarga que supone en el material situado bajo la masa (y en sus laterales) eliminada: Por un lado se liberan tensiones internas -lateral y verticalmente- que pueden desencadenar peligrosas decompresiones; ello da lugar a entumecimientos del terreno, que el caso de materiales estratificados, supone la apertura de fisuras y separación de estratos. Por otro, permite el acceso del agua a nuevas zonas, antes prácticamente inaccesibles, dada la compacidad del material, lo cual puede originar cambios físico-químicos, como hinchamientos en arcillas con minerales esmectíticos, transformaciones químicas, (paso de la anhidrita a yeso dihidratado, con el consiguiente y lento aumento de volumen), etc., a parte del consabido reblandecimiento.
- Existe la posibilidad de que el nivel del río de base cambie considerablemente, por la creación de embalses. Ello da lugar al aumento de presiones intersticiales no previstas, con los consiguientes problemas. En otros casos -cerca de presas, aguas abajo- las laderas son desmontadas, corregidas y reforzadas, a fin de que soporten la acción erosiva en su pie de la descarga hidráulica de aliviaderos, acción a la que hay que prestar especial atención por el riesgo que encierra. En el embalse del Esla, al embalsar, la carretera de circunvalación presentó, más de treinta inestabilidades. Este riesgo también existe en el caso de desmontes cerca de ríos no protegidos, por la acción erosiva que éstos originan en sus pies.

Todo ello depende de:

- Geomorfología de la zona.
- Estructura geológica.
- Problemas hidrológicos e hidrogeológicos.
- Propiedades geotécnicas del terreno.
- Características de la obra realizada, etc.

En cualquier caso se deben contemplar (Oteo, 2004):

- Problemas de inestabilidad general del desmonte y de inestabilidad general de la ladera en que se inscribe.
- Problemas de inestabilidad general superficial y de erosión (arrastres, caída de bloques, etc.).
- Estabilidad del fondo de la excavación.
- Las propiedades resistentes representativas de los materiales y su evolución con el contenido de humedad.
- Las acciones del agua, con definición de niveles piezométricos adecuados, posibilidad de agua en grietas produciendo empujes localizados, etc.
- La acción de excavaciones sobre el estado del terreno y del procedimiento de excavación del talud.

En el caso de rocas, una mala voladura puede abrir diaclasas y dañar mucho el talud.

- El potencial erosivo superficial.
- Las acciones de la decompresión (apertura de finos, aumento de permeabilidad en el fondo de trincheras, etc.)
- La posibilidad de que el agua origine cambios físico-químicos (hinchamientos, colapsos, hidrataciones...).
- Que el caso más peligroso es el de la trinchera, por la capacidad de almacenamiento del agua de lluvia directa (no se olvide que en las normas norteamericanas se considera que se infiltra, a través del firme, hasta el 60% de la precipitación) y de escorrentía.
- Que es muy importante diseñar unas labores importantes de drenaje en las plataformas en trinchera, sobre todo en el caso de suelos con finos (no olvidando que la decompresión por excavación “afloja” el terreno y abre fisuras y caminos horizontales al agua). En la Fig. 6 se esquematiza una posible so-

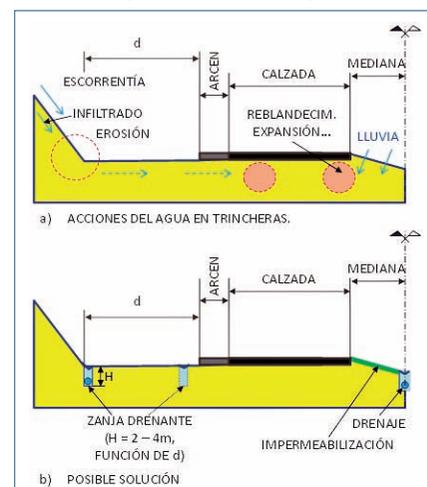


Figura 6. Drenaje en plataforma en trinchera.

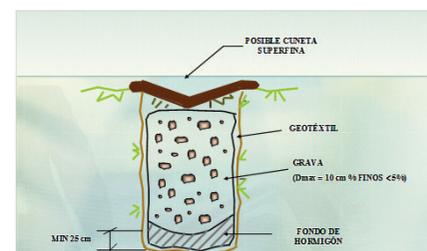


Figura 7. Zanja drenante sin tubo.

lución para este caso. Si se hacen sobreexcavaciones para conseguir más materiales hay que cuidar la zona de anchura "d", para que no se introduzca más agua, impermeabilizándola superficialmente (un riego asfáltico o una capa de suelo con cal o similar) o realizando doble drenaje (Fig. 6).

- Las zanjas drenantes pueden llevar tubo o no (Fig. 7), siendo esta última circunstancia más fácil de construir, sobre todo al pie de desmontes, con las condiciones de la figura señalada. El geotextil (drenante y anticontaminante) debe ser del tipo manta (con un peso aparente de 100-200 gr/m²), aunque también puede pensarse en barreras laterales (del lado que viene el agua) con "hueveras" o similares.

3. El Efecto del Agua Sobre el Terreno

La circulación del agua en el terreno puede tener diversos efectos:

- Originar saturación del mismo, lo cuál suele – en líneas generales – producir un "reblandecimiento" o disminución de resistencia y aumento de su deformabilidad, lo que hace que la plataforma viaria vaya deformándose más al llegar a un cierto nivel de tensiones respecto al terreno situado por debajo (sea terraplén o sea terreno

natural). Si se trata del fondo de una trinchera, ésta circulación se ve favorecida, ya que la decompresión, por lo general, aumenta la permeabilidad de conjunto y, además, puede abrir fisuras y facilitar la circulación de agua.

- En los casos en que la estructura del material lo permita, esta aportación de agua puede inducir disoluciones y colapsos (suelos con densidad muy baja), lo cuál puede haber estado sucediendo mucho antes de que se construyera la vía, por lo que puede estarse en la situación de afectar a un terreno cárstico (calizo o yesífero), como son los casos mostrados en la Fig. 8. Contra estos problemas hemos luchado bien rellenando huecos con mortero, bien levantando la zona de posible disolución y colapso (limos yesíferos, por ejemplo, en la entrada a Zaragoza de la L.A.V.) y recompactando el terreno (Fig. 9). En otras ocasiones se ha reforzado la base de la calzada con losas de hormigón de 30 cm de espesor y algo de armadura (L.A.V. a Barcelona en la zona de Torija y M-45 I en Madrid), o con geotextiles (R-3, cerca de Madrid).
- Si el material natural es potencialmente expansivo, el cambio de régimen hídrico puede tener doble consecuencia: a) Desecar la superficie expuesta de taludes, sobre todo en su pie, con lo que se pro-

ducen cuarteamientos, desprendimientos y arrastres, con la consiguiente debilidad para el talud de desmonte (sobre todo, al afectar a su pie), que puede ir originando inestabilidades superficiales pero continuar, con atoramiento de las cunetas de drenaje. En la bajada de Perales de Tajuña (N-III, cerca de Madrid), se llegó a construir muros de gaviones, con aportación de terreno no expansivo que cubriera parte del talud (Figs. 10 y 11). b) Levantamiento del fondo de la trinchera (no uniforme, claro está), lo que puede producir roturas en el firme. Estos también puede suceder en el caso de mezclas de yesos de tipo glauberita (o sea, con cloruro sódico o sal de Glauber) con arcillas expansivas. La circulación de agua, al pasar por la glauberita, permite introducir en la red expansiva de la arcilla iones sodio, lo que aumenta la expansividad de la arcilla. En el Sur de Madrid hemos visto al menos dos veces este fenómeno, con levantamientos de más de 1 m y ruina total del pavimento y de instalaciones de depuración de agua.

Ese colapso que hemos citado anteriormente puede ser "enorme", según la densidad seca natural del terreno y su grado de saturación. En el caso de los limos yesíferos de Alfajarín (sobre los que se asienta la autovía Zaragoza-Alfajarín) el



Figura 8. Formaciones de cuevas y simas por disolución y arrastre.



Figura 9. Excavación y recompactación de limos yesíferos colapsables.

colapso, en laboratorio, por inundación con agua destilada (bajo una presión de 3 Kp/cm²), llegó al 11,3%, como demostró el Dr. FARACO en su Tesis Doctoral (1977). Pero también el colapso puede producirse en materiales de los terraplenes ferroviarios. En la Fig. 12 se muestra un caso de limos arcillosos porosos, (índice de huecos del orden de 0,85), situados en fondos de valles planos en la cuenca del Ebro, en que el colapso llegó, en laboratorio, al 5,5%, tras inundar, después de haber aplicado una presión de 200 KPa. El grado de saturación inicial era sólo del 43% (ALONSO, 2004).

El estado de compactación del terraplén y su naturaleza geotécnica influyen extraordinariamente. En la Fig. 13 se reproducen los resultados obtenidos por LAWTON y otros (1989) con la técnica de doble edómetro en una arena arcillosa (SC), con un contenido del 15% de arcilla, cargando las muestras con una presión bastante alta (400 KPa). Uno de los ensayos se hacía a humedad natural y el segundo sobre muestra inundada. La Fig. 13 muestra la transición entre el comportamiento expansivo a altas densidades y el del colapso a densidades bajas, lo que se produce a densidades ligeramente inferiores a la óptima del ensayo de Proctor Normal. Este doble comportamiento también lo observamos en suelos salinos de Irán hace más de

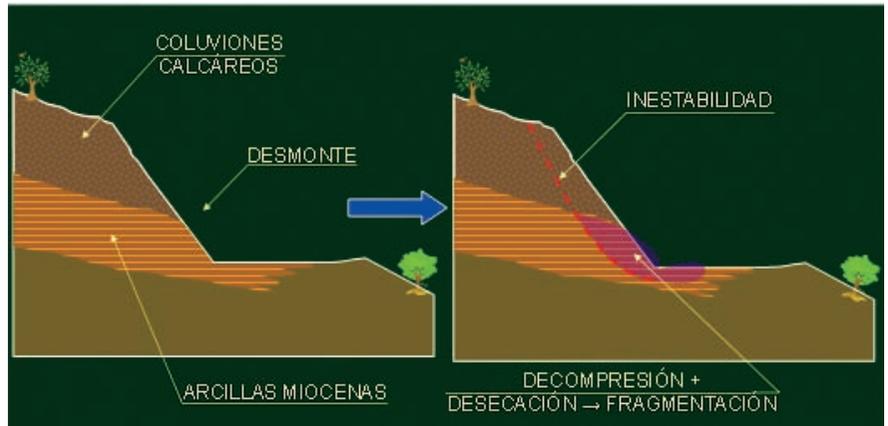


Figura 10. Bajada de Peralas de Tajuña (N-III). Situación inicial.

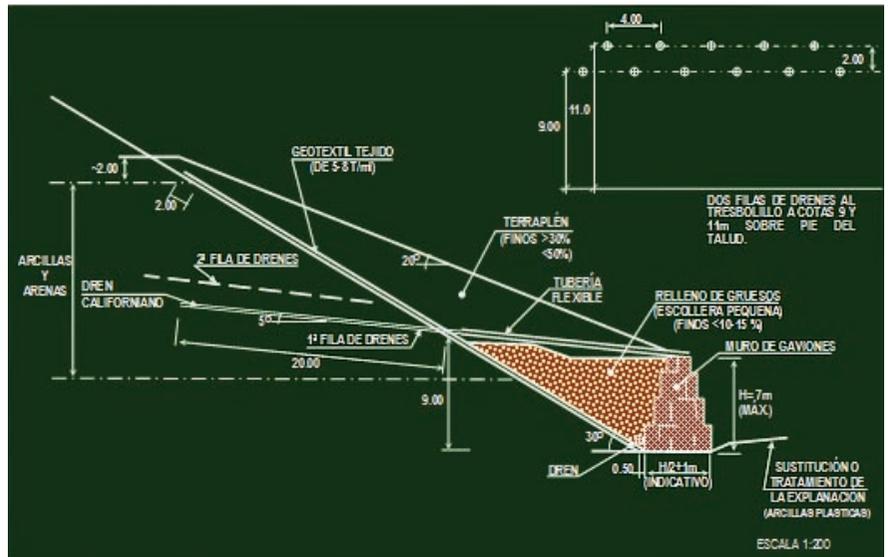


Figura 11. Bajada de Peralas de Tajuña (N-III) Solución adoptada.

veinticinco años.

En suelos colapsables (como los de la pampa argentina, los limos yesíferos del Valle del Ebro, etc.), no sólo hay que tener en cuenta el cambio de volumen sino el de resistencia al corte que puede inducir la

saturación. En la Fig. 14 se muestra esa disminución en limos colapsables, según resultados de REDOLFI (1990), de su Tesis Doctoral (bajo nuestra dirección): La humectación puede reducir la tensión tangencial resistente al 40-50% de la máxima

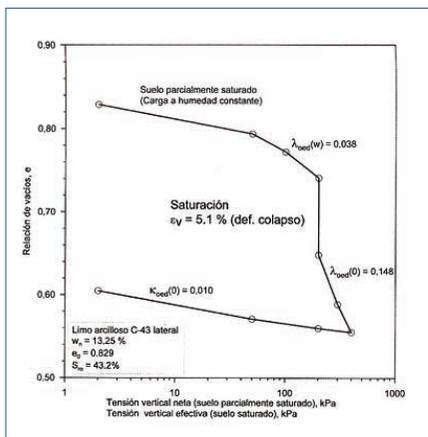


Figura 12. Ensayo de colapso en célula edométrica de un limo arcilloso natural de la zona de Segarra-Garrigues (ALONSO, 2004)

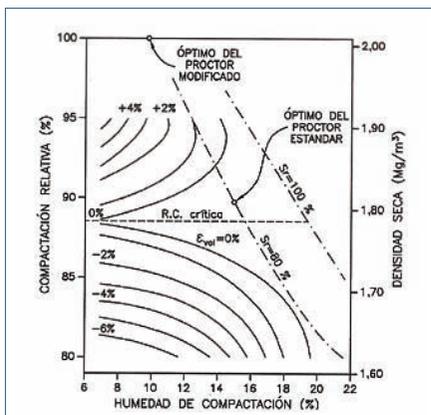


Figura 13. Ensayos con doble edómetro en una arena arcillosa. Por encima de un grado de compactación del 88% el material es expansivo, por debajo colapsable. (LAWTON Y otros, 1989).

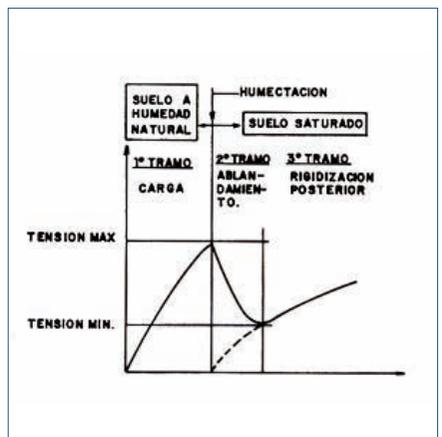


Figura 14. Resultado de ensayos de corte sobre suelos colapsables (Redolfi, 1990).

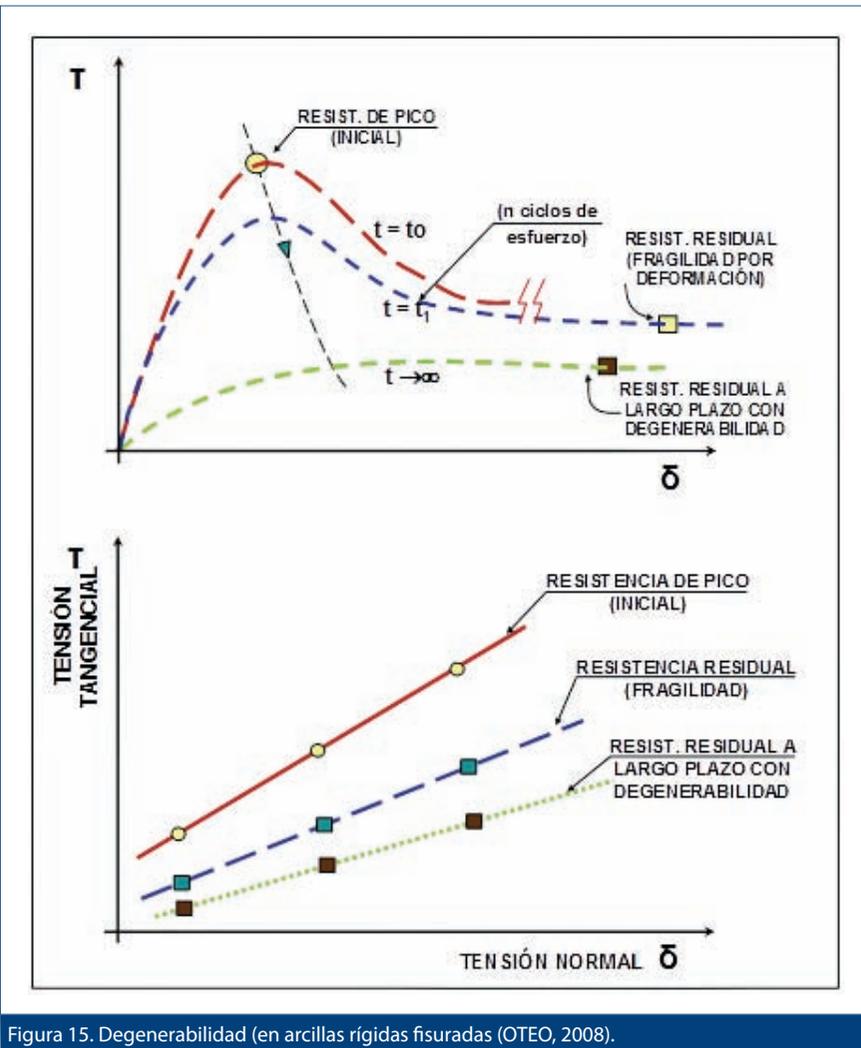


Figura 15. Degenerabilidad (en arcillas rígidas fisuradas (OTEO, 2008)).

en seco; posteriormente se produce una rigidización que no alcanza la máxima en seco.

La combinación deformación tangencial-circulación de agua también puede inducir otros efectos, como el que denominamos “degenerabilidad” y detectado claramente en las arcillas miocenas fisuradas andaluzas (“margas azules” del Guadalquivir y formaciones similares). En estos materiales está clara su rigidización con la deformación, pero al aumentar ésta se llega a una resistencia residual que puede ser del orden del 30-40% de la de pico (Fig. 15). Si en esa masa de suelo (bajo un terraplén, por ejemplo) se inician movimientos apreciables, la deformación tangencial abre las fisuras y permite una circulación más fácil al agua a una profundidad mayor de la que antes tenía fácil acceso. Al circular más agua va bajando la resisten-

cia, hasta llegar (con el tiempo) a una profundidad máxima de unos -10 m, en que la tensión total no permite que el fenómeno siga progresando (Fig. 15). Se obtiene, así, una disminución de la resistencia residual a largo plazo, por “degenerabilidad” que puede dar lugar a importantes fenómenos de inestabilidad, como hemos observado en la Cuesta de Linares: Al tardar mucho tiempo en poder arreglar los primeros deslizamientos (casi 5 años), el fenómeno se produjo y la potencial superficie de inestabilidad descendió de unos 3-4 m de profundidad a unos 9-10 m, con la consiguiente continuidad de los problemas y la poca validez de las soluciones de drenaje acometidas a los cinco años, guiadas por los datos de inclinómetros instalados al principio del fenómeno. En el capítulo 5 se da más información sobre este tema. En la rotura de la Presa

de Aznalcollar consideramos que también se produjo un fenómeno de este tipo y que la rotura (deducida por los peritos judiciales a unos 9-10 m de profundidad) no fue por la existencia una capa más débil (deducida pero no detectada en campo) sino por un fenómeno del tipo que acabamos de describir.

4. El Agua en Desmontes

La morfología de las formas de rotura de masas y de suelo son bastante conocidas y existen métodos, hoy muy difundidos, para analizar roturas de tipo paralelo al talud (con expresiones analíticas), de tipo circular (Métodos de Fellenius y Bishop, por ejemplo), de forma cualquiera (Janbu, Spencer, etc.), definidas por bloques diferentes, etc. Pero en estos casos siempre se tropieza con la dificultad de definir las presiones intersticiales, u , actuantes.

Es usual emplear, para ello, el coeficiente de presión intersticial, ru , definido como: $ru = u / \gamma z$, en que γ es el peso específico del suelo y z la profundidad considerada. Este parámetro viene a variar entre 0 y 0,5, aproximadamente (para una altura media del nivel freático del 20% de la del talud, H , desde el pie, $ru \approx 0,1$; para una altura de $0,5 H$, puede valer del orden de 0,25 y para saturación total, del orden de 0,5).

Tampoco debe de despreciarse el uso de ábacos tradicionales, como los de Taylor o los de Janbu, para terrenos homogéneos (sin o con nivel freático horizontal intermedio, respectivamente), para estimar lo que sucede en un talud problemático. Lo que importa es deducir suficientemente bien la configuración del deslizamiento y estimar los valores de los parámetros resistentes medios, sobre todo para actuaciones rápidas, más que intentar aplicar métodos muy refinados, que encierren una gran indefinición de parámetros. Además es corriente que se produzcan fenómenos de inestabilidad que

se inician por una rotura del terreno (quasi-circular, en el caso de suelos) en la zona del propio desmonte, y que continúan con un movimiento de ladera prácticamente plano, al faltar el apoyo de la zona del desmonte (OTEO, 2004).

En otras ocasiones hay que utilizar sistemas de análisis de tipo numérico, como los clásicos de Bishop y Janbu ya citados, pero debe hacerse con adecuado criterio ya que para terrenos uniformes y superficies circulares el resultado es similar al del ábaco de Taylor, más fácil y rápido de utilizar.

Sin embargo, si se tienen que diseñar cambios geométricos, drenajes parciales con zanjas drenantes y drenes californianos, etc., es necesario acudir a análisis algo más sofisticados, como los que proporcionan los Códigos numéricos de elementos finitos tipo ANSYS, Z-SOIL y PLAXIS.

Pero no basta disponer de métodos de análisis. Es necesario estimar adecuadamente los parámetros de resistencia al corte: Primero ha de establecerse el tipo de análisis a realizar (corto, intermedio y largo plazo), luego definir los parámetros, drenados o no, que representen esa situación. Pero, al hacerlo, deberá tenerse en cuenta la evolución temporal a que se verá sujeto el talud, como ya se ha indicado al hablar del efecto del agua en el terreno.

En la Península Ibérica son habituales los problemas de inestabilidad en masas arcillosas que se apoyan sobre estratos más rígidos. En estos de apariencia más resistente (sobre todo cuando se les llama "margas" inadecuadamente) se están efectuando desmontes con fuertes inclinaciones de hasta 60°, aunque no de excesiva altura, que son inadecuados. Aunque estos taludes sean bastante adecuados para reducir los efectos de la erosión superficial, llevan a situaciones no aceptables desde el punto de vista resistente. Se originan así, problemas de inestabilidad en laderas cuya pendiente estable

original es de 10-15° (lo que da idea de su baja resistencia residual).

El agua es, insistimos, el principal agente inestabilizador de los taludes, por lo que las condiciones ambientales y pluviométricas tienen una gran influencia. En la Tabla 1 se ha reproducido un criterio indicativo de la peligrosidad de corrimientos en función de la pluviometría de la zona, elaborado por ROMANA (1989). Este criterio, a veces, es muy conservador, sobre todo en el caso de las formaciones arcillosas – la saturación de la parte superior del talud es lo que da problemas – por lo que bastan pluviometrías inferiores a las indicadas por la Tabla 1 para tener importantes movimientos. En nuestra opinión, parece ir mejor en suelos en que predominan suelos de comportamiento granular y otros materiales más rocosos. En el caso del Sur de la Península Ibérica creemos más adecuado nuestro propio criterio (OTEO, 1997), representado en la Fig. 16 y que relaciona la precipitación máxima diaria con la precipitación total mensual. Este criterio ha sido ajustado a casos de Málaga, Jaén y Granada.

En muchas ocasiones los desmontes inducen movimientos importantes en laderas de inestabilidad ya precaria en origen. Pequeños desmontes originan inestabilidades con roturas progresivas, que se ex-

tenden ladera arriba, con importantes dimensiones. Tal como pasó en algunos taludes del Valle de Medinaceli, al construir la autopista que le atraviesa o en algunas laderas afectadas por la construcción de la Autovía A-92 en Granada (Diezma, por ejemplo), en que la inestabilidad de desmonte de la trinchera abierta ha dado lugar al movimiento de masas de uno a dos millones de metros cúbicos, según una rotura prácticamente escalonada o progresiva.

En el caso de taludes en roca, el tipo de posible rotura viene condicionado por la estructura del macizo. Estas masas pueden comportarse como aparentemente continuas (rocas homogéneas, roca meteorizada, etc.) y como claramente discontinuas (esquistosas, rocas ígneas fracturadas, etc.). Cuando las familias de discontinuidades presentes definen zonas claramente diferenciadas pueden definirse bloques potencialmente inestables, cuya caída puede producirse, siempre que sea cinemáticamente posible.

Aunque la estructura puede ser variada, es posible considerar cuatro tipos principales de rotura en taludes rocosos:

- Rotura plana, típica de masas rocosas de estructura orientada.
- Rotura circular, en el caso de que no existan estructuras identificables y

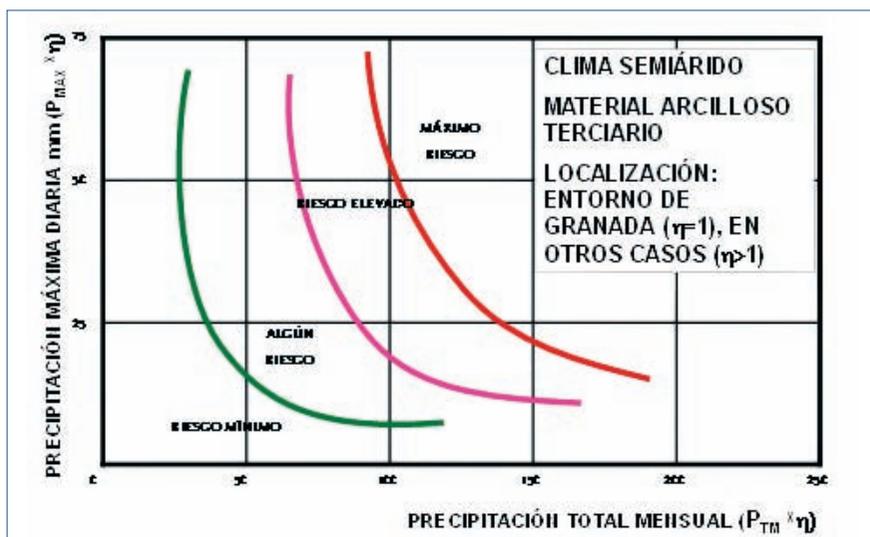


Figura 16. Posible criterio de riesgo de inestabilidad de taludes para suelos arcillosos andaluces (OTEO, 1997).

no haya elevadas resistencias (rocas muy fracturadas, meteorizadas, etc.)

- Roturas de cuña, por intersección de discontinuidades, fallas, etc.
- Rotura por vuelco de estratos, en rocas duras con estructura columnar y estratificación contra el talud.

Los grandes problemas de rotura registrados han correspondido, generalmente, a uno de los tres tipos primeros de fallo, con diferente desarrollo a lo largo del tiempo:

- Rotura regresiva, si el sistema rocoso se vuelve estable después del fallo.
- Rotura progresiva, si el sistema se vuelve cada vez más inestable.
- Mixto.

La rotura más frecuente es la caída, desprendimiento o deslizamiento de bloques tetraédricos, lo que corresponde a macizos rocosos resistentes, diaclasados. Y por ello en los textos de Mecánica de Rocas se le presta mucha atención a este problema (analizándole con métodos analíticos, gráficos, informáticos, etc.). Pero, si bien no debe de dejarse de estudiarse este caso, en España suele limitarse a bloques de tamaño relativamente pequeños (1-30 m³), producido por la apertura de discontinuidades en la superficie del talud. Pero suele haber otros problemas en

Tabla 1. Criterio indicativo de la peligrosidad de corrimientos en función de la pluviometría (Romana, 1989):
 A) Clima húmedo, veranos cortos, lluvia anual mayor de 1000 mm
 B) Clima seco, veranos largos, lluvia anual menor de 800 mm.

Corrimientos		Intensidad de lluvia (mm)		Fracción de la lluvia anual
Riesgo	Gravedad	Horaria	Diaria	
Muy reducido	Muy escasa	<40	<120	<8%
Menor	Escasa	40-60	120-180	8-12%
Apreciable	Media	60-80	180-250	12-17%
Grande	Severa	80-100	250-300	17-20%
Muy grande	Desastre	>100	>300	>20%

Corrimientos		Intensidad de lluvia (mm)		Fracción de la lluvia anual
Riesgo	Gravedad	Horaria	Diaria	
Muy reducido	Muy escasa	<100	<200	Se reactivan corrimientos
Menor	Escasa	100-150	200-300	Roturas
Apreciable	Media	150-200	300-500	Muchas roturas
Grande	Severa	200-300	500-900	Grandes Roturas
Muy grande	Desastre	>300	>900	

macizos rocosos, en que las roturas son más parecidas a las de suelos debido a la meteorización y fuerte tectonización.

En estos casos ha de determinarse, como en suelos, la red de filtración, aunque ahora las dificultades son mayores, por la anisotropía que introduce en el macizo la presencia de discontinuidades, alternancia de capas de diferente permeabilidad, etc. En el caso de aumentar la permeabilidad horizontal se produce un aumento de presiones hacia el

pie del talud, mientras que cuando los estratos son paralelos al talud, las equipotenciales se hacen paralelas a éste y es más fácil que aumenten los empujes sobre los estratos. El mantener el talud paralelo a esa estratificación (solución que propugnan diversos técnicos) puede ser peligroso: posibilidad de despegue, pandeo, etc., y por lo que debe ejecutarse con el debido estudio, y generalmente, con la introducción de bermas intermedias que no concentren tensiones en el pie del talud ni en las columnas



Figura 17. Inestabilidad de un talud en arcilla expansiva en un campo de golf malagueño.

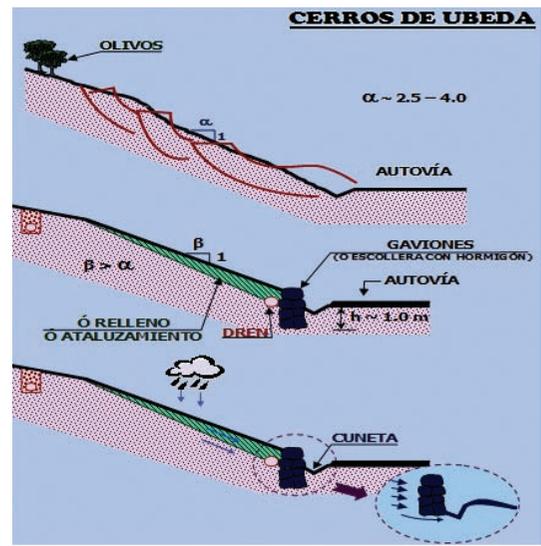


Figura 18. Inestabilidad superficial en desmonte de los Cerros de Úbeda.

de estratos paralelos al talud.

En el libro de "Ingeniería Geológica" (GONZÁLEZ DE VALLEJO y otros, 2002) pueden verse, con detalle, el análisis y formulaciones correspondientes a todos estos casos (deslizamientos, pandeo de estratos, etc.).

Sin embargo, estos esquemas de análisis suponen el material más o menos homogéneo y el problema de muchas formaciones rocosas es que su parte superior está meteorizada o alterada. Por ejemplo, en formaciones pizarrosas no es extraño encontrarse los 20 m superiores muy alterados a alterados, lo que supone que esa zona tiene propiedades geotécnicas diferentes, más propias de suelos (y, a veces, quasi-blandos) que de rocas.

La acción erosiva del agua, generalmente, excede la mera producción de suelos sueltos que quedan en el pie del talud, caso que suele resolverse dejando cunetas de protección en ese pie (lo mismo que para recoger la caída de ciertos bloques). Pero en otras ocasiones, más excepcionales, la acción erosiva de una corriente fluvial puede dar lugar a movimientos de ladera que incluyen desmontes al afectar a su pie (la zona más delicada y resistente), como sucedió en Port de Suert (Pirineos) o como sucede frecuentemente en los

Andes. En esos casos es necesario estabilizar la acción erosiva del río, con importantes costes, antes de realizar otras actuaciones en la ladera.

En el caso de las arcillas con potencial expansivo apreciable la apertura de fisuras en la época seca permite (al llover) penetrar al agua fácilmente en el terreno y originar, generalmente, inestabilidades relativamente superficiales que se mueven, a menudo, en forma de barro (Fig. 17 y 18).

En cuanto a la estabilización de desmontes se puede acudir a diferentes métodos, actuando sobre su geometría, sobre la presión intersticial, añadiendo elementos que dan un aumento aparente de la resistencia al corte o mezclando estas actuaciones.

La actuación que acuda a sistemas de drenaje puede ser muy efectiva y, en general, suele ser la más adecuada. Existen diversos procedimientos de drenaje y captación de agua posibles en taludes:

- Cunetas y zanjas de recogida de escorrentía.
- Drenes horizontales.
- Galerías drenantes, con taladros de captación.
- Pozos drenantes.
- Pantallas continuas drenantes, etc.

A la hora de planificar el sistema

de drenaje hay que tener en cuenta la estratigrafía, homogeneidad del macizo, etc.

Hoy día, resulta posible la disposición de "pantallas" de pozos drenantes. Pero necesitan su interconexión para hacer su descarga y evacuación del agua por gravedad, lo que entrañaba hasta hace poco serias dificultades (no puede pensarse en dejar en ellos bombas de actuación continua, por los problemas de mantenimiento que supondría). Actualmente los pozos, de Ø 1,5 a 2 m, se sitúan próximos (5-15 m) y se interconectan lateralmente con taladros efectuados desde el fondo de los pozos.

Por supuesto a estos sistemas hay que añadir todos aquellos de drenaje superficial ("espigas de pez", zanjas drenantes poco profundas, cadenas de escollera, etc.) que, a veces son muy eficaces, sobre todo, en el caso de inestabilidades paralelas al talud de poco espesor (Figs. 19, 20 y 21).

Como antes se ha comentado, en muchos casos se hacen actuaciones mixtas. Como ejemplo es válida la estabilización a un desmonte realizado para la A-92 (OTEO, 2003), con el movimiento de millón y medio de metros cúbicos. En la Fig. 22 se puede ver un perfil transversal a la Autovía en que se indican los terrenos

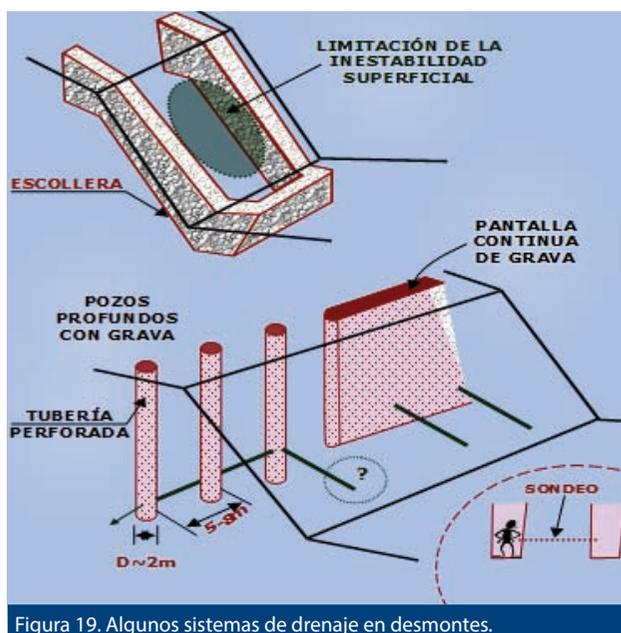


Figura 19. Algunos sistemas de drenaje en desmontes.

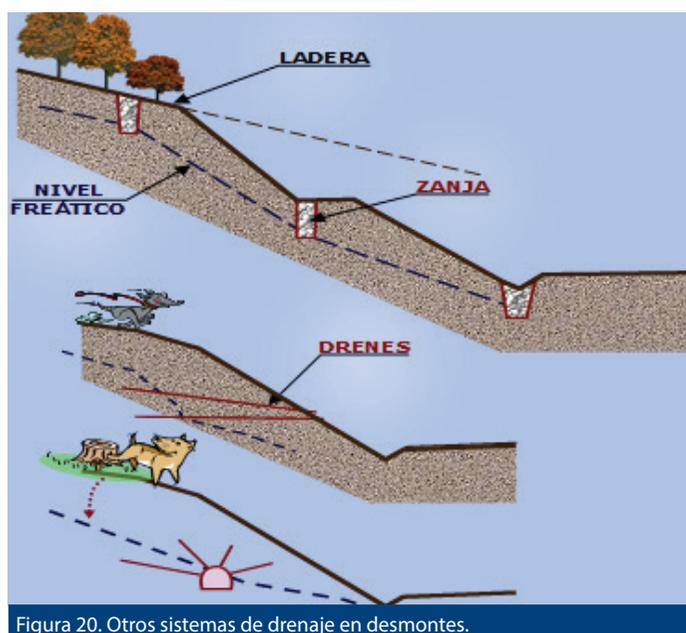


Figura 20. Otros sistemas de drenaje en desmontes.

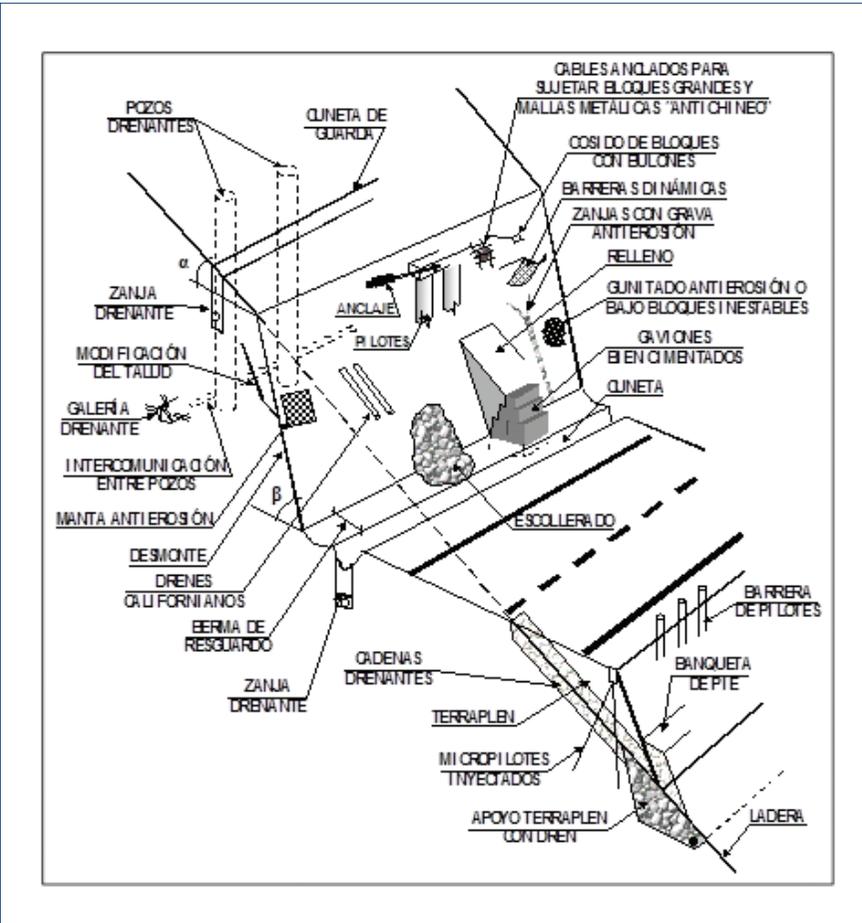


Figura 21. Diversos tipos de actuaciones para corregir inestabilidades de taludes. (Ampliado de Uriel, 1991).

existentes y la morfología del deslizamiento. En la ladera se detectó un coluvión constituido por una masa arcillosa, algo margosa, con estratificación quasi-paralela a la ladera, que incluye nódulos de carbonatos y gravas calcáreas y pizarrosas, de plasticidad media a alta y con una zona bastante húmeda a 14-17 m de profundidad. Por debajo aparece el sustrato constituido por pizarras (esquistos y filitas) de color verde oscuro, cuya parte superior está alterada hasta constituir arcillas y limos (con tonalidades negruzcas). Esta zona alterada no es paralela a la superficie sino que tiene forma de artesa transversal a la dirección del deslizamiento. En la parte superior de la ladera aparecen más recubrimientos arcillosos y afloramientos de caliza, que proporcionan surgencias de agua.

Esta zona debe corresponder a un antiguo deslizamiento (lento, pero progresivo) y que fue reactivado por el desmonte de la Autovía, por la acumulación de agua en su parte superior y por las lluvias de finales de los 90. Como se llegó a comprobar tras diversos sondeos, el espesor máximo de la zona en movimiento alcanza los 35 m (en el fondo de la artesa citada).

Después de diversos análisis numéricos, se propuso como solución, el conjunto de las siguientes actuaciones (Fig. 22):

- Encauzamiento de las aguas que llegaban desde la zona superior y construcción de una zanja drenante, de 4 m de profundidad, rodeando el deslizamiento.
- Realización de dos zanjonos de drenaje superficiales (con fondo hormigonado) para drenar las zonas centrales del corrimiento, y evitar su erosión.
- Construcción de dos filas de pozos profundos de drenaje.
- Construcción de una barrera de pilotes (de 1,20 x 5,0 m) unidos por una viga de atado en cabeza, con un anclaje cada 4 m. La carga del anclaje previsto fue de unas 90

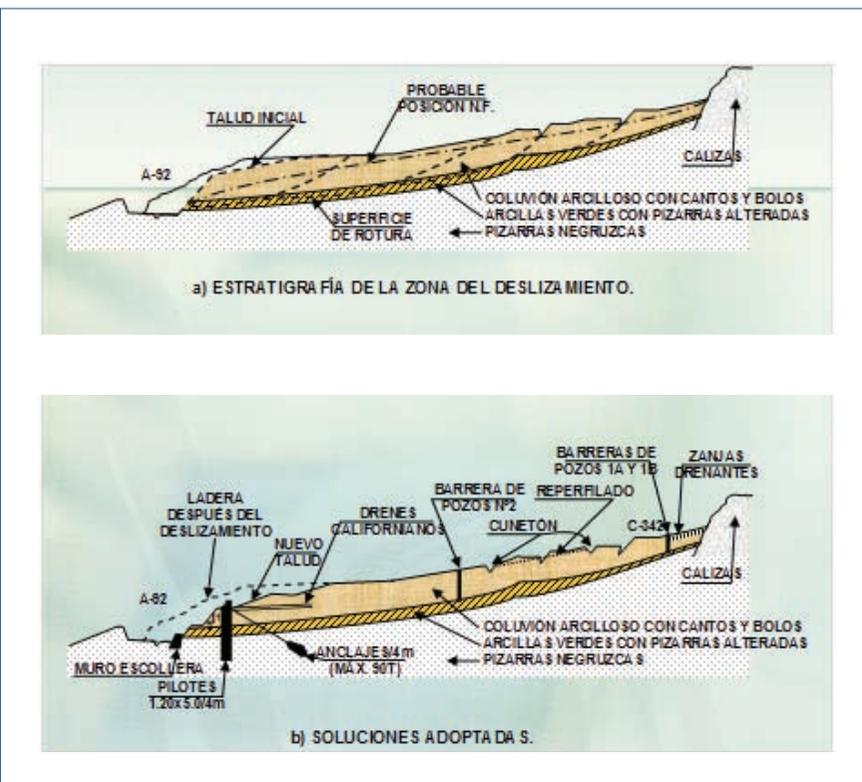


Figura 22. Actuaciones para estabilizar el deslizamiento de Diezma en la A-92 (OTEO, 2003).

T/4 m. Los pilotes y anclajes tenían que introducirse en las pizarras.

En 2010 hubo alguna reactivación, mínima, de la zona superior (carretera C-342, Fig. 22), lo que obligó a reponer diversos pozos drenantes de la fila superior y alguno de la inferior. Los anclajes estaban perfectamente, según indicaron diversas células de carga. Ello hace recordar que todas estas soluciones necesitan un mantenimiento adecuado.

Esta solución hace pensar sobre la ubicación de las posibles barreras de pozos o pantallas drenantes. Si la masa inestable está limitada a muy cerca del talud (Fig. 23a) hasta una barrera o elemento tipo zanja. Pero si la masa inestable se aleja de la superficie del talud (Fig. 23b) puede hacer falta dos barreras. Su situación puede definirse con la Fig. 24.

Por último queremos recordar que, aunque se pueden utilizar mu-

chos sistemas para aumentar la estabilidad de un desmorte (Figs. 19 y 21), a veces se utilizan medios desproporcionados. En la Fig. 25 y 26 hemos incluido unas recomendaciones en que los sistemas de actuación se relacionan bien con la masa de movimiento, bien con la altura e inclinación del talud.

5. El Agua en Terraplenes de Media Ladera

Podemos distinguir dos grandes casos, dentro del binomio agua-terraplenes (independientemente de su construcción y compactación):

- Terraplenes de media ladera.
- Terraplenes sobre suelo horizontal blando.

En el primer caso, el propio terraplén afecta (disminuye) la permeabilidad de la zona superficial del talud, con lo que aumentan las presiones

intersticiales en esa zona y pueden producirse roturas como la esquematizada en la Fig. 27, lo que puede dar lugar a deslizamientos muy importantes (Fig. 28). Esta rotura está, a veces, mediatizada (en cuanto al drenaje) por la presencia de desmontes próximos (Fig. 29).

Como un terraplén "sui-generis" también debe considerarse el caso de muros sobre vaguadas, cuando el derrame excesivo no puede ser admitido. En esos casos, si el material del trasdós del muro no es suficientemente drenante, al problema expuesto se añade el de posibles empujes del agua sobre parte de dicho trasdós, con el posible riesgo de deslizamiento el muro por su base (Fig. 30).

La combinación de la acción de las lluvias en la parte superior del terraplén y del problema de la presión intersticial antes citado pueden conducir a la ruina a importantes terra-

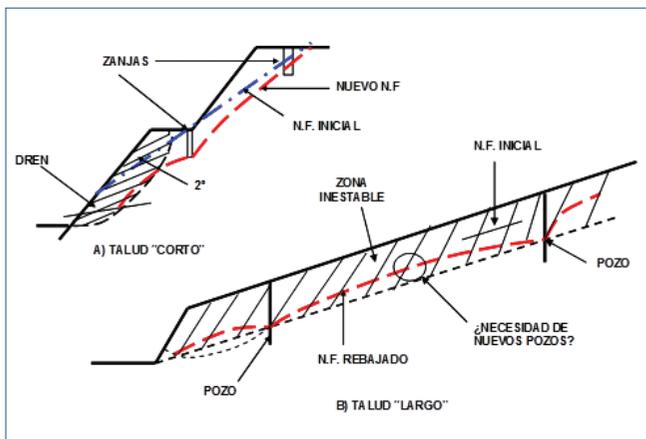


Figura 23. Análisis de la distancia entre puntos drenantes.

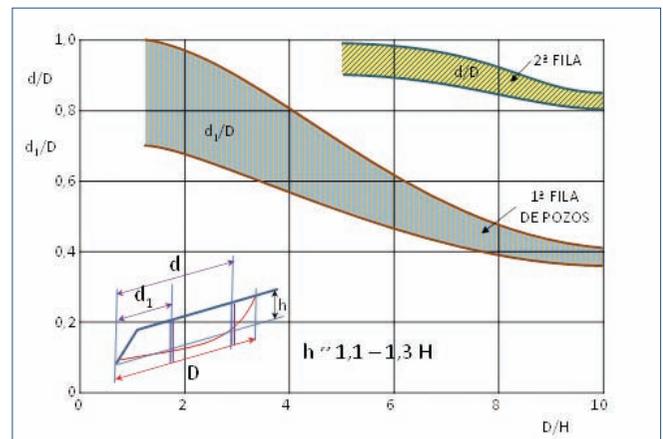


Figura 24. Posible criterio para fijar la posición de filas de pozos de drenaje.

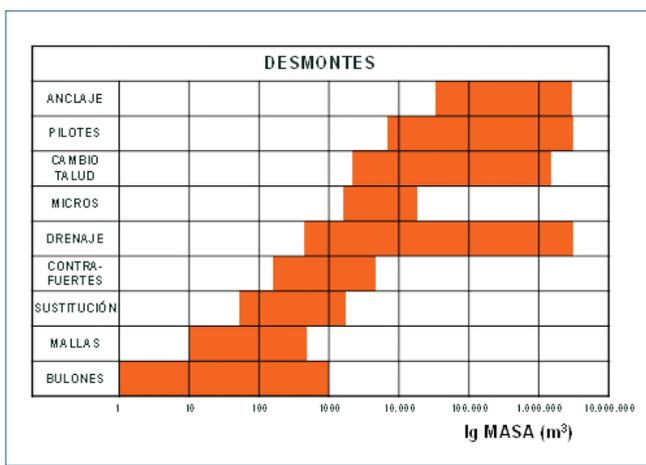


Figura 25. Actuaciones recomendadas en desmontes, según la masa en movimiento.

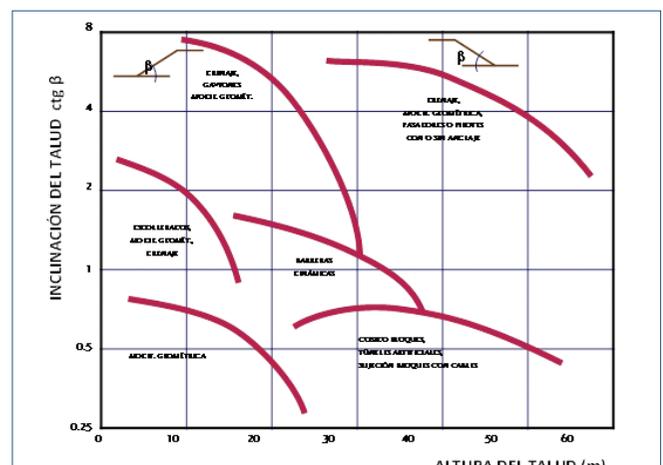


Figura 26. Medidas de corrección en taludes de desmorte (Oteo, 2001)

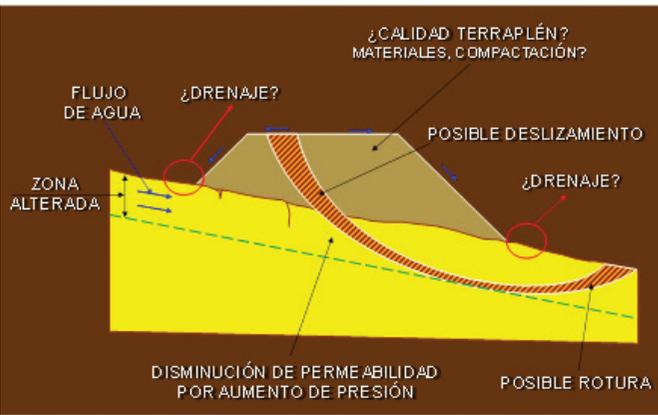


Figura 27. Rotura a media ladera.



Figura 28. Deslizamiento de un terraplén sobre "margas del Guadalquivir" en Almodóvar del Río (ABC).

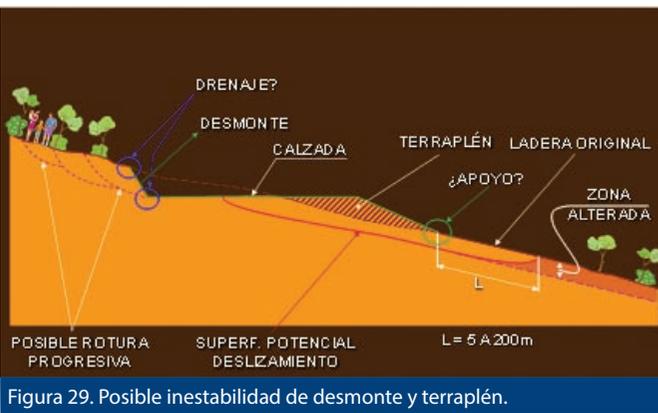


Figura 29. Posible inestabilidad de desmonte y terraplén.



Figura 30. Ruina de un muro de tierra armada en la bajada de Granada a Motril (Lluvias de 1997).

plenes, como un caso en Villacarrillo (Jaén), en que el terraplén de la nueva N-323 (sin asfaltar) deslizó junto a la parte superior de una ladera de arcillas miocenas fisuradas. La Fig. 31 muestra el estado del terraplén después de la inestabilidad y la Fig. 32 la solución adoptada, después de remover toda la masa deslizada: zanjas drenantes para cortar el flujo paralelo a la ladera, unidas por "contrafuertes" o "costillas de escollera", con tacos drenantes de envergadura al pie del terraplén y tacón de escollera por encima para aumentar la resistencia del terraplén y suavizar su talud. No hay que olvidar

que el suelo natural circundante ya ha sido sometido a esfuerzos cortantes y deslizamientos y que "guarda memoria".

Esto nos ha quedado claro en la Cuesta de Linares, en que intervenimos junto al responsable del mantenimiento, el experimentado ingeniero D. Francisco Varo (del que tanto hemos aprendido en aquellas regiones) y junto a nuestros amigos José M^a Po-yatos y José Santos. En este caso, con las lluvias de 1996-97 se produjo el movimiento de los dos taludes de un terraplén (en curva) sobre una media ladera (en las arcillas miocenas fisuradas típicas de la provincia de Jaén).

La rotura suponía grietas de anchura decimétrica y salvar más de medio metro de altura (Fig. 33). En la Fig. 34 puede verse como estaban afectados los dos taludes del terraplén y la superficie de las "margas" jienenses. Varios inclinómetros permitieron fijar la profundidad del deslizamiento en unos 3,5 m. Por ello se diseñó un sistema general de drenaje de la vaguada sobre la que se asentaba el terraplén y el apoyo del mismo, a base de zanjas drenantes y tacones de escollera al pie de los taludes (conectados por cadenas de escollera) (Fig. 34). La parte superior del terraplén se reconstruyó



Figura 31. Deslizamiento en Villacarrillo.

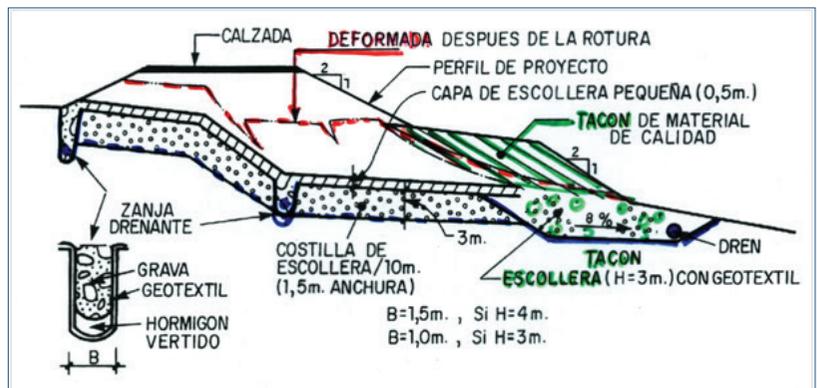


Figura 32. Solución adoptada en el terraplén de la Fig. 5.5 (Villacarrillo).



Figura 33. Cuesta de Linares

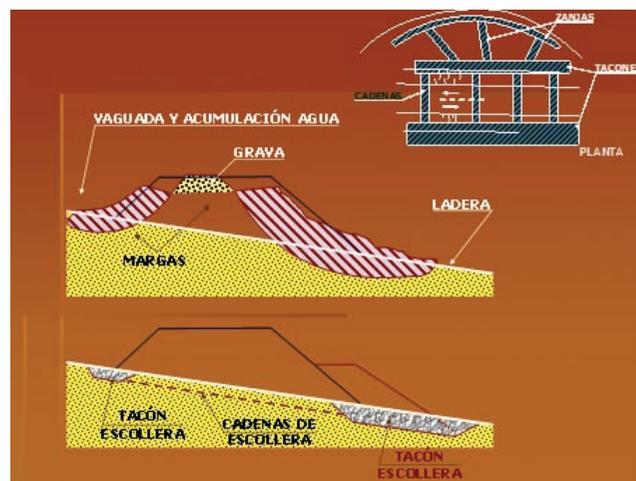


Figura 34. Solución inicial ejecutada en la Cuesta de Linares.

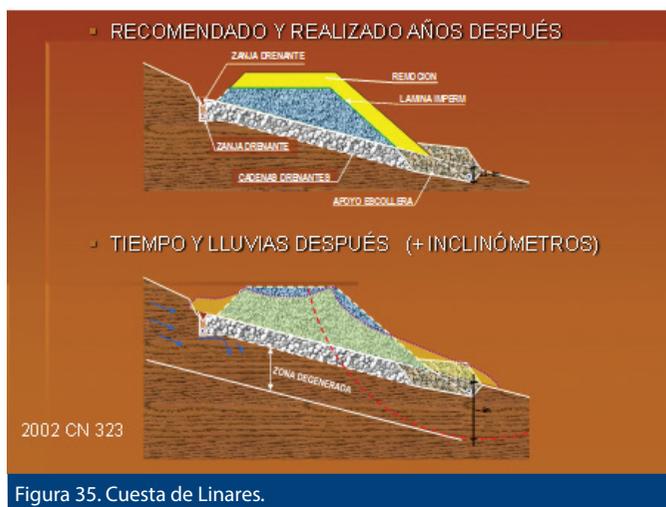


Figura 35. Cuesta de Linares.

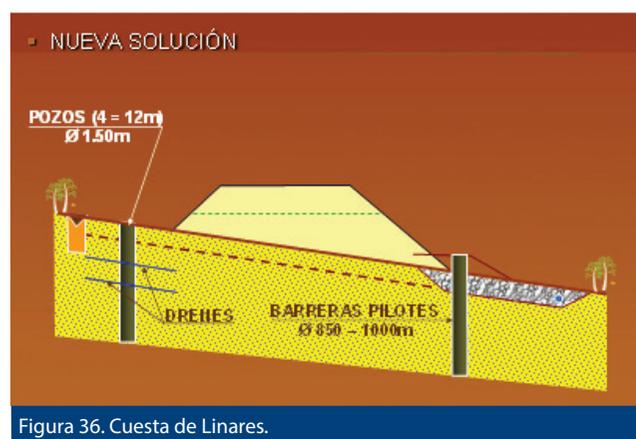


Figura 36. Cuesta de Linares.

y se impermeabilizó para que el agua no afectara al núcleo del terraplén (arcillas miocenas compactadas), como se ve en la parte superior de la Fig. 35. Pero esta solución – dadas las grandes reparaciones que hubo que acometer los años 1997 y 98 en Andalucía – fue retrasándose por falta de recursos económicos, resolviéndose momentáneamente con un desvío (antigua carretera). Varias lluvias y años después empezaron a notarse, de nuevo, los mismos síntomas de inestabilidad en los taludes del terraplén. Nuevos inclinómetros y sondeos permitieron ver que se había producido un fenómeno de “degenerabilidad” en las “margas”, por la circulación del agua las fisuras y zonas afectadas por el movimiento anterior, de forma que, ahora, la superficie de deslizamiento estaba a unos 9 m de profundidad (Fig. 35, parte baja). Ahora la solución tuvo que ser más “potente”: a) Pozos de Ø 1,5 m y 12 m de profundidad para captar de forma profunda el agua que venía

a lo largo de la Cuesta de Linares. b) Una barrera de pilotes al pie del terraplén (talud mayor), lo que puede verse en la Fig. 36. No ha habido nuevos problemas, a pesar de haber pasado varias temporadas de lluvias desde la última intervención.

Al analizar la inestabilidad de un terraplén a media ladera es necesario considerar que la posible rotura no va a ser sólo de talud, sino que afecta, al menos, a la parte superficial de la ladera (la más alterada, de forma natural, por la acción del agua, antes de construir el terraplén) y que esa zona es la que hay que intentar drenar. Recuerdese que, en general, los mayores terraplenes, a media ladera, vienen a corresponder con vaguadas, o sea, con zonas de acumulación de agua superficial y algo profunda. Se trata, a veces, de verdaderas “hoyas” (a veces con nombre de tal) y esas son zonas peligrosas cuando vienen las lluvias.

Una cosa que no hay que olvidar es que cuando se produce una

inestabilidad en un terraplén a media ladera, por lluvias, la situación va a ir deteriorándose con el tiempo. Hemos visto – en la zona de Jaén, en que se han producido fenómenos de este tipo abundantemente, tanto a finales de los 90 del siglo XX como a finales de los 10 del XXI – fenómenos de este tipo, en que el salto de la inestabilidad era de unos 30 cm días después de iniciarse; al cabo de un mes ya era de 1-2 m y al cabo de dos meses el terraplén estaba totalmente destruido.

No siempre se puede actuar inmediatamente después de la inestabilidad

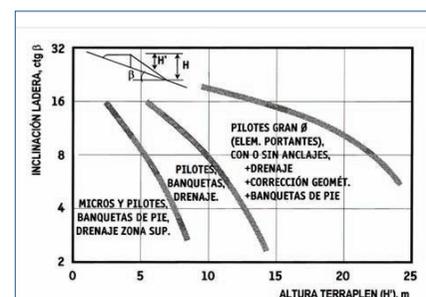


Figura 37. Medidas de corrección en terraplenes sobre ladera (OTEO, 2001).

(sobre todo, si siguen las lluvias), pero hay que tener cuidado con las decisiones que se toman. Hace años vimos, cerca de Torreperogil, el estribo de un puente dañado por un problema de este tipo, con fisuras en el muro de la aleta del estribo. Como la financiación para el arreglo se retrasó (mientras, se hizo un desvío), cuando ya se quiso intervenir el estribo se había desplazado algunos metros y el puente tuvo que ser derruido (estaba, realmente, ya arruinado).

En la Fig. 37 puede verse una cierta recomendación para elegir el sistema adecuado para aumentar la estabilidad de un terraplén a media ladera, en función del ángulo de ésta y de la altura del terraplén.

Hemos visto casos en que se ha tratado de resolver la inestabilidad del talud de un terraplén de gran altura con una fila de pilotes anclada, con la zona de "anclaje" dentro del cuerpo del terraplén. Eso es muy arriesgado y, en general, no da resultado, ya que lo que se consigue es aumentar el volumen de zona inestable. Si se emplean pilotes o micropilotes hay que tener en cuenta que deben anclarse a la ladera natural. Los micros no deben tener más de 6-8 m por encima de la superficie de inestabilidad y, por debajo, casi otro tanto, y puede conseguirse su estabilidad con anclajes o con sucesivas filas de micros. Con los

pilotes pasa algo similar, lo que si puede hacerse es que el anclaje se incline bastante (45°, por ejemplo), con lo que puede llegarse al terreno natural.

Pero no hay que olvidar que si el material del núcleo del terraplén es arcilloso – lo que ocurre, a menudo, en gran parte de nuestra Península Ibérica – deben tomarse precauciones contra el agua: Desde reforzarla con cal (para evitar expansividades y disminuir la deformabilidad) hasta encapsular ese núcleo con láminas, materiales impermeables, etc. Sin embargo, hemos visto, en alguna ocasión, disponer zórras permeables en la parte inferior del firme, lo que conduce (aunque se ponga cierta pendiente al contacto con el núcleo) a almacenar el agua que se filtra a través del pavimento o de los taludes y "empapar" el núcleo y llevarlo a una situación análoga a la que, durante la compactación, se suele denominar como "colchoneo".

6. El Agua Bajo Terraplenes

En cuanto a los problemas derivados del apoyo de un terraplén sobre suelo blando horizontal, también existen problemas diversos:

- Los de estabilidad del talud del terraplén, junto con varios metros del suelo blando natural.
- Los derivados de la excesiva

deformabilidad del suelo blando y su lenta evolución con el tiempo, lo que puede llegar a arruinar la calzada o la plataforma ferroviaria, si éstas se construyeron antes de que se reduzcan los asentamientos residuales a valores admisibles (10-15 cm en carreteras, 4-5 cm en ferrocarriles convencionales y 5-7 mm en ferrocarriles de alta velocidad).

- Los derivados de cambios de las propiedades del terraplén a lo largo del tiempo por las acciones ambientales: Erosión y formación de cárcavas, dispersabilidad del material del núcleo, efecto de inundaciones en la base del terraplén, etc. Contra estos fenómenos existen diversas soluciones:

- Precargas, para inducir los asentamientos, lo que puede hacerse con el propio terraplén, sin colocarle la plataforma viaria. A veces, se puede añadir algo de terraplén que, después, se elimina (sobrecarga). Estas precargas pueden acelerarse con el uso de drenes banda, de 10 x 3 cm de anchura, debidamente utilizados (Fig. 38).
- Reforzando el terreno de cimentación mediante columnas de grava (que refuerzan y aceleran la consolidación), con columnas de jet-grouting (sólo refuerzan), con columnas de suelo-cal, con columnas de mortero, con o sin expansión

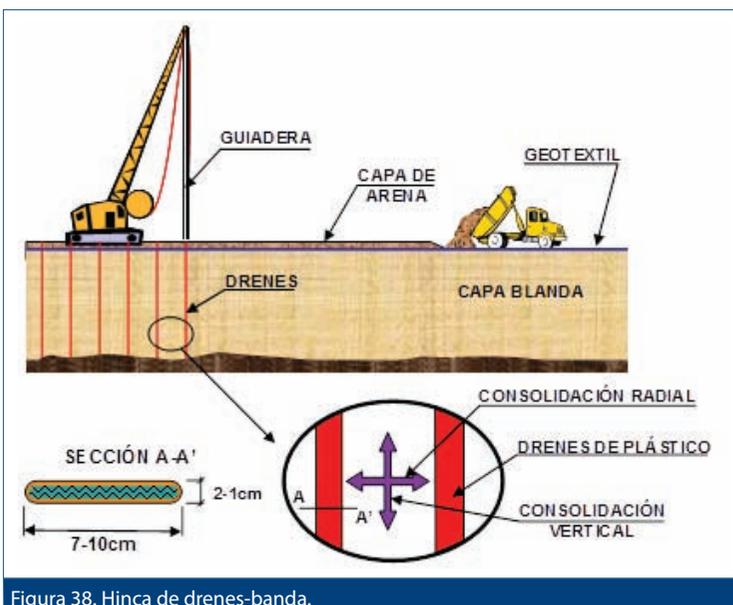


Figura 38. Hincado de drenes-banda.

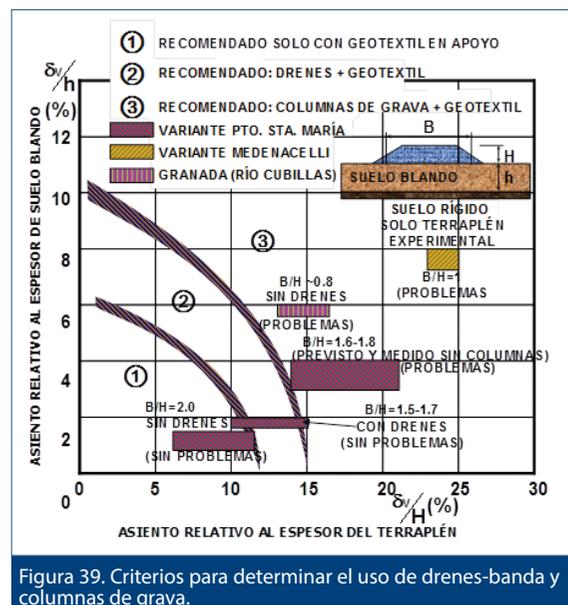


Figura 39. Criterios para determinar el uso de drenes-banda y columnas de grava.

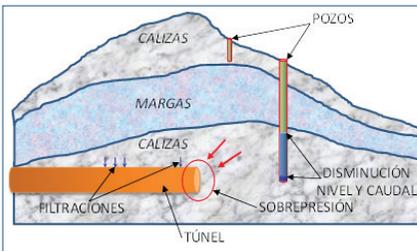


Figura 40. Problemas con agua en túneles de montaña.

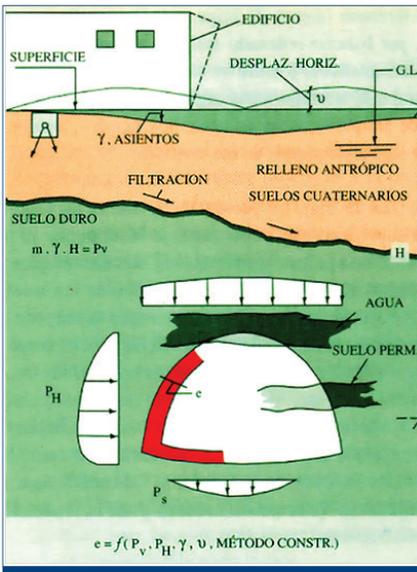


Figura 41. Agua en túneles construidos por procedimientos convencionales.

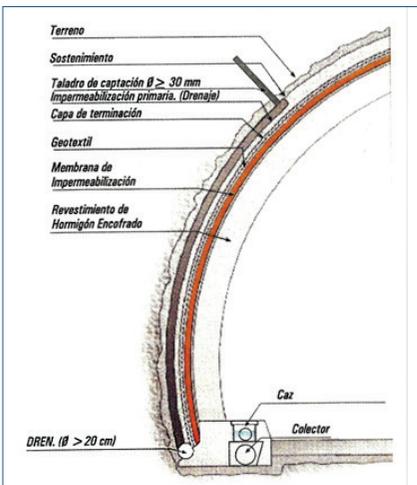


Figura 42. Sistema de impermeabilización en un túnel carretero, (BAYON, 2005).

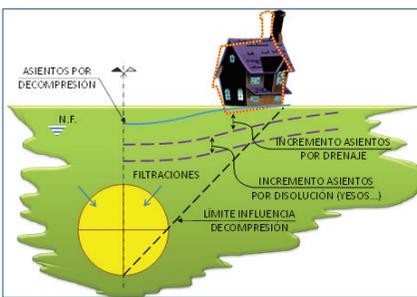


Figura 43. Asientos inducidos por excavación de túneles.

(como acabamos de hacer en el by-pass de las L.A.V. Madrid-Valencia-Sevilla, en Torrejón de Velasco, cerca de Madrid, con unos 200.000 m.l. de columnas de este tipo.

- Reforzando la base de apoyo con escolleras y/o geotextiles resistentes a tracción.
 - Intentando aumentar la densidad aparente del terreno con bandejas vibrantes, supercompactadores, compactación dinámica, etc. Cada técnica tiene una penetración diferente en el terreno.
- En la Fig. 39 puede verse un criterio para discernir cuando no hace falta refuerzo y cuando pueden usarse drenes-banda o columnas de grava.

7. El Agua en Túneles

Durante las últimas dos décadas se ha incrementado fuertemente la realización de túneles en España, tanto para carreteras (al ampliar la red de autovías), como para ferrocarril (debido al enorme desarrollo de la red de alta velocidad y velocidad alta). Tampoco ha de despreciarse el incremento de construcción de túneles para abastecimiento de agua y saneamiento. Ello ha dado lugar a la realización de túneles de longitudes y secciones muy variables: Desde 500 a 27.000 m y desde 3-4 m² a 180 m².

En muchos de estos casos, el agua (sea su drenaje o, por el contrario, el intentar que no penetre en la sección de la infraestructura viaria) ha tenido un protagonismo muy importante:

- Por las consecuencias en acuíferos próximos, al drenar un caudal excesivo que puede afectarles extraordinariamente, como ocurrió en los túneles de Abdalajis (Málaga), antes de tomar importantes medidas de impermeabilización, medidas similares a las que se están adoptando ahora mismo en los túneles de Pajares (Fig. 40).
- Por las dificultades que el flujo de agua puede introducir durante el periodo constructivo. En el caso de tuneladoras de frente cerrado

(E.P.B. ó hidroescudos), la dificultad puede estar solamente – a veces – en diseñar la tuneladora para las presiones de agua que se esperan. Sin embargo, en un caso en Madrid (bajo el Parque Juan Carlos I), al cortar un antiguo pozo para regadío, se puso a la cabeza de la tuneladora con la presión que se derivaba de la existencia del canal de regatas por encima del túnel. En ese momento – en que, además, la máquina tenía averiadas dos reductoras de las ocho existentes – la presión total sobre el frente de la tuneladora podía llegar a exceder a la prevista por el constructor (y no por la Dirección de Obra), lo que obligó a adoptar importantes medidas de impermeabilización en el terreno (con inyecciones de resinas) para introducir la cabeza en esas zonas y disminuir en ellas la presión de agua. En el caso de túneles realizados por otros procedimientos (Alemania, Tradicional de Madrid, N.A.T.M., Preserrado, etc.) la presencia de agua puede hacer inestable la bóveda y el frente en el avance, el apoyo de la bóveda o los hastiales, sobre todo si existe la peligrosa combinación agua-arena, con los arrastres e inestabilidades correspondientes (Fig. 41).

- Por las presiones que puede suponer sobre el sostenimiento provisional o sobre el revestimiento definitivo. Esto último puede evitarse con drenaje, pero ello implica hacerlo de forma inteligente y adecuada, ya que – si no – puede hacerse trabajar a la sección resistente con presiones asimétricas, que suele ser lo peor para el revestimiento del túnel.
- Por las molestias, para caudales de filtración relativamente pequeños, que el agua puede suponer para el servicio de la infraestructura, bien empapando el firme de aglomerado (y reduciendo su adherencia) o introduciendo riesgos sobre instalaciones eléctricas (principalmente en el ferrocarril). Por ello, no es raro

ver soluciones con láminas impermeables, con o sin sistemas de drenaje previos, como se esquematiza en la Fig. 42, correspondiente a un túnel carretero (BAYON, 2005).

- Por los asentamientos superficiales que pueden producirse al drenar el terreno alrededor del túnel, por efecto de incrementar las presiones efectivas o por los movimientos del terreno que se pueden inferir, añadidos a la subsidencia originada por decompresión del terreno (Fig. 43). Por ejemplo, esto ha sucedido en el túnel ferroviario de acceso (en granito alterado) a Vigo, recientemente. El caso de los daños de diversos edificios en

Oslo, durante la construcción del Metro es ya un clásico.

El que un túnel tenga mucha agua o no, a veces, es relativo. Suele decirse que un caudal inferior a 5 l/seg (en uno o dos kilómetro de túnel, lo que equivale a unos 10-15 l/día/m²), es un valor muy bajo y totalmente asumible para el servicio de la vía, sin más que suponer el drenaje habitual de evacuación, bien en la zona de hastiales (Fig. 42), bien con un colector central. En la Tabla adjunta 2 se reproducen los criterios de una Norma UNE, en la que se indica el caudal (en litros/día/m²) que resulta adecuado para ser un túnel "impermeable" o "relativamente impermeable".

Por estos motivos es necesario tomar la decisión, en cada caso, si es mejor tener un túnel "drenado" o un túnel "impermeable" (dentro de lo que cabe). Generalmente, es preferible "ver" el agua y drenarla, pero si la afluencia es excesiva hay que impermeabilizar. A veces la entrada de agua puede ser pequeña, pero si el terreno alrededor del túnel está conectado con otras zonas blandas, las repercusiones del drenaje pueden ser muy importantes.

Así ocurrió durante la construcción de un tramo del Metro de Bilbao hace unos 11-12 años, concretamente en la zona próxima al cruce bajo el Nervión. La roca (calizas algo margosas,

Tabla 2. Definición de impermeabilidad para el diseño de túneles y galerías (Anejo A) Informativo de la Norma UNE 104424

Grado de impermeabilidad	Características de la humedad	Utilización de la obra	Filtraciones l/día/m ²
1	No permitida la difusión de vapor desde el interior	<ul style="list-style-type: none"> • Locales secos. • Locales refrigerados. • Presencia continuada de personas. • Almacenes sensibles a la humedad (papel, alimentos...) 	0
2	SECO Permitida la difusión de vapor	<ul style="list-style-type: none"> • Instalaciones militares y locales húmedos (baños). • Locales con instalación de suministro de energía (subestaciones). • Locales subterráneos de uso general. 	0
3	SECO	<ul style="list-style-type: none"> • Almacenes y locales comerciales. • Estaciones de metro. 	<0,001
4	CASI SECO	<ul style="list-style-type: none"> • Túneles de autopista. • Túneles de montaña. • Túneles ferroviarios 	<0,01
5	Filtraciones capilares	<ul style="list-style-type: none"> • Aparcamientos. • Túneles de carretera y en roca 	<0,1
6	Ligero goteo de agua	<ul style="list-style-type: none"> • Túneles de ferrocarril. • Líneas de metro 	<0,5
7	Goteo de agua	<ul style="list-style-type: none"> • Túneles de alcantarillado 	<1,0

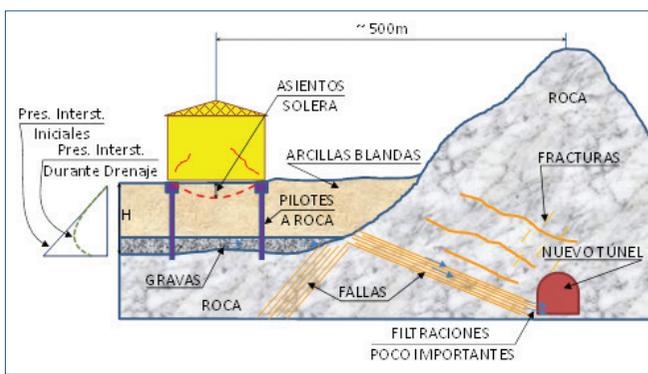


Figura 44. Influencia de la construcción de un túnel del metro de Bilbao en un edificio industrial lejano.

Tabla 3. Túneles excavados con hormigón proyectado.

Característica	Unidad	Norma	Valor
Resistencia a tracción	kN/m	EN ISO 10319	> 7
Elongación a rotura	%	EN ISO 10319	> 40
Resistencia a compresión	N	EN ISO 604	> 500
Transmisividad i=1	10 ⁻⁴ m ² /s a 200 kPa	EN ISO 12958	> 0,1

Tabla 4. Definición de las propiedades mecánicas e hidráulicas mínimas del geotextil, según el tipo de túnel.

Característica	Unidad	Norma	Túneles a cielo abierto	Túneles excavados con hormigón proyectado	Túneles excavados con dovelas
Resistencia a tracción ⁽¹⁾	kN/m	EN ISO 10319	> 7	Tabla 2	> 7
Elongación a rotura ⁽²⁾	%	EN ISO 10319	> 80/40		> 80/40
Resistencia a perforación estática CBR	N	EN ISO 12236	> 1.500		> 1.500
Permeabilidad en el plano ⁽³⁾	10-4 m2/s a 200 kPa	EN ISO 12958	10-7		10-7

(1) En el sentido de fabricación y en el sentido perpendicular a la fabricación.

(2) Valor en el sentido de fabricación / Valor en el sentido perpendicular.

(3) Los valores reflejados corresponden a condiciones normales de caudal.

fracturadas, con alguna falla importante) producía filtraciones pequeñas (al final de la construcción fueron inferiores a 0,5 l/día/m²), que apenas se reflejaron en los partes de avance, al perforar con el N.A.T.M. Sin embargo, a unos 500 m de distancia se apreciaron asientos importantes en una nave industrial (que en ese momento era un laboratorio mecánico-estructural) de forma que el terreno superficial (arcillas blandas sobre gravas y roca calcárea) fue bajando y aparecieron las cabezas de antiguos pilotes de edificios demolidos, por lo que el asiento puede estimarse en unos 350 mm, aproximadamente. Se midieron presiones intersticiales en el terreno y puede verse que en las gravas infra-yacentes a las arcillas blandas (y en la parte baja de éstas) se había producido un importante decrecimiento de dichas presiones, dando lugar a una consolidación de las arcillas. Las gravas, en contacto con la roca fisurada, había aportado el agua que se filtraba por el túnel, a través de las fracturas y, sobre todo, de las fallas importantes. Aunque el caudal en el túnel no era importante, el volumen total de agua extraída era equivalente a la expulsada por las arcillas para experimentar el asiento citado (Fig. 44).

Las membranas de impermeabilización suelen protegerse con un geotextil no tejido agujado. La Tabla 3 indica las características de estos geotextiles, según la Norma UNE 104424 (año 2000), para el caso de túneles en que el sostenimiento se hace con hor-

migón proyectado. En caso contrario, las exigencias aparecen en la Tabla 4 (LA TORRE, 2002). En zonas con flujo de agua muy localizado, pueden usarse las típicas "hueveras", conectadas al sistema general de drenaje.

8. El Agua en Túneles Artificiales.

Si bien la longitud de los túneles interciudades ha crecido extraordinariamente, como decíamos en el capítulo anterior, en los últimos veinte años, no ha sido tampoco pequeño el desarrollo de túneles urbanos sobre todo del tipo artificial, a base de pantallas continuas o semi-continuas. Los túneles excavados subterráneamente tienen la misma problemática de la que ya hemos hablado. Y los túneles realizados en el fondo de desmontes con elementos prefabricados o encofrado deslizante tienen otra, aunque como se puede colocar una impermeabilización exterior, resulta bastante similar a la de los túneles reales.

Sin embargo, los túneles realizados con el llamado "método Milán" o "cut-and-cover" (es decir: A base de pantallas paralelas continuas y losa en cabeza, con o sin puntales intermedios y losa de solera), pueden tener importantes problemas en relación al agua, si están cerca de servicios que pierden, niveles freáticos altos, el mar o ríos importantes próximos, etc. (Fig. 45):

- Derivados de entrada de agua entre las juntas de pantallas conti-

nuas (dos situadas cada 3,5-5,5 m de túnel) con los posibles arrastres del terreno del trasdós y la posible formación de un posible socavón superficial.

- Del ataque de aguas ácidas al hormigón.
- De la carbonatación del hormigón próximo a las juntas o fisuras de la pantalla.
- Cuando se producen problemas de "tecleo" de elementos de pantalla, lo que acentúa el riesgo de fallo de la junta. Ello puede presentarse en pantallas mal guiadas, en módulos muy largos o en los módulos de cierre (cuando los contiguos llevan mucho tiempo hechos) o cuando hay "barrigas" en los módulos anteriores.
- En el caso de desvíos muy importantes (se llega a entrar en el gálibo), como hay que demoler parcialmente las pantallas, tanto el cuerpo principal como las juntas pueden quedar muy debilitadas y ofrecer poco obstáculo al paso del agua. Además puede eliminarse la armadura existente.
- En el caso de escaleras de emergencia, como son recintos adjuntos a las pantallas continuas, las juntas pueden quedar bastante mal.
- Cuando la losa superior es aligerada con cilindros de poyespán y existe agua por encima, el espesor de hormigón a recorrer por el agua resulta muy pequeño y el agua puede pasar y atacar al hormigón

y a las armaduras (carbonatación) llegando a formar estalactitas colgando de la losa, etc.

En la Fig. 45 y 46 se esquematizan algunos de estos problemas. La entrada de agua no es sólo un riesgo para el arrastre del terreno del trasdós, sino para la seguridad de la vía: Humectación de aglomerado, aportación de finos al balasto y al firme de carretera, rotura de la solera, etc. Para luchar contra ellos se puede recurrir a diversos procedimientos:

- Tacones de hormigón en la zona en que penetre el agua (junta por ejemplo).
- Muro de hormigón adosado a la pantalla y anclado a los módulos contiguos al dañado.
- Inyección de la junta con resinas acua-reactivas, en puntos a diversas alturas, después de haber amortestado la junta y dejando algún tubo para que rebose la inyección. No se trata de inyectar el trasdós desde dentro del túnel (lo que es peligroso) sino atravesar la junta transversalmente, sin llegar al trasdós. Este sistema nos ha dado buen resultado en muchas obras lineales con agua. Puede pensarse en un consumo de unos 8-12 l/m.l de junta.
- Desde fuera (cuando es posible) pueden construirse varios "micropilotes", sin armar, de diámetro Ø

200-225 mm inyectados por gravedad. Estos pilotes se colocan en dos-tres filas muy cerca de la zona problemática.

- Si se ha producido ya el taponazo y ha habido entrada del terreno en el túnel, lo primero es rellenar el hueco formado por mortero, lo que puede hacerse desde arriba y por fuera como hemos dicho en el párrafo anterior o con taladros de Ø 150-180 mm inclinados, desde dentro y desde una cota tal que la presión del nivel freático no sea importante. Una vez relleno el hueco (lo que evita que llegue como socavón a superficie), si no se ha parado el flujo de agua, se puede empezar con los taladros de inyección acua-reactiva.
- Si se trata de pantallas de pilotes secantes, el problema es doble: a) Hay un mayor número de juntas y los pilotes secundarios pueden estar desviados, con lo que en vez de junta hay un hueco. b) Los pilotes de mortero podrían reventar si la presión de agua exterior es muy importante. En estos casos hay que acudir a reforzar la sección (con chapa "bernold" y hormigón, por ejemplo o con un muro armado de hormigón) y a inyectar más mortero (desde fuera) o inyecciones acua-reactivas desde dentro. En cualquier caso, algo de agua en-

trará a través de juntas entre pantallas, juntas entre losas y pantallas, fisuras, por lo que debe disponerse un cierto drenaje para recoger el agua que salga por estos puntos. Una canaleta horizontal puede ser pertinente (Fig. 47), pero debe de tener dimensiones adecuadas y ser accesible para su limpieza, cosa que no siempre el Proyecto contempla.

Tanto en estos túneles como en los realmente excavados en forma subterránea para definir bien las zonas problemáticas se pueden usar diversas técnicas destructivas:

- Termografía, fácil de aplicar y que proporciona las zonas de mayor concentración relativa de humedad.
- Geo-radar; a fin de detectar la posible presencia de huecos en el trasdós, lo que puede estar asociado con filtraciones y arrastres. También permite comprobar espesores de pantalla.
- Tomografía sísmica entre módulos, para determinar calidades del hormigón, huecos, etc.

En este caso de túneles urbanos al abrigo de pantallas continuas no puede olvidarse el efecto "barrera" que se puede originar si hay un nivel freático y el túnel se coloca contra la circulación del agua. Conocemos diversos problemas originados por esta situación. Por ejemplo, en Madrid la

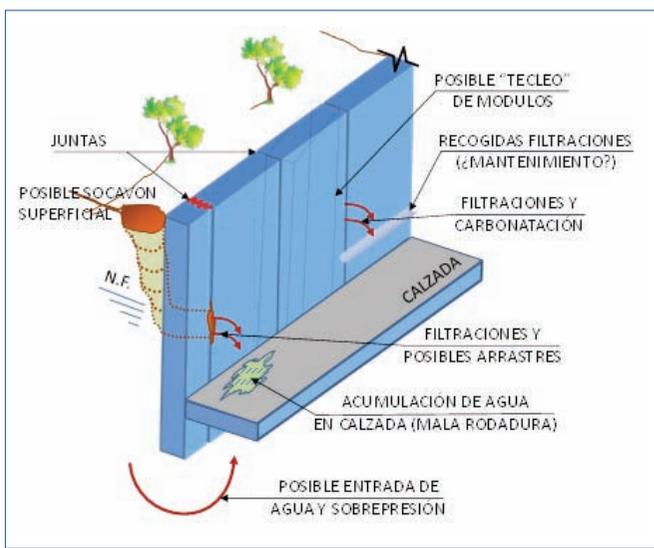


Figura 45. Problemas relacionados con el agua en infraestructuras lineales entre pantallas.

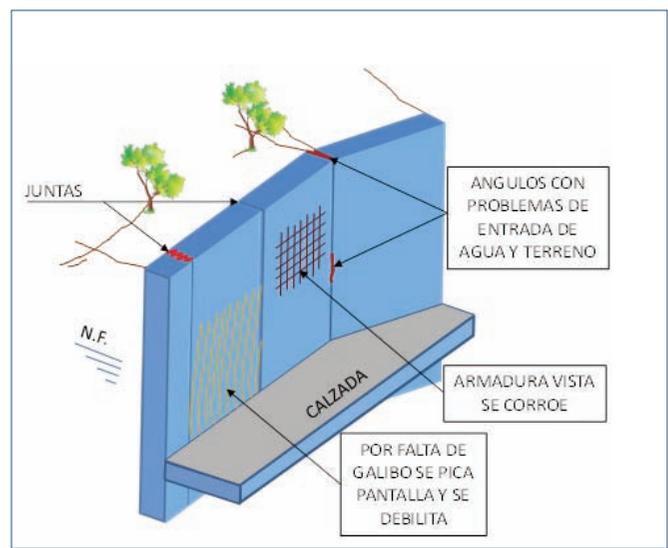


Figura 46. Defectos en obras lineales construidas con el método "cut and cover".

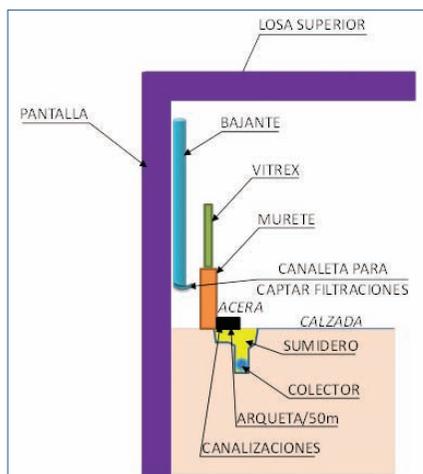


Figura 47. Esquema de la solución de drenaje lateral en los Túneles de Calle 30.

construcción de una Estación del metro hizo subir algo el nivel freático local, lo que provocó la expansividad de una zona arcillosa, con levantamientos de hasta 8-10 mm que afectaron a diversos edificios; dado que el movimiento fue muy uniforme no hubo daños; este problema se resolvió con una serie de pozos que, captando el agua y comunicando con el drenaje de la Estación, estabilizó el nivel freático. En Málaga, la construcción del Metro ha originado el rebajamiento del nivel freático lado mar, haciendo asentar – muy uniformemente – el terreno (unos 5-8 mm, sin daños) Es necesario, al hacer las pantallas y, a ser posible, antes de excavar establecer comunicación entre los dos lados del túnel (p.e., con pozos, con almenas, etc.), para mantener el nivel freático en su posición inicial.

Por supuesto, no debe olvidarse el problema de la excavación total del recinto entre pantalla y posible inestabilidad del fondo a corto plazo, ni la seguridad a corto y largo plazo de la solera inferior. Más o menos lentamente (acabará rehaciéndose la red de flujo y la presión bajo la solera sea la misma que antes de excavar, por lo que dicha solera debe de resistir esa subpresión por flexión (anclándola en las pantallas) o por gravedad (con el espesor adecuado, lo que suele ser muy caro). La posibilidad de solera drenada es una realidad, pero debe de tener un mantenimiento conti-

nuo. En el caso de establecer pasos de agua (portillos) antes de excavar, como presoleras a base de columnas de jet-grouting, el sistema puede ser una buena solución, pero, a largo plazo, el agua acaba pasando entre el jet y la solera debe resistir la subpresión.

También es solución el ampliar algo las pantallas y hacer recintos (con pantallas transversales a las del túnel) de 100-150 m, con achique interior, lo que suele evitar influir en edificios próximos y permitir excavar y construir una solera resistente. Así se ha hecho, con gran éxito, en el soterramiento del ferrocarril en Cádiz, teniendo a un lado el Océano Atlántico y, a otro, la Bahía de Cádiz.

9. Últimas Reflexiones

Como se deduce de todo lo expuesto anteriormente, nos encontramos con un amplio panorama en lo que se refiere al papel que el agua puede jugar en las infraestructuras del transporte. Como ya hemos dicho, se trata de un maridaje complicado, de una relación amor-odio que no siempre se resuelve satisfactoriamente para la infraestructura.

Por eso, cabe señalar:

- Es necesario determinar, lo mejor posible, la existencia de niveles piezométricos, así como la dirección de su flujo (antes y después de la obra) y sus posibles variaciones estacionales.
- Hay que tener en cuenta el posible cambio de propiedades geotécnicas que el paso del agua por el terreno (bien cuerpo de terraplenes, bien superficies de taludes, bien fondos de trincheras) pueden originar (reblandecimiento, hinchamiento, disolución, etc.). Para ello es necesario una buena caracterización geotécnica: Potencial de expansividad, erosionabilidad, contenido de sales, potencial de colapsabilidad, etc.
- Debe consultarse los datos habituales de pluviometría de la zona y compararlos con los criterios

prácticos que hoy existen (aunque no sean totalmente definitivos) y con los mapas de riesgo disponibles de la zona, a efectos de tener alguna idea sobre el nivel de riesgo que se puede tener al implantar la infraestructura. Algunos de estos criterios no son totalmente analizables, pero cada día hay más “mapas de riesgo”, en que se tienen en cuenta los materiales del área, las pendientes de los taludes naturales, la orientación de los taludes, etc., como los mapas que ha venido desarrollando el equipo del Profesor Chacón en la Universidad de Granada o los mapas de riesgo por expansividad de arcillas a escala 1:1.000.000 (IGME-CEDEX) o de carst (IGME).

- Al diseñar desmontes debe estudiarse la zona y comprobar la inclinación de los taludes naturales y de los hechos por la mano del hombre. En general, puede decirse que si un talud natural tiene un ángulo α de inclinación con la horizontal; no puede pasarse, en un nuevo talud, de un valor del orden de $2,0\alpha$ (para $\alpha < 40^\circ$).
- Las técnicas para resolver problemas de estabilidad de taludes de desmonte y de terraplenes a media ladera son diversas pero el drenaje suele ser la más efectiva, aunque – a veces – debe completarse con otras medidas importantes (pilotes, micropilotes, anclajes, etc.). Es importante, en cualquier caso, disponer de medidas de mantenimiento de estas actuaciones, sobre todo de las de drenaje, ya que puede haber atoramientos, roturas de pozos por el movimiento residual del deslizamiento, etc. Desgraciadamente, no siempre se hacen estas labores.
- La auscultación, en estos últimos casos, es un arma poderosa que hay que mantener “cargada” mucho tiempo y que no se controle sólo mientras se hacen las actuaciones de estabilización.
- En el caso de túneles excavados

subterráneamente hay que pensar no sólo en arrastres del terreno, sino en las presiones asimétricas que el agua puede originar en sostenimientos y revestimientos, así como en las consecuencias que un drenaje en el túnel puede tener en el medio ambiente próximo (asientos, agotamiento de acuíferos, etc.)

- En el caso de túneles artificiales (hechos con pantallas continuas o semi-continuas) si existen niveles freáticos altos, es necesario cuidar muy bien las juntas para controlar la entrada de agua y que ésta afecta al servicio de la infraestructura, así como evitar los arrastres del terreno que pueden llegar a formar socavones en superficie.
- Siempre hay que recordar que necesitamos el agua (sin ella no hay compactación, por ejemplo, ni se apaga la sed ni se riegan los campos), pero – a la vez es nuestro enemigo (erosiones, deslizamientos, etc.). Hay que vivir con ella y para ella. Como decía Santa Teresa de Jesús: “Si nos falta, mata; y si nos sobra, nos acaba la vida”. Por ello, como final, reproducimos como Fig. 48 un chiste del genial D. Antonio Mingote sobre el agua y las carreteras.

10. Referencias.

[1] ALONSO, E. E. (2004). “Análisis del comportamiento de terraplenes frente a cambios de humedad”. “El agua y la carretera”. Revista Técnica de la Asociación Española de la Carretera. Número extraordinario. pp. 314-39.

[2] BAYON, E. (2005). “Drenaje de túneles”. “El agua y la carretera”. Carreteras Revista Técnica de la Asociación Española de la carretera. Número extraordinario. Pp. 140-64.

[3] CASTILLA, J. (2008). “Drenaje subterráneo en infraestructuras del transporte. Experiencias en Andalucía”. Jornada sobre Drenaje subterráneo en Infraestructuras del Transporte. Antequera. Asociación Técnica de Carreteras (A.T.C.). Madrid. pp. 75-84.

[4] DIEZ, F. (2008). “Algunas consideraciones constructivas en el drenaje subterráneo de las carreteras”. Jornadas sobre drenaje subterráneo en Infraestructuras del Transporte. Antequera. A.T.C., pp. 167-77.

[5] FARACO, C. (1972). “El colapso de los limos yesíferos”. Tesis Doctoral. E.T.S. Ing. C. C. y P. Univ. Politécnica de Madrid.

[6] FONSECA, J.M. (1989). “El drenaje en las vías romanas”. Simposio

sobre el Agua y el Terreno en las Infraestructuras viarias”. Torremolinos. ATC-SEMSIG. Torremolinos, pp. 33-50.

[7] GÓMEZ, M.; JUANCO, A. y PARRILLA, A. (2008). “La orden circular 17/2003 de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento. Criterios Generales”. Jornada sobre Drenaje Subterráneo en Infraestructuras del Transporte, Antequera, A.T.C. Madrid, pp. 7-33.

[8] GONZÁLEZ DE VALLEJO, L.; FERRER, M.; ORTUÑO, L. y OTEO, C. (2002). “Ingeniería Geológica”. Ed. Prentice Hall. España.

[9] LATORRE, J. C. (2002). “Protección de geomembranas en túneles. Túnel de Piedrafitá”. II Simposio Nacional de Geosintéticos, Madrid. A.T.C. pp. 657-60.

[10] LAWTON, E.C.; FRAGASZY, R.J. y HARCATTLE. (1989). “Collapse of compacted clayey sand”. Journal of Geotech. Eng., A.S.C.E., Vol 115, nº 9, pp. 1252-67.

[11] OTEO, C. (2001). “Reflexiones de un arreglador de taludes inestables”. V Simposio Nacional sobre taludes y laderas inestables. Madrid. Vol. II.

[12] OTEO, C. (2003). “Diseño y ejecución del tratamiento para estabilizar el deslizamiento de Diezma (Granada) III Congreso Andaluz de Carreteras. Vol. I. pp. 899-910.

[13] OTEO, C. (2004). “El agua en los desmontes”. Número extraordinario de Carreteras (“El agua y la carretera”), pp. 228-61.

[14] OTEO, C. (2008). “Experiencias de drenaje en taludes de desmonte y terraplén” Jornada sobre Drenaje subterráneo en Infraestructuras del Transporte. Antequera. Asociación Técnica de Carreteras (A.T.C.). Madrid. pp. 99-133.

[15] REDOLFI, E. (1990). “Comportamiento de pilotes en suelos colapsables”. Tesis doctoral. E.T.S. Ing. C. C. y P. Univ. Politécnica de Madrid.

[16] ROMANA, M. (2002). “Aplicaciones de los geosintéticos en túneles”. II Simposio Nacional de Geosintéticos, Madrid, A.T.C. pp. 635-54. ♦



Figura 48. Tomado de Mingote.

Madrid acoge el primer Plan de Movilidad Urbana Sostenible

La alcaldesa de Madrid, Doña Ana Botella, inauguró el programa municipal de la Semana Europea de la Movilidad, con la presentación del Plan para el área empresarial de Ribera del Loira y Parque Cristalia



17 de septiembre 2012 - Madrid
La Redacción

La alcaldesa de Madrid, Dña. Ana Botella, acompañada de D. Arturo Fernández, presidente de la Cámara de Comercio e Industria de Madrid, y otras autoridades regionales que presidieron el acto. FOTOGRAFIA: María José Sánchez.

La alcaldesa, Dña. Ana Botella, acudió el pasado 17 de septiembre a la Cámara de Comercio e Industria de Madrid para explicar ante los medios de comunicación y asistentes al acto en qué consiste el Plan de Movilidad Urbana Sostenible en el área de Ribera del Loira y Parque Cristalia, que afecta a una zona empresarial donde se localizan 150 empresas. Este plan se basa en una colaboración público-privada y tiene como meta reducir un 20% el consumo de combustibles y gases de efecto invernadero. Además, en palabras de la alcaldesa de Madrid, es el primero de estas características que se pone en marcha en la capital.

La Semana Europea de la Movilidad arrancaba en Madrid con la presentación del Plan de Movilidad Urbana Sostenible en el parque empresarial de Ribera del Loira y Parque Cristalia, en el que colaboran el Ayuntamiento, el Consorcio Regional de Transportes y el IDEA (Instituto de Diversificación y Ahorro de la Energía). Asimismo, las empresas y trabajadores del área

urbana han trabajado en la creación del informe, a través de encuestas y entrevistas. La alcaldesa de Madrid, Dña. Ana Botella, explicó que este núcleo es un área de gran potencial que fue concebido según el modelo urbano de entonces: "la gran mayoría acudía a trabajar haciendo uso del automóvil". Pero hay datos positivos para la mejora de la movilidad de la zona: un 32% de los trabajadores están en la treintena, un 9% de los trabajadores tiene el hábito de compartir el trayecto con otros empleados y cuenta con la buena disposición de las empresas de la zona.

Plan de Calidad del aire

"Este plan"-afirmó Ana Botella, "servirá como ejemplo a otras zonas y otras empresas de actividad económica de la ciudad y seguirán criterios muy parecidos a los que aquí se han seguido". La alcaldesa de Madrid hizo referencia en su intervención a la normativa que debe enmarcar los planes

de movilidad sostenible. Éste es el Plan de Calidad del Aire para la ciudad de Madrid, en el que se recogen las líneas maestras que marcan la política ambiental y de movilidad de la ciudad.

"En concreto, - explicó la alcaldesa-, "con la aprobación de este Plan de Movilidad de Ribera del Loira se da cumplimiento a: la promoción del uso del vehículo compartido y del vehículo multiusuario, de la movilidad al trabajo en transporte público y de acuerdos voluntarios con el sector privado para promover la renovación de flotas comerciales y de reparto hacia tecnologías menos contaminantes".

Objetivos

El nuevo Plan de Movilidad Urbana pretende conseguir una movilidad más competitiva, reduciendo los tiempos de viaje, sobre todo en transporte público, garantizar la accesibilidad en todos los modos posibles de transporte y para todos los colectivos, y conseguir que dicha movilidad sea sostenible, incre-

“Nadie duda de que las inversiones que se han hecho estos años en infraestructuras del transporte nos hacen ser más competitivos”

mentando el uso de modos de transporte menos contaminantes, como la bici o los desplazamientos a pie. Sobre estos objetivos la alcaldesa afirmó: “Tenemos que ser capaces de reducir el coste energético y con cambios de hábito que no son muy costosos conseguiremos un ahorro espectacular”.

Con el cumplimiento de estos objetivos se pretende alcanzar la meta final de reducir un 20% el consumo de combustibles y las emisiones de gases de efecto invernadero para el año 2020, de acuerdo con los objetivos planteados por la Unión Europea en su estrategia 20/20/20.

Mención a la huelga de Metro

La alcaldesa de la capital quiso comentar las circunstancias de huelga que vivieron los usuarios del metro de Madrid durante la mañana del pasado lunes 17 de septiembre: “Los madrileños y quienes nos visitan saben de la excelencia de nuestro transporte público. Yo creo que nadie duda de que las inversiones que se han hecho estos años en infraestructuras del transporte nos hacen ser más competitivos. Si no hubiéramos hecho esa inversión, la situación sería hoy más complicada. Hay muchas empresas extranjeras que están mirándonos y están a punto de decidir el momento de invertir aquí”.

Respecto a los trabajadores del transporte público, la alcaldesa de Madrid afirmó que han mostrado responsabilidad, han cumplido con los servicios mínimos y “hemos podido movernos por la ciudad con más retraso pero con normalidad”. Antes de



D. Arturo Fernández (Izda.), presidente de la Cámara de Comercio e Industria de Madrid y Dña. Ana Botella, en un momento de la intervención de ésta. FOTOGRAFÍA: María José Sánchez.

la intervención de Dña. Ana Botella el presidente de los empresarios madrileños, D. Arturo Fernández, introdujo el acto y habló sobre el tema de la movilidad, de lo que supone para las empresas: “La movilidad tiene una triple dimensión: económica, social (como es la prevención de accidentes en los desplazamientos) y ambiental. Esto explica que haya una gestión de la movilidad para las grandes ciudades como Madrid”.

Por su parte, el director general del Consorcio General de Transportes, D. José Manuel Pradillo, insistió en la necesidad de mejorar la gestión del aparcamiento porque, en su opinión, por muchos autobuses que ponga la Administración Pública si estos no se utilizan no se consigue ningún resultado. Por ello, aprovechó la asistencia a este acto de representantes de empresas para dirigirse a ellos directamente y hablarles de la necesidad de concienciar a los trabajadores de las ventajas de utilizar el transporte público, mediante ayudas económicas.

Son los problemas de aparcamiento en este núcleo lo que ha provocado la necesidad de insistir en el transporte público, así como en fomentar que se derive el tráfico hacia la M-11, una vía menos utilizada por los conductores que acuden al área de Ribera del Loira, quienes prefieren utilizar la M-40. Por lo tanto, potenciar la M-11 evitará en un futuro las concentraciones de tráfico en horas punta que van a parar a la M-40, colapsando esta vía.



La alcaldesa de Madrid, Dña. Ana Botella. FOTOGRAFÍA: María José Sánchez.



La alcaldesa de Madrid, Dña. Ana Botella, saluda a los asistentes, al final del acto. FOTOGRAFÍA: María José Sánchez.

La Semana Europea de la Movilidad o Semana de la Movilidad Sostenible continuó hasta el sábado 22 de septiembre con actividades orientadas a conseguir una ciudad con menos coches. Así, tuvo lugar la *Exposición. Stop accidentes* en colaboración con la Fundación Pons o la VI Marcha ciclista, en la Dehesa de la Villa. ❖

El ganador del VIII Premio ACEX dona su cheque a la plataforma Ponle freno y la asociación DIA

El ganador en la categoría general, D. César Hinojosa, entrega el cheque de 4.000 euros, con que fue galardonado la pasada edición de los Premios ACEX, en un acto presidido por la directora de la DGT, doña María Seguí



Madrid / La Redacción

De izqda.a dcha.: D. Pablo Sáez. (ACEX), D. César Hinojosa (Iternova), Dña. María Seguí (directora general de Tráfico), D. Francisco Canes (DIA), Dña. Carmen Biegber (Fundación Antena 3) y Federico Fernández (subdirector general de Gestión de Tráfico y Movilidad). FOTOGRAFÍA: M^o José Sánchez.

La empresa Iternova, representada por D. César Hinojosa Luna, ha decidido donar los 4.000 euros del Premio Nacional ACEX a la Seguridad en Conservación a dos asociaciones que contribuyen activamente a mejorar la seguridad vial. Se trata de la Plataforma Ciudadana Ponle Freno (de la Fundación Antena 3) y DIA (Asociación Estatal de Víctimas de Accidentes).

El acto de entrega de la donación estuvo presidida por la directora general de Tráfico, doña María Seguí, quien estuvo acompañada por el subdirector general de Gestión de Tráfico y Movilidad, D. Federico Fernández; D. Francisco Canes (presidente de la Asociación Estatal de Víctimas de Accidentes -DIA) y la directora de la Fundación

Antena 3, doña Carmen Biegber. También estaban presentes el director general de Iternova, D. César Hinojosa, y el director gerente de ACEX, D. Pablo Sáez. La empresa Iternova se hizo con el galardón, en la tipología general, en la pasada edición de estos premios gracias al proyecto Sistema de Gestión Web de Carreteras. Éste tiene como objetivo facilitar las operaciones de conservación que se realicen y garantizar la seguridad de las vías.

La seguridad vial: una meta común

Doña María Seguí, directora general de Tráfico, introdujo el acto y presentó a las empresas implicadas:

ACEX, Iternova y las sociedades sin ánimo de lucro que recibieron la donación. La directora de la DGT aprovechó para recordar que hay que seguir trabajando por la seguridad vial de todos. A pesar de los avances, declaró que las cifras de siniestralidad siguen siendo elevadas, por lo que en su opinión hay que trabajar con más ahínco. "Por tanto", - concluyó doña María Seguí - "esto es un ejemplo maravilloso de grupos que no sólo tienen una trayectoria que es reconocida y premiada sino que confío y anhelo que sigan trabajando con más fuerzas aun, si cabe".

A continuación, tomó la palabra el director gerente de ACEX, D. Pablo Sáez, quien tras agradecer a doña

María Seguí y D. Federico Fernández que les dejase “esta casa” en referencia a la sede de la DGT en Madrid, para el acto, y “respaldarles”; hizo una pequeña alusión a la filosofía del premio ACEX y al objetivo que persiguen: “En seguridad no basta con la norma. El premio tiene como objetivo fomentar la prevención, formación e investigación. Asimismo, el ganador del Premio ACEX tiene que ser, según D. Pablo Sáez, alguien que muestre calidad empresarial y humana y que vaya más allá de realizar un buen producto.

El director gerente de ACEX habló sobre las asociaciones beneficiarias del cheque donado por Hinojosa. Sobre DIA destacó su capacidad de adaptación y en cuanto a Ponle freno explicó la mención honorífica que le dedicó ACEX en el 2009: “Básicamente porque creímos que está cumpliendo esa máxima tan obligada de realizar de que la seguridad vial es cosa de todos”.

Por su parte D. César Hinojosa afirmó que era un día especial para la empresa Iternova, por la satisfacción que supone para ellos donar el premio: “El proyecto en el que trabajamos con gran ilusión desde hace varios años suponía para nosotros algo más importante: trabajar con dos formaciones ejemplares, que vienen realizando una extraordinaria labor para toda la sociedad “DIA y Ponle Freno, que de una forma tan eficaz trabajan para la seguridad en carreteras. Queremos mostrarles agradecimiento y consideración, animándoles a que continúen con la misma línea de trabajo que vienen desarrollando”.

No sólo dinero

“Dar gracias, en primer lugar a los que nos conceden el premio. Nos parece un gesto tan bello, ejemplar, sobre todo en estos momentos”, afirmó doña Carmen Beigber, emocionada al recibir los 4.000 euros del premio, en representación de la Fundación Antena 3 y la plataforma Ponle freno. También felicitó a ACEX, por apostar por la

investigación y porque en su opinión “es importante premiar lo que se hace bien” y a la DGT. Ésta última por ser anfitriona y apoyarles, así como a la asociación DIA por la labor que está haciendo.

“En televisión las cosas son muy efímeras. - explicó doña Carmen Beigber- “Ponle Freno va a cumplir su quinto año y esto sí que es un logro en los medios de comunicación”, afirmó doña Carmen Beigber, y añadió que este tipo de aportaciones, estos estímulos ayudan a la sostenibilidad del proyecto. Por otro lado, también aprovechó el acto para animar a todos los presentes a que se apunten a la plataforma y participen el domingo 25

“Esto es un ejemplo maravilloso de grupos que no sólo tienen una trayectoria que es reconocida y premiada, sino que confío y anhelo que sigan trabajando con más fuerzas aún, si cabe”



Sala de la DGT donde tuvo lugar la donación del Premio Nacional ACEX. FOTOGRAFÍA: María José Sánchez Gómez de Orgaz

de noviembre en una carrera popular solidaria. Los participantes que se inscriban a esta actividad podrán correr un total de 5km o 10 km y los premios se destinarán a la investigación de recuperación de lesiones medulares.

Por último, D. Francisco Canes, presidente de la Asociación Estatal de Víctimas de Accidentes - DIA, expresó lo que para él significa esta donación, lo que representa: “Estamos aquí un órgano público, iniciativas privadas, empresas, movimientos sociales y de lo que se trata es que estamos trabajando todos en la misma línea”. Es decir, en su intervención incidió en la importancia que tiene la sociedad civil: “Llevamos muchos años trabajando y esto representa un reconocimiento a la labor, y un apoyo de la sociedad

a través de César, de su empresa, de ACEX a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos”. Para D. Francisco Canes detrás de todo este tipo de iniciativas se encuentra la voluntad de mejorar la sociedad y no sólo un modelo de negocio.

Finalmente, el presidente de la Asociación Estatal de Víctimas de Accidentes añadió que en estos tiempos de crisis es la voluntad de la gente “lo que nos va hacer salir adelante”: “Desde la asociación potenciamos el voluntariado y hay muchísima gente que se está dirigiendo a nosotros para ayudar”. Es decir, agradeció este reconocimiento porque va más allá de lo puramente económico, ya que recuerda el útil papel que asociaciones como ésta desempeñan en la sociedad. ❖

Cambio en la señalización vertical en carreteras secundarias

El límite de velocidad pasa de 100 a 90 km/h



Ante el futuro cambio de las señales de límite de velocidad, R-301, derivado de la reducción del límite máximo de velocidad anunciada por el Gobierno el pasado día 18 de junio y que será recogido en la modificación del Reglamento General de Circulación, desde AFASEMETRA, los fabricantes de señales de tráfico, quieren hacer la siguiente recomendación:

SE DEBEN REEMPLAZAR LAS PLACAS DE LAS SEÑALES EXISTENTES POR OTRAS PLACAS CON EL NUEVO LÍMITE DE VELOCIDAD

En junio de 2011 tuvo lugar el cambio del límite de velocidad genérico en autopistas y autovías, lográndose dicho cambio mediante distintos métodos.

Transcurrido este tiempo, los motivos que llevan a hacer la anterior recomendación son los siguientes:

- Se estima que más del 20% de las señales instaladas en carreteras secundarias tienen más de 10 años, lo que conlleva el envejecimiento y deterioro de las láminas retroreflectantes. En el caso de cubrir únicamente la parte blanca con una nueva lámina se notaría aún

más la diferencia con la orla roja. En condiciones nocturnas la orla sería prácticamente indetectable.

- Además, como se puede comprobar en la fotografía, las láminas retroreflectantes no están diseñadas "para cubrir" y se ve el mensaje anterior.
- En el caso de decidir poner todo el disco, si la señal instalada no es plana, sino que tiene la orla estampada o embutida, no se logrará una perfecta adhesión en el desnivel (de 2,5 mm a 4 mm). Asimismo, se pueden originar problemas de falta de adherencia en el borde de la señal, donde comienza el doblez de la chapa para conformar la pestaña perimetral.
- En el caso de decidir poner únicamente el número sobre una lámina adhesiva rectangular, hemos podido comprobar que además de observarse la diferencia debida a la antigüedad de la lámina inferior, se pueden observar diferencias debidas a:
 - el tipo de material: microesferas o microprismas,
 - la clase de retroreflexión: RA1, RA2 ó RA3,
 - el fabricante de la lámina, no olvidemos que la celdilla es diferente y característica de los distintos fabricantes,
 - la direccionalidad de la lámina,

incluso tratándose del mismo fabricante, y

- la suciedad que se acumula en los bordes y que se pega en el adhesivo de la lámina.
- Añadir que la aplicación de las láminas, según las recomendaciones de los fabricantes de las mismas, debe realizarse en lugar cerrado, con unas condiciones de temperatura y humedad controladas (18°C - 20°C y 40% - 60% HR). Asimismo, la superficie debe estar perfectamente limpia y seca. La laminación debe realizarse en posición horizontal para garantizar una presión constante y uniforme. Al no respetarse estas condiciones podemos observar la formación de bolsas en la lámina, lo que origina problemas de visibilidad en especial durante la noche, cuando más accidentes tienen lugar.

Por último, hay que añadir que esta manipulación implica la pérdida de la garantía que sobre señales y láminas retroreflectantes ofrecen los fabricantes.

A partir del 1 de enero de 2013, las señales verticales fijas de circulación que se comercialicen, como producto mandatado en la Directiva de Productos de la Construcción, deben incorporar el Marcado CE obligatorio, lo que imposibilita cualquier tipo de manipulación. ❖

¿Ha pensado lo poco que falta
para el 1 de Enero de 2013?



Faltan
menos de



días

www.afasemetra.com



Si compra señales con la marca de calidad, evitará el Control de Recepción y ahorrará dinero en ensayos, como se indica de manera explícita en el PG-3, en su Capítulo 701.6 EJECUCIÓN



Marca de calidad
Una sólida base para crecer



DECÁLOGO DEL MARCADO CE EN LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL

1. Todas las señales instaladas en las carreteras europeas deberán tener el **Marcado CE** a partir del 1 de enero de 2013.
2. El **Marcado CE** es una marca obligatoria. No es necesario exigirlo, es obligatorio ofrecerlo y exhibirlo.
3. Las reglas del **Marcado CE** se publicaron en la Directiva de Productos de la Construcción 89/106/EEC.
4. Para los diferentes productos de la construcción, las fechas de aplicación están recogidas en el Diario Oficial de la Unión Europea.
5. Para los productos de señalización vertical aparece publicado en el Diario Oficial C 321 de 16 de diciembre de 2008.
6. El **Marcado CE** no sustituye a la Marca de Producto.
7. La norma europea de consulta es la EN 12899-1:2007 Señales verticales fijas de circulación. Parte 1: Señales fijas.
8. El Certificado de Conformidad CE debe emitirlo un organismo de certificación notificado y debe incluir un Anexo con las características del producto que dispone del **Marcado CE**.
9. El fabricante debe aportar tres documentos para demostrar el **Marcado CE**. Estos son:
 - o Etiqueta CE detrás de la señal,
 - o Declaración CE de Conformidad (lo firma el fabricante)
 - o y Certificado de Conformidad CE (firmado por el Organismo de certificación).
10. La vigilancia de mercado es ejercida por las autoridades de industria de las Comunidades Autónomas.



AUTOVÍA DEL ARLANZÓN

UN NUEVO HITO EN EL PROYECTO GLOBAL DE FIRMES DE SACYR



Las tecnologías aplicadas en los firmes de la autovía han permitido reutilizar más de 150.000 toneladas de residuos procedentes de fresado de mezclas bituminosas

José Ramón Marcobal Barranco
*Jefe del Departamento de Firmes
 Sacyr Concesiones*

Jacinto Luis García Santiago
*Director de Tecnología e I+D+i
 Sacyr Construcción*

Sacyr, a través de su filial Sacyr Concesiones, explota casi 4.000 km de calzada por todo el mundo (ver cuadro adjunto), en los que la consecución y el mantenimiento de los parámetros de funcionalidad y seguridad exigibles para ofrecer un servicio adecuado hacen necesario una gestión de los firmes, fruto de la cual son las operaciones de reforma, puesta a cero y conservación que generan, de forma sistemática, residuos procedentes del fresado y demolición para la reposición de las capas deterioradas. Los volúmenes en las actuaciones de puesta a cero o reforma en vías de nueva construcción pueden llegar a ser muy importantes. En las operaciones de conservación ordinaria, si bien los volúmenes unitarios de cada campaña son pequeños, la integración de los volúmenes generados en sucesivas campañas supone también unas cantidades muy importantes de residuos. Este residuo generado en las operaciones de fresado y demolición de capas de firme tiene un alto potencial de valorización porque lo constituyen materiales que son una materia prima, escasa y de muy alto valor: áridos de alta calidad y, en el caso de capas bituminosas, un importante y valioso contenido de ligante.

EL PROYECTO GLOBAL DE FIRMES

Desde la visión de una gestión adecuada de la conservación de los firmes y dentro de una política ambiental, el reto afrontado por Sacyr hace casi una década era reducir o eliminar la generación de residuos de fresado de capas deterioradas bajo el convencimiento de que constituían una oportunidad para mejorar la técnica disponible en ese momento, aplicar principios de desarrollo sostenible y reaprovechar un material muy valioso desde el punto de vista técnico y económico. Partiendo del conocimiento en diseño y tecnología de producción de mezclas bituminosas y de ejecución de firmes de la rama constructora y la necesidad de gestión y conservación de firmes a largo plazo de la concesionaria, hace ya casi una década que en Sacyr se planteó la necesidad de aunar esfuerzos entre Sacyr Concesiones y Sacyr Construcción para afrontar estos problemas y se plantearon varios proyectos de I+D+i entre los que hay que destacar el Proyecto Global de Firmes. Este proyecto consiste en la integración de una serie de estudios de I+D+i coordinados que permitirían abordar un sistema de gestión

integral de los residuos de reposición de capas de firme deterioradas de modo que, mediante una optimización de la gestión de los firmes, nuevos desarrollos de mezclas, mejoras en las tecnologías de puesta en obra y diversas técnicas de reciclado (entre las cuales, era muy importante la de reciclado en caliente de alta tasa), se volvieran a incorporar a la propia estructura del firme y con el objetivo final de aprovechamiento integral de los materiales generados con resultado de residuos cero. En total son 11 subproyectos agrupados en tres líneas: mejoras de IRI, mejoras de homogeneidad, residuos cero y reducción de consumos de energía y materias primas. El conjunto de estos proyectos resultó innovador porque suponía poder planificar y optimizar un ciclo completo de los materiales del firme, integrando en el mismo el reciclado de materiales en cualquier zona de actuación, sin las limitaciones producidas por la inexistencia en un radio operativo de plantas adecuadas. Es de destacar que este enfoque, lógicamente, ha ido incorporando nuevos desarrollos en alguno de los subproyectos, como el recientemente culminado de reciclado total de mezclas a baja temperatura.

El desarrollo tecnológico de los proyectos relacionados con materiales y procedimientos ha sido llevado a cabo por Sacyr Construcción, empresa constructora del grupo. Su gran experiencia en tecnología de firmes asfálticos, tanto con tecnologías convencionales como de reciclado en frío *in situ* y en caliente en planta [2] [3], le han permitido adquirir un amplio conocimiento de las tecnologías disponibles, sus posibilidades y limitaciones que ha influido en el exitoso desarrollo del Proyecto Global de Firmes que supone una mejora sustancial en el potencial tecnológico de Sacyr. Los trabajos relacionados con la gestión de la conservación (sistema de gestión de firmes) han sido llevados a cabo por Sacyr Concesiones que también ha sido el receptor de diversos tramos de prueba realizados por Sacyr Construcción en sus autopistas. Hay que reseñar la colaboración del Centro de Investigación Tecnológico de REPSOL en el desarrollo de ligantes especiales y de las nuevas mezclas planteadas. Además, en los diferentes subproyectos han tenido colaboración en mayor o menor medida otras empresas y organismos (IDEYCO, CEDEX, Universidad Politécnica de Cataluña, Universidad Alfonso X El Sabio).

INFRAESTRUCTURAS GESTIONADAS POR SACYR CONCESIONES

La actividad concesional de Sacyr se inicia en 1996 cuando se firma el primer contrato de concesión en Chile (Los Vilos – La Serena). Desde entonces Sacyr se ha constituido como uno de los principales grupos concesionales tanto en España como a nivel internacional. En la actualidad la filial de concesiones del grupo, Sacyr Concesiones, cuenta con una cartera de 33 concesiones distribuidas en 6 países, destacando la diversidad de activos tanto por su ubicación como por la tipología de los mismos. De ellas, 21 son concesiones de autopistas, distribuidas entre la Unión Europea con 16 y América con 5. Dentro de la Unión Europea la empresa cuenta con 11 autopistas en España, 2 en Portugal, 2 en Irlanda y 1 en Italia. En América, la empresa se ha establecido en Costa Rica con dos concesiones de autopistas y en Chile con cuatro. En total esto supone una longitud de 2.649,78 km de calzada en fase de explotación y 1.136,80 km de calzada en fase de construcción.

TECNOLOGÍAS EMPLEADAS EN AUTOVÍA DEL ARLANZÓN PARA EL APROVECHAMIENTO DEL FRESADO DE MEZCLAS BITUMINOSAS

Dentro de los proyectos de las obras de primer establecimiento y de las obras de reforma desarrollados en la fase inicial de Autovía del Arlanzón, se incluye un volumen total de 1.402.157 t de mezclas bituminosas a fabricar y un gran volumen de fresados del firme existente que se podrían reutilizar en el propio firme. Por esta razón, se decidió apostar por la aplicación de las tecnologías de reciclado y llevar a la

aplicación práctica lo desarrollado en el Proyecto Global de Firmes y en otros proyectos de I+D+i. De esta forma, se intentaba cumplir al máximo la política de Sacyr de no generar residuos, optimizando el uso de la gran cantidad de material fresado generado en las distintas actuaciones.

Por ello, además de los estudios sobre los fresados y su aplicación en las mezclas, Sacyr Construcción procedió a acelerar y culminar alguno de los desarrollos aun en curso con nuevas inversiones para dar satisfactoria respuesta al problema planteado mediante cinco soluciones diferentes,

CONCESIÓN AUTOVÍA DEL ARLANZÓN

El Contrato de Concesión de Obras Públicas para la Conservación y Explotación de la Autovía A-1, del p.k. 101,0 al p.k. 247,0 (provincias de Segovia y Burgos), fue adjudicado por el Ministerio de Fomento en noviembre de 2007. Este contrato se englobó dentro del denominado "Plan de Acondicionamiento de Autovías de Primera Generación" del Ministerio. Comprende, durante todo el término de vigencia del mismo (19 años), las siguientes actividades:

- *Fase de obra inicial:* realización de obras para la adecuación, reforma y modernización de la autovía (Área 1). En esta fase, se han llevado a cabo, entre otras, las siguientes actuaciones:
 - rehabilitación del firme y puesta a cero de equipamiento, drenaje, taludes en 216 km de calzada (108 km de tronco)
 - construcción de cinco tramos en variante con una longitud total de 13 km de autovía nuevos
 - adecuación de la autovía existente a la normativa vigente (trazado, equipamiento, drenaje, taludes) en tramos que suman un total de 50 km de calzada (25 km de tronco).
- *Fase de explotación:* conservación y explotación de la infraestructura desde el momento inicial de la concesión, incluyendo obras de reposición y gran reparación (Área 2) y tareas de conservación ordinaria (Área 3).



Figura 1. Localización de la Autovía del Arlanzón.

descritas más adelante, que se han desarrollado en dos instalaciones específicas para reutilización vía reciclado del material procedente del fresado de mezclas bituminosas (ver cuadro adjunto).

Empleo del fresado como árido en mezcla bituminosa en caliente

Es la solución más sencilla que se encuentra recogida en el artículo 542 del PG-3 del Ministerio de Fomento. Consiste en utilizar el material fresado como una fracción de árido adicional hasta un máximo de un 10% en peso de la mezcla. En esta obra el fresado se ha añadido hasta una proporción del 10%.

En esta solución, la proporción de ligante que se aporta con el fresado es pequeña y no se tiene en cuenta ni para la dosificación ni para las características que debe cumplir el ligante nuevo. En cuanto al diseño de la mezcla no se piden prescripciones adicionales; simplemente se deben realizar los mismos ensayos y cumplir lo mismo que para cualquier mezcla nueva. En la fabricación, el material fresado se somete simplemente a un proceso de cribado para eliminar los tamaños más grandes y se alimenta sin calentar directamente al mezclador de la planta.

El artículo 542 del PG-3 permite utilizar un 10% de fresado como árido en cualquier capa y cualquier tráfico. En

este caso, esta solución se ha aplicado en la capa intermedia y de base de la autovía. De esta forma se han consumido 48.600 t de material fresado.

Reciclado en caliente de capas bituminosas

Esta solución es más compleja. Está definida en el artículo 22 del PG-4 (Orden Circular 8/2001 del Ministerio de Fomento) como "la técnica consistente en la utilización del material resultante de la disgregación (mediante fresado o demolición y trituración) de capas de mezcla bituminosa de pavimentos envejecidos en la fabricación de mezclas bituminosas en caliente de las definidas en el artículo 542 del PG-3". El artículo 22 especifica que "una mezcla bituminosa reciclada contendrá una proporción en masa del material bituminoso a reciclar comprendida entre el diez (10) y el cincuenta por ciento (50) de la masa total de la mezcla". En el caso de la Autovía del Arlanzón, la proporción de material fresado que se ha añadido a la mezcla ha sido el 40%.

En esta solución, la proporción de ligante que se aporta con el fresado es muy importante y se tiene en cuenta para calcular la dosificación y características del ligante nuevo. El ligante final que resulta de la mezcla entre el ligante viejo del material fresado y el nuevo que se aporta debe cumplir las mismas características que para una mezcla convencional. Para ello, el ligante nuevo utilizado es un producto especial que ha desarrollado REPSOL con unas características adecuadas para que al mezclarse con el ligante viejo del material fresado, se obtengan las propiedades requeridas. En cuanto al diseño de la mezcla, se realizan los mismos ensayos que para una mezcla convencional.

En la fabricación, el artículo 22 del PG-4 sólo obliga a cribar los tamaños excesivamente grandes del material fresado pero permite incluir todo el fresado en una sola fracción (todo-un). Sin embargo, en la instalación



Foto 1. Variante de trazado nº 2 PK 183,300 - 186,200.

que Sacyr Construcción ha utilizado para esta obra se ha utilizado a pleno rendimiento uno de los avances desarrollados durante el Proyecto Global de Firmes que consiste en someter a la alimentación del material fresado a un proceso de control y homogeneización continuo en tiempo real donde se realizan una cadena de procesos constituidos por:

- disgregación del fresado en un molino específico
- clasificación en varias fracciones
- medición ponderal continua de la fabricación y consumo de cada fracción
- calentamiento selectivo de cada fracción en función del tamaño de árido y de su contenido de betún.

La fabricación de fracción fina además se realiza en el momento del consumo para evitar los problemas

de su acopio (aglomeración y acumulación de humedad). Todas estas operaciones se integran en un módulo móvil. Posteriormente las fracciones del material fresado se añaden al mezclador junto con el resto de materiales de la mezcla (árido virgen y ligante nuevo).

Esta solución se ha aplicado en la autovía como capa de base de una sección 032 (20 cm de mezcla + 25 cm de suelocemento + explanada E3) con un espesor de 10 cm. De esta forma se cumple lo indicado en el apartado 7.4. de la Norma 6.3-IC que permite el empleo de este tipo de reciclado para calzada de autopista con categoría de tráfico T0 siempre que por encima existan, al menos, 10 cm de mezcla bituminosa. Con este tipo de mezcla se han consumido 26.480 t de material fresado.

EQUIPO TÉCNICO DE OBRA

• Autovía del Arlanzón

Delegados Sociedad Concesionaria:

Silvia Loureda López

Juan Antonio Alcolado Pajarón

Director de construcción:

Eloy Ortiz Ortega

Director de explotación:

Tomás Enrique Ordoñez Sanz

• Sacyr Construcción

Delegado Castilla-León:

José Miguel Novillo Almendros

Jefe de obra General:

Jorge Berruguete García

Jefe de obra tramo Norte:

Miguel Tejada Matías

Jefe de obra tramo Sur:

Julio A. Jiménez Flores

• Euroconsult (Asistencia técnica)

Jefe de Unidad:

Juan Colmenarejo Jurdado

INSTALACIONES ESPECIALES PARA RECICLADO DE MATERIAL PROCEDENTE DE FRESADO DE MEZCLAS BITUMINOSAS

INSTALACIÓN 1

Planta discontinua convencional en caliente preparada con una serie de modificaciones para reciclado de baja tasa cuyas características principales son:

- Tambor secador de áridos de contraflujo, de 260 t/h de capacidad
- Dispositivo de alimentación de fresado a tolva de almacenamiento y pesado para su incorporación directa al mezclador
- Sistema complementario de extracción de gases y vapor de agua del mezclador

INSTALACIÓN 2

Planta específicamente desarrollada para reciclados templados a partir del equipo de fabricación de mezclas recicladas en caliente de alta tasa, con tecnología discontinua, de dos tambores de secado y calentamiento, uno de ellos específico para calentamiento de material de fresado de mezclas bituminosas.

Las características más reseñables del equipo son:

- Planta de fabricación de mezclas en caliente en proceso discontinuo de 260 t/h de capacidad
 - Tambor secador de áridos de contraflujo, de 260 t/h de capacidad
 - Tambor calentador de material de fresado, de flujo paralelo y cámara de combustión retrasada de 130 tns. hora de capacidad
- Instalación de tratamiento y clasificación del material de fresado, en línea con el proceso de fabricación de mezclas recicladas compuesta de:
 - Reducción de tamaños de material de fresado superiores al especificado (22 mm como estándar) mediante rotor granulador, específico para fresado.
 - Clasificación del fresado en dos fracciones (0/5 y 5/22), almacenamiento temporal en tolvas de regulación para alimentación con control ponderal de cada una
 - Entrada de fracciones de modo diferenciado en el tambor secador, dando mayor tiempo de residencia a la fracción gruesa para asegurar su calentamiento uniforme y menos tiempo a la fina, lo que preserva la calidad del ligante
 - Tolva de almacenamiento de fresado caliente y sistema de pesado, para alimentación discontinua a mezclador

Para la adaptación para fabricación de reciclados templados se ha incorporado:

- Depósitos y circuito de alimentación de emulsión a báscula de ligante
- Dispositivos adicionales de regulación de aspiración de gases en tambor secador
- Modificaciones en los diseños iniciales de recorrido de fresado caliente para resolución de la pegajosidad más acentuada en el rango de los 90°-100°C

Tramo experimental de reciclado total templado con 100% de fresado

Esta novedosa solución es un desarrollo de Sacyr Construcción [1] [4] que consiste en una nueva mezcla que permite, mediante tecnología templada de baja temperatura, incorporar tasas muy altas de material reciclado, siendo posible llegar a una tasa total, al 100% y que, a la vez, presenta un alto nivel de prestaciones mecánicas y funcionales que permiten su empleo en capas de reposición, sin las limitaciones inherentes a los reciclados en frío. En el caso de la aplicación en la Autovía de Arlanzón se ha utilizado un 100% de material de fresado para la fabricación de la mezcla. La tecnología de fabricación permite calentar el material bituminoso de modo directo pero preservando la calidad e integridad del ligante.

En esta solución, el ligante se aporta en forma de emulsión. Al llevar un 100% de material de fresado, es fundamental el análisis de las características de betún del fresado, pues sus características determinarán las propiedades que deba tener la emulsión nueva que se aportará. Para el diseño de la mezcla se ha tenido

que desarrollar una metodología *ad-hoc* pues no existen referencias al ser una novedad a nivel mundial.

En cuanto a la fabricación, el material de fresado se circula por el módulo específico de tratamiento y clasificación que tiene instalado Sacyr Construcción en una de las plantas que se han utilizado para la obra de la autovía. Una vez calentado a una temperatura en el entorno de los 100 °C, se mezcla con la emulsión que se ha diseñado específicamente para este trabajo.

Esta mezcla se ha extendido como capa intermedia en un tramo experimental ubicado en una vía de servicio, con una longitud de 1.300 m y con categoría de tráfico T2 que formará parte de los Estudios de Firme de Sacyr Concesiones (EFSYC) (ver cuadro adjunto). Concretamente se incluirá en el estudio EFSYC-3 "Rehabilitación con técnicas que incluyen firmes reciclados". No existe normativa que indique en qué capas se puede colocar el reciclado templado. En este caso se ha querido ser conservador y se ha aplicado el reciclado templado siguiendo los criterios que se indican en el apartado 7.4. de la Norma 6.3-IC para los reciclados en frío *in situ*, a

pesar de que sus propiedades son muy inferiores a las del reciclado templado. En dicho artículo se indica que para categoría de tráfico T2, se podrá colocar el reciclado en frío *in situ* en la calzada siempre que lleve una capa de rodadura encima. La sección tipo del tramo experimental consiste en un fresado de 5 cm del firme actual, una reposición con el reciclado total templado y la extensión posterior de una capa de rodadura de hormigón bituminoso convencional con lo que se cumple lo indicado en la Norma 6.3-IC.

Utilización del fresado como material granular en suelocemento en planta

Esta solución está recogida en el artículo 513 "Materiales tratados con cemento" del PG-3 del Ministerio de Fomento. En su apartado 513.2.2.1 "Materiales granulares. Características generales" indica que "se podrán utilizar subproductos o productos inertes de desecho" de acuerdo al Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición. En esta obra el fresado se ha añadido hasta una proporción del 25% sobre el peso del suelocemento que se ha extendido en diferentes actuaciones y zonas de la autovía.

El diseño de la mezcla se realiza de forma habitual. En la fabricación, solamente se eliminan los tamaños más grandes y se alimenta como si fuese una fracción más de árido.

De esta forma se han consumido 46.700 t de material fresado.

Reciclado *in situ* con cemento de altas prestaciones

Esta solución se aplicó en el tramo "Variante de Aranda de Duero". El análisis de los datos de auscultación estructural e inspección visual, determinó la existencia de 12-15 cm de mezclas bituminosas sobre una base de gravacemento con una patología de avanzado estado de



Foto 2. Instalación 2. Planta específica para reciclado en caliente de alta tasa. En primer término se pueden ver los acopios de material procedente de fresado de mezclas bituminosas.

fisuración reflejada en el carril derecho y presencia de indicios de surgencia de finos depositados en el arcén. Para el caso del carril derecho, la información recopilada mostraba una falta importante de capacidad estructural de la sección lo que determinó la necesidad de hacer un estudio especial para definir la solución a aplicar para la rehabilitación integral de este tramo. Dada la tipología del firme, se analizó la posible existencia de huecos bajo la base de gravacemiento mediante una auscultación especializada con deflectómetro de impacto y una prueba de inyección de la subbase pero se comprobó que éste no era el problema. El avanzado estado de fisuración y la dudosa integridad y vida residual de la gravacemiento indicaban que la mejor opción podría ser la de un reciclado *in situ* con cemento que restituyese la capacidad estructural e integridad del firme. Esta solución, incluida en el artículo 21 del PG-4, presenta una importante ventaja de tipo medioambiental frente a la de demolición y reconstrucción de todo el firme deteriorado pues reaprovecha los materiales obtenidos en la demolición de la zona reciclada. Asimismo su afección al tráfico es inferior a la reconstrucción total del firme pues los rendimientos son superiores. A pesar de que este tipo de solución solamente está admitida en el apartado 7.4. de la Norma 6.3-IC para los tráficos T2 a T4, se ha aplicado en el tramo Variante de Aranda de Duero con tráfico T0 dadas sus especiales características. Para la aprobación de esta solución, en la que se han reutilizado 29.150 t de residuos de fresado, ha sido necesario realizar una serie de trabajos especiales que justificase adecuadamente su diseño y ejecución entre los cuales hay que destacar los siguientes:

- auscultación de deflexiones y caracterización mediante cálculo inverso de las capas inferiores del firme existente que no se iban a tocar y que constituirían la explanada. Los módulos obtenidos



Foto 3. Ejecución del tramo de prueba con reciclado total templado con 100% de fresado

- mediante cálculo inverso permitieron clasificar la explanada como E2.
- cálculo estructural de la sección mediante un modelo multicapa para la sección 032 de la norma 6.1-IC, la cual se validó para el tráfico de proyecto con un análisis de sensibilidad. Sobre la sección diseñada, como prevención, se aumentó 5 cm el espesor de la capa tratada con cemento.
- diseño del material tratado con cemento al que se le exigieron altas prestaciones con una resistencia a compresión simple a 7 días de 3 MPa, superior a la exigida en el PG-3 para el suelocemento.
- realización de un tramo de prueba donde se simuló el proceso de reciclado con un equipo similar al que se emplearía posteriormente en la ejecución, con el propósito de la toma de muestras de material de la carretera, de modo que se pudiesen realizar esos estudios de laboratorio con la misma granulometría del material que la que se obtendrá luego, en la ejecución real
- definición de la metodología de ejecución para la minimización de la afección al tráfico incluyendo las siguientes fases: fresado de 12 cm del firme existente en el carril derecho, reciclado *in situ* vía

ESTUDIOS EFSYC

El programa "Estudios de Firme Sacyr Concesiones (EFSYC)" es un conjunto de tramos experimentales que Sacyr Concesiones tiene definidos en varias de sus infraestructuras en concesión en los que se pretende hacer un seguimiento del comportamiento a largo plazo de diferentes actuaciones y técnicas de rehabilitación. En la actualidad están en marcha tres estudios:

- EFSYC-1. Sistemas de control de reflexión de fisuras.
- EFSYC-2. Rehabilitación de firmes de hormigón mediante pulverizado.
- EFSYC-3. Rehabilitación con técnicas que incluyen firmes reciclados

En cada estudio se engloban una serie de tramos que se caracterizan de forma muy detallada mediante la siguiente metodología:

- pre-construcción: cartografía e inventario, inspección visual de deterioros, extracción de testigos, deflectometría.
- construcción: control de calidad con trazabilidad y referenciación común con el sistema de gestión de firmes.
- post-construcción: aforo de tráfico, extracción de testigos y ensayos de laboratorio, inspección visual, regularidad longitudinal y transversal, deflectometría.



Foto 4. Ejecución del reciclado *in situ* con cemento en el tramo Variante de Aranda de Duero.

húmeda de 30 cm, precompactación, prefisuración en fresco con el dispositivo desarrollado por Sacyr Construcción en el Proyecto Global de Firmes, terminación de la capa (refino, compactación y riego de curado), reposición de 12 cm de mezcla y extendido de refuerzo de 8 cm a ancho completo.

LOS RETOS DEL FUTURO

Hace casi una década que Sacyr viene desarrollando estas y otras actividades bajo la filosofía de una visión global, económica y ambientalmente sostenible, del ciclo de vida de las mezclas bituminosas y otros materiales del firme. La Autovía del Arlanzón ha servido como aplicación a gran escala de tecnologías desarrolladas por Sacyr Construcción dentro del Proyecto Global de Firmes y también ha sido el escenario experimental de tecnologías en el límite del conocimiento como el reciclado total templado con una generación de "residuos cero", una minimización del consumo de recursos naturales y una reducción del impacto ambiental en emisiones de CO₂. Fruto de todas estas actividades se han conseguido reutilizar más de 150.000 t de residuos de fresado de firmes antiguos lo que supone

también una minimización de recursos naturales nuevos y la eliminación del vertido de estos materiales, que se hubiera producido con la utilización de tecnologías convencionales.

Lejos de ser un punto final, el camino no se detiene y fruto de los trabajos desarrollados en este y otros proyectos de I+D+i, algunos objetivos han ido adaptándose a la realidad, otros se han ido concretando y adaptando a las necesidades y, lo que es más motivador, han aparecido nuevas líneas de trabajo que, en los próximos años, permitirán a Sacyr continuar ofreciendo las tecnologías más actuales en el mundo de los firmes. Estos pasos no dejan además de ser el inicio de nuevos campos de actividad productiva que, a través de actuaciones de transferencia tecnológica, Sacyr ofrecerá en otros mercados internacionales donde está presente.

Numerosas Administraciones han mostrado un gran interés por estas tecnologías. En esa línea se considera imprescindible seguir contando con su apoyo para que la documentación técnica, los pliegos y la normativa, avancen en esta dirección, desarrollando especificaciones que recojan este tipo de materiales, favoreciendo la utilización de tecnologías que cuiden el medio ambiente y ampliando

su campo de aplicación. Asimismo, en el campo de las concesiones, que se promueva la aplicación del principio de "el que contamina, paga" y se favorezcan aquellas iniciativas en las que se propongan materiales, tecnologías o diseños ambientalmente sostenibles que minimicen la generación de residuos, el consumo de recursos naturales y las emisiones de CO₂.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren transmitir su agradecimiento al numeroso personal técnico de servicios centrales, de obra y de producción que de alguna forma han colaborado en este proyecto con su trabajo, paciencia e ilusión, en representación de los cuales citamos a Moisés Cruz Martínez (Sacyr Construcción), David Quirante Blanco (Sacyr Construcción), Vicente García Ortiz (Sacyr Construcción), Beatriz Alonso Acosta (Autovía del Arlanzón), José Manuel García Francés (Autovía del Arlanzón) y Miguel Angel Moreno Carrillo (Sacyr Concesiones).

REFERENCIAS

- [1] García Santiago, J. L., Guisado Mateo, F. Rehabilitación sostenible de pavimentos: innovaciones en tecnología y desarrollos de mezclas para aprovechamiento total de materiales con bajo consumo de energía. 6º Congreso de Ingeniería Civil. Valencia, 2011.
- [2] García Santiago, J. L. et al. Influencia de la temperatura de mezcla en las propiedades mecánicas del reciclado en frío. XVI Congreso Latinoamericano del Asfalto. Brasil, 2011.
- [3] García Santiago, J. L. Reutilización y reciclado de materiales en la conservación de firmes. Jornada Técnica ACEX. Vitoria, 2011.
- [4] García Santiago, J. L. et al. Reciclado total de mezclas bituminosas a bajas temperaturas. Una propuesta para su diseño, caracterización y producción. Jornada Técnica de ASEFMA. Madrid, 2011. ❖

Fomento pone en servicio el tramo Sabiñánigo - Fiscal de la N-260 en la provincia de Huesca



Figura 1. Vista general del tramo Sabiñánigo - Fiscal N-260, Huesca.

Rafael López Guarga, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Director de Obra.

La nueva carretera entre Sabiñánigo y Fiscal forma parte del Eje Pirenaico, carretera N-260 de frontera francesa (Port Bou) a Sabiñánigo, a su paso por la provincia de Huesca atravesando los términos municipales de Sabiñánigo, Yebra de Basa y Fiscal.

Este tramo de nueva carretera, de 23,3 kilómetros de longitud, conecta los valles del Gállego y del Ara de forma directa sin necesidad de atravesar el puerto de Cotefablo, reduciendo el tiempo de recorrido de la hora actual a poco más de 15 minutos. La IMD prevista en el inicio de la puesta en servicio es de 2.500 veh /día.

El trazado corresponde al de una carretera convencional que permite en la mayor parte de los tramos una velocidad de 90 km/h.

Características técnicas

Comienza en la glorieta del enlace de esta carretera con la N-330 y en sus primeros 4,5 km su trazado discurre coincidente con el de la antigua carretera autonómica HU-321 a Yebra de Basa, mientras que el resto es de nueva traza. El radio máximo en planta es de

5.000 m, el mínimo de 200 m y la mayoría entre 300 y 500 m.

En cuanto a la rasante se distinguen dos partes diferenciadas: en la primera, la carretera discurre por el fondo del valle del río Basa con pendientes suaves entre el 0,34% y el 3,30%; y en la segunda parte el trazado sube con un 7% hasta el punto alto de la obra con cota de 1.218 m, situado a 800 m de la boca de entrada del túnel de Petralba, para después descender primero con el 3% en el túnel y después con el 8% hasta Fiscal, con un "descansillo" del 3% en la zona de Berroy (túnel y viaducto).

La carretera da acceso a las poblaciones cercanas a lo largo de su recorrido, para lo cual se han dispuesto un total de 7 intersecciones correspondientes a los núcleos de Osán, de Yebra de Basa, de S. Julián de Basa, de Fanlillo, de Lardiés, de Fiscal y con la carretera N-260. La tipología es de glorieta partida para todas, excepto la primera que es en T, y la última que es una glorieta cerrada. La sección tipo de la carretera consta de dos carriles de 3,5 m, dos arcenes de 1,0m y dos bermas de 0,5 m. En los tramos de elevada pen-

diente se dispone un carril adicional para vehículos lentos, lo que ocurre prácticamente en dos tercios del trazado: por el lado de Sabiñánigo desde la intersección de San Julián hasta pasado el punto alto; y, por el otro lado, desde Fiscal hasta la salida del túnel.

El firme del tronco se corresponde con la sección tipo 311 de la Norma 6.1-IC, constituida por 20 centímetros de mezcla bituminosa en caliente sobre 25 centímetros de zahorra artificial que apoyan sobre una explanada tipo E1 de suelo adecuado. El drenaje de la carretera incluye cunetas, bordillos, bajantes, zanjas, encauzamientos..., y 84 obras de drenaje transversal, que junto a su misión primordial de paso de agua, contribuyen a incrementar la permeabilidad para la fauna presente en el entorno. Como elementos singulares se han dispuesto un total de 6 viaductos, 4 estructuras y 4 pasos inferiores:

- **Viaducto de Sobás:** de 90 m de longitud y 13,5 m de ancho, con tres vanos de 30 m.

- **Viaducto de Fanlillo:** de 170 m de longitud y 13,5 m de ancho, con cinco vanos de 34 metros, para cuya

construcción se ha utilizado una estructura lanzavigas.

- **Viaducto de Arbisa:** Estructura mixta de 260 m de longitud y 13,5 m de ancho, con tres vanos de 60 m y uno de 80 m. El cajón metálico se ha construido mediante el procedimiento de empuje.

- **Viaducto de Fenés:** 120 m de longitud y 13,5 m de ancho, con cuatro vanos de 30 m.

- **Viaducto de Berroy:** 260 m de longitud y 14,1 m de ancho, con seis vanos de 40 m y uno de 20 m. Para el montaje de los vanos centrales se ha utilizado una estructura lanzavigas.

- **Puente del Ara:** 81 m de longitud y un ancho de 10 m, con dos vanos de 24,5 m y uno central de 32 m.

- **Puentes de Osan, Gabardué y Santa Orosia:** de 15 m de longitud cada uno, salvados con vigas doble T que apoyan en dos estribos cerrados de hormigón in situ.

- Además, en la ladera situada a la altura de la D.O. 18 + 500 ha sido necesaria una operación de "cosido" del terraplén mediante pilotes para garantizar su estabilidad, que ha dado lugar a una nueva estructura de 6 vanos con una longitud total de 192 m.

- Cuatro pasos inferiores, formados por marcos prefabricados de sección 5x4 m², que dan continuidad a los caminos de acceso a fincas.

Túneles:

- **Túnel de Petralba**

Tiene una longitud total de 2.625 m. Atraviesa la sierra de Canciás con una montera máxima cercana a los 500 m. La sección tipo del túnel consta de tres carriles, dos de subida en el sentido Fiscal-Sabiñánigo de 3,25 m, cada uno de ellos, y uno de bajada de 3,5 m, separados por una mediana de 30 cm en la que se disponen elementos flexibles de balizamiento.

Dispone de dos arcenes de 30 cm y aceras de 60 cm. El gálibo es de 5,50 m. Por motivos de seguridad dispone de una galería de evacuación paralela con sección de 4,5x4,5 m² con bóveda de medio punto. El túnel y la galería se

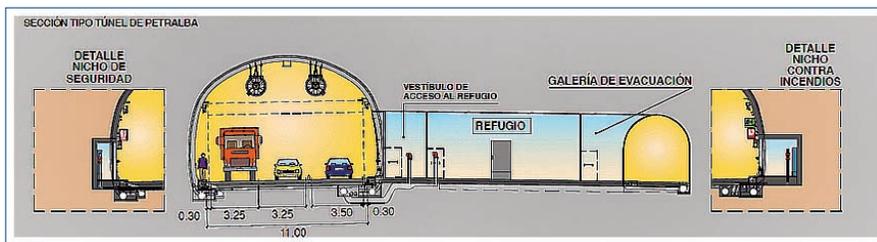


Figura 2. Sección Tipo. Túnel de Petralba.

conectan a través de nueve galerías de conexión en las que se disponen refugios que podrán ser utilizados por los usuarios en caso de emergencia en el túnel. El túnel, en sus hastiales, también dispone de nichos de seguridad y nichos de incendios.

Las instalaciones del túnel se han adaptado a lo indicado en el R.D. 635/2006 sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carretera del Estado para un túnel bidireccional e interurbano con una longitud comprendida entre 1.000 y 3.000 metros, disponiendo de alumbrado (normal, de seguridad, de emergencias y de balizamiento), ventilación longitudinal en túnel y galería, doble suministro eléctrico con generadores que garantizan el 100% de la potencia instalada, sistema de alimentación ininterrumpida, puestos de emergencia en nichos y refugios con postes SOS y comunicación, sistemas de protección de incendios (detección de incendios mediante fibroláser e hidrantes para bomberos) y sistemas de señalización, control y comunicaciones (sistema de gestión técnica

centralizada, señales de aspa/flecha y limitación de velocidad, paneles de mensaje variable, circuito cerrado de televisión, detección automática de incidentes, barreras en el exterior e interior del túnel, semáforos, sistema de comunicación mediante hilo radiante, opacímetros, detectores de CO, anemómetros, megafonía, hilo de Ariadna...). Se ha dotado de un centro de control secundario en la boca de Fiscal, ya que el puesto principal, desde el que se realizará la gestión técnica centralizada, se sitúa en el centro de control de Monrepós, actuando el primero sólo en caso de fallo de comunicación. Por último se ha instalado un sistema de cámaras termográficas, resistentes a las altas temperaturas que permiten la visión en el túnel en caso de incendio a través del humo generado.

- **Túnel de Berroy:** Tiene una longitud de 169 m y una montera máxima de 65 m. La sección del túnel consta de tres carriles de 3,50 m, dos arcenes de 1,0 m y dos aceras de 0,70 m. Dispone únicamente de instalación de alumbrado.

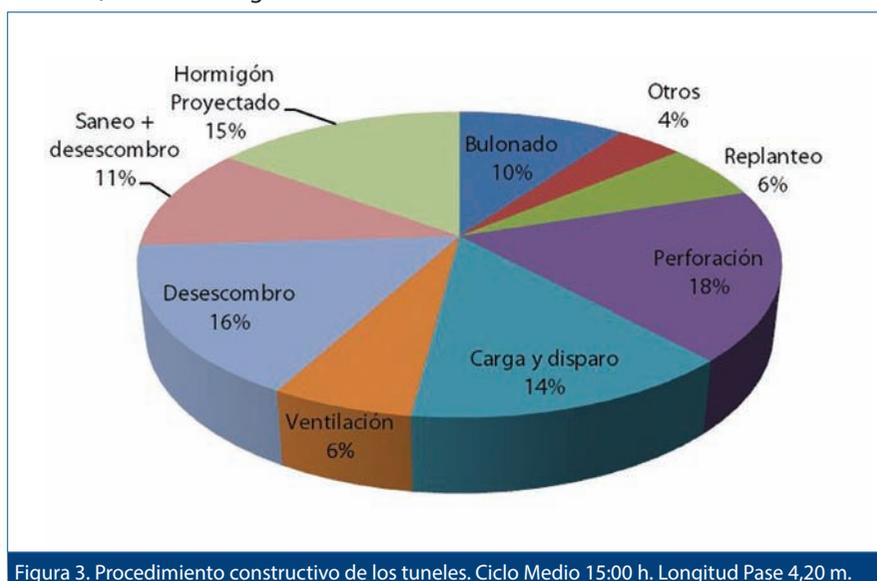


Figura 3. Procedimiento constructivo de los tuneles. Ciclo Medio 15:00 h. Longitud Pase 4,20 m.



Figura 4. Emboquille sur. Túnel de Petralba.



Figura 5. Túnel de Petralba.

Procedimiento constructivo

El procedimiento utilizado para la excavación ha sido el del Nuevo Método Austriaco, cuyas operaciones quedan explicadas en la figura 3 (reparto de operaciones en pase medio).

La excavación se ha realizado en dos fases: avance y destroza, en las zonas próximas a los emboquilles, y a sección completa en el resto del túnel.

Rendimientos e impacto medioambiental

Los trabajos de excavación del túnel se iniciaron en septiembre de 2007 en la boca del lado Sabiñánigo, y en noviembre del mismo año en la Boca del lado Fiscal, terminándose en marzo de 2009, resultando unos rendimientos medios entre las dos bocas de 8,9 m/día y 179 m/mes, alcanzado un máximo de 11,9 m/día y 238 m/mes.

Dada la ubicación de la obra, en zona pirenaica de alta sensibilidad medioambiental, y en cumplimiento de la DIA, se ha hecho especial hincapié en el plan de seguimiento ambiental. Una de las principales afecciones medioambientales ha sido la presencia de quebrantahuesos en el entorno de la obra, estableciéndose en la DIA la ausencia de alteraciones sobre el mismo, por voladuras y tránsito de maquinaria pesada desde el 1 de diciembre hasta el 1 de junio, que implicó que el Programa de Trabajos tuviera que adaptarse a estas circunstancias. Sin embargo, a pesar de su cercanía a la obra, en el año 2007 una pareja de quebrantahuesos anidó en el entorno del emboquille sur, teniendo éxito en la reproducción y consiguiendo sacar adelante una cría.

También por motivos principalmente medioambientales ha sido preciso realizar una serie de Obras Complementarias, con distintas actuaciones en los taludes situados entre el

túnel de Petralba y Fiscal, además de las plantaciones en los taludes de los terraplenes. En concreto, se han llevado a cabo retaluzados para mejorar la geometría de los taludes y el desarrollo de las plantaciones, muros jardinería en los pies de talud, sobre los que se han realizado plantaciones, colocación de mantas orgánicas de yute, geoceldas, mallas tridimensionales y proyección de sustrato orgánico en las superficies de los taludes para permitir el desarrollo y crecimiento de las hidrosembras y plantaciones, envejecimiento artificial de los taludes gunitados para una mejor integración de los mismos, y actuaciones en el entorno de los barrancos.

Este nuevo trazado atraerá un considerable volumen de tráfico procedente del País Vasco, Navarra y potencialmente del Levante español, con destino final en los valles de la zona (Ordesa), y todo sin perjuicio del ahorro en tiempo de recorrido, y en mejora de la seguridad del tráfico local. ❖



Figura 6. Jumbo perforando túnel de Berroy.



Figura 7. Vistas desde emboquille norte túnel de Berroy.

Tabla 1. Características Generales	
Longitud del tramo	23.285 m
Longitud túnel Petralba	2.625 m
Longitud túnel Berroy	169 m
Excavación	2.201.214 m ³
Terraplén	1.624.818 m ³
Explanada E-1	174.066 m ³
Escollera	54.890 m ³
Mezclas Bituminosas en caliente	140.000 t
Tablero de puentes y viaductos	16.465 m ²
Tratamiento ambiental de taludes	56.831 m ²

Tabla 2. Inversión	
Obra Principal	120.320.983,98 €
Obras complementarias	18.408.331,25 €
(Actuaciones medioambientales)	(10.854.243,84 €)
Expropiaciones	1.882.629,40 €
A. T. redacción de proyecto	548.547,76 €
A. T. para control y vigilancia	3.720.793,63 €
INVERSIÓN TOTAL	144.881.286,02 €

Tabla 3. Características Técnicas	
Calzada en sección normal	2 x 3,5 m
Calzada en túnel de Petralba	2 x 3,25 m + 1 x 3,5 m
Calzada en túnel Berroy	2 x 3,50 m + 1 x 3,5 m
Arcenes	2 x 1 m
Radio mínimo	200 m
Pendiente máxima	8 %
Intersecciones	7
Viaductos	6
Estructuras	4
Pasos interiores	4
Obras de drenaje	84
Túneles	2



Figura 8. Maniobra empuje de Viaducto Arbisa.



Figura 9. Comparativa de Trazados actual y futuro Sabiñanigo - Fiscal.

- **Titular:**
DGC. Ministerio de Fomento
Demarcación de Carreteras del Estado en Aragón
- **Director de la obra:**
D. Rafael López Guarga (ICCP)
D. Jorge Romero Ramos (ITOP)
- **Proyecto:**
D. Joaquín Bernad Bernad (ICCP) (Sers)
D. Rafael López Guarga (ICCP)
- **Empresa Constructora:**
COPISA en UTE con Vialx Roldán
- **Jefe de Obra:**
D. Oscar Ortega Sáinz (ICCP)
D. Fco. Javier Villota Alonso (ICCP) (Gerente)
- **Asistencia técnica, control y vigilancia:**
Prointec S.A.
D. Íñigo Pérez Martínez (ICCP)
D. Ricardo Páramo Vaquero (ICCP)



Agradecimientos a D. Íñigo Pérez Martínez, Ingeniero de Caminos Canales y Puertos de Prointec, por las fotos facilitadas.

**NUEVO TRAZADO CN-260 EJE PIRENAICO,
DE SABIÑANIGO A FRONTERA FRANCESA (PORT BOU).
TRAMO: SABIÑANIGO-FISCAL**



Pl. d'Europa 2-4. Torre Copisa
08902 L'Hospitalet de Llobregat. Barcelona
Tel. 93 493 01 00 Fax. 93 493 01 36

Romero Girón, 4
28036 Madrid
Tel. 91 555 22 07 Fax. 91 555 21 87

www.grupocopisa.com

El nuevo tramo de la A-4 a su paso por Despeñaperros ya está en funcionamiento



Figura 1. Túnel de Despeñaperros y Viaducto del Corzo.

Enlace entre Venta de Cárdenas (Ciudad Real) y Aldeaquemada (Jaén) en la Autovía del sur (A-4)

La apertura al tráfico el pasado mes de junio de la calzada sentido Andalucía entre los enlaces de Venta de Cárdenas (Ciudad Real) y Aldeaquemada (Jaén) en la Autovía del sur (A-4) pone fin al penoso discurrir del tráfico por el desfiladero de Despeñaperros, compañero inseparable del camino entre Andalucía y la meseta desde hace siglos.

Con el nuevo trazado la Autovía A-4 discurre en túnel sensiblemente paralelo al desfiladero a unos quinientos metros al este del mismo bajo el paraje natural de "Los Órganos".

El pasado 11 de junio de 2012, la Ministra de Fomento, D^a Ana Pastor, presidió el acto de puesta en servicio

del nuevo tramo de la Autovía del sur (A-4) a su paso por el desfiladero de Despeñaperros completándose así la totalidad del nuevo trazado de la Autovía A-4 entre Venta de Cárdenas (Ciudad Real) y Santa Elena (Jaén).

Las obras correspondientes se adjudicaron a la empresa FCC Construcción con fecha 8 en julio de 2008.

Antecedentes

La Autovía del Sur entre Madrid y Sevilla conecta la meseta castellana y Andalucía a través del paso de Despeñaperros. La anterior infraestructura existente con anterioridad contaba con un trazado sinuoso que data de

los años ochenta en la mitad del trazado y el resto de mediados del siglo XX.

Históricamente el paso de Despeñaperros ha sido un punto singular en la red de carreteras, con un 30% de tráfico pesado y un trazado muy virado, que reducía su capacidad y seguridad. En 1984 se desdobló el tramo existente con una nueva calzada en sentido a la meseta en la mitad norte del tramo, y en sentido a Andalucía en la mitad sur. Ambos sentidos mantenían la mitad de su trazado con calzada antigua y la otra mitad con calzada nueva, de modo que en ambas había aproximadamente un 50% con un trazado fuera de normativa que obligaba a limitar la velocidad máxima a 50 km/h.

En septiembre de 2011 se procedió a la puesta en servicio de la totalidad de la nueva calzada en sentido Madrid, entre las localidades de Santa Elena (Jaén), y Venta de Cárdenas (Ciudad Real), y parte de la calzada en sentido Andalucía entre los enlaces de Aldeaquemada y Santa Elena.

Cabe destacar que este último tramo inaugurado este en junio, no pudo ponerse en servicio en septiembre del pasado año debido a que para su realización de este tramo era necesaria la apertura al tráfico de la nueva

calzada sentido Madrid para permitir la demolición del antiguo viaducto del Corzo y la adaptación del trazado entre los puntos kilométricos 245 y 246 para la circulación en sentido Andalucía.

El Ministerio de Fomento, en una apuesta decidida por la conclusión de este corredor, ha acelerado la puesta en servicio del tramo restante de la calzada sentido Andalucía, lo que le ha supuesto una inversión de más de 60 millones de euros correspondientes a este tramo, para un total de 245

millones de euros en el conjunto de la actuación.

La apertura total de la calzada en sentido sur, con 9,5 km de longitud, ha supuesto una reducción del tiempo de recorrido, en dirección Andalucía, de aproximadamente 10 minutos.

Se prevé que la infraestructura, que en la actualidad soporta un tráfico medio diario de 24.000 vehículos, con un 30 % de vehículos pesados, pueda llegar a albergar del orden de 57.000 vehículos en el año 2030.

Descripción del trazado

El nuevo tramo de autovía comienza en el P.K. 244 de la actual A-4 sentido Andalucía. En primer lugar atraviesa un tramo de 500 metros en el que se localizan dos viaductos sobre el río Despeñaperros de 80 y 100 metros respectivamente y el túnel del corzo de 145 metros de longitud que formaban parte de la antigua calzada sentido Madrid. Este tramo ha sido acondicionado y se ha dotado el túnel de todos los elementos necesarios para cumplir con el RD 635/2006 sobre requisitos de seguridad.

Una vez pasado el túnel del Corzo, y ya en Andalucía, el trazado se amplía a 3 carriles y entramos en el viaducto del Corzo de 450 m, que salva el curso del río Despeñaperros. A continuación, se accede al túnel de Despeñaperros de 1925 m de longitud, que atraviesa el paraje natural "Los Órganos", de especial protección ambiental.

A continuación, se llega al túnel de la Cantera de 280 m de longitud y a la salida, se accede al viaducto de Despeñaperros de 430 m de longitud, realizado mediante autocimbra gracias al cual, se salva la línea de ferrocarril Madrid-Sevilla, la antigua carretera nacional N-IV sentido Madrid y el río Despeñaperros.

Por último, aproximadamente en el P.K 251 de la actual A-4 sentido Andalucía, en el enlace de Aldeaquemada, se entronca con la autovía A-4 puesta en servicio en septiembre de 2011.



Figura 2. Túnel de la Cantera y Viaducto de Despeñaperros.

Secciones tipo

En estos cuatro kilómetros y medio que se ponen en servicio, la sección de la autovía está formada por tres carriles de circulación, arcenes interiores de 1,5 metro y exteriores de 2,5 m, excepto en los primeros 500 m, que coinciden con el trazado de la antigua A-4 sentido Madrid, donde la sección de la autovía es de dos carriles de circulación.

Tanto en viaductos como en túneles los arcenes interiores y exteriores se reducen a 1 metro existiendo en el interior de los túneles aceras de 1 metro para permitir la evacuación de los mismos en caso de emergencia.

Pasos constructivos singulares

Entre las soluciones adoptadas cabe destacar el proceso constructivo del viaducto de Despeñaperros, y la adopción del Nuevo Método Austríaco para la excavación de los túneles, que se describen a continuación.

El viaducto de Despeñaperros se ha ejecutado mediante dovelas prefabricadas montadas vano a vano con junta seca, pretensado exterior y cimbra superior. Consta de 430 metros de tablero de 13,6 metros de ancho en vanos isostáticos con luces de 39 y 45 metros. Se han conseguido rendimientos en el montaje del tablero de dos vanos, 90 metros, cada cinco días.

Las dovelas se fabricaron en la localidad de Santa Elena por el método de la dovela conjugada en línea corta, es decir, cada dovela se hormigona utilizando a la anterior, que se denomina conjugada, como encofrado para que posteriormente encajen perfectamente entre ellas.

El montaje se realiza utilizando una cimbra autolanzable superior de 117 metros de longitud formada por dos vigas en celosía sobre las que discurre el cabrestante que maneja las dovelas. Para la excavación de los túneles de Despeñaperros y la Cantera



Figura 3. Vista general.

de 1.925 metros y 280 metros respectivamente, se ha utilizado el Nuevo Método Austríaco. La excavación se ha llevado a cabo en dos fases: avance y destroza.

En primer lugar, se realizaba la voladura tras la cual, y mediante un robot de gunitado se procedía a la ejecución del sostenimiento con hasta 30cm de hormigón proyectado con fibra de acero. Después se impermeabilizaba con lámina de PVC y por último se procedía al revestimiento con 30cm de hormigón HM-25.

Impacto ambiental

En el proyecto se ha prestado especial atención al impacto ambiental y a las medidas diseñadas para minimizarlo. Para ello, se destinaron ocho millones de euros en medidas específicas entre las que deben destacarse: la conversión de las calzadas antiguas en una vía principalmente recreativa que permite el acceso al Parque Natural de Despeñaperros, la mejora de las condiciones de hábitat del conejo de monte y del lince ibérico, la recuperación del endemismo de la *centaurea citricolor* y la protección del confort sonoro gracias a la instalación de pantallas acústicas. También se ha restaurado la antigua calzada

sur entre los puntos kilométricos 252,3 y 256,7. Esta restauración ha consistido fundamentalmente en la recuperación de los cauces de los arroyos afluentes del arroyo del Rey y el restablecimiento de la topografía anterior a la obra del año 1984. Para ello se han desmontado los terraplenes y rellenos existentes y rellenado los desmontes, dejando una pista forestal de 5 m de ancho de servicio al personal del Parque Natural. Por último, se ha realizado la revegetación con especies arbóreas y arbustivas características de cada uno de los hábitats. ❖

- **Titular:**
Ministerio de Fomento
- **Director de la obra:**
D. José Lorente Gutiérrez (ICCP)
- **Empresa Constructora:**
FCC CONSTRUCCIÓN
- **Jefe de Obra:**
D. Juan Diego Romero Martínez (ICCP)
- **Asistencia técnica, control y vigilancia de las obras:**
ACCIONA INGENIERIA
- **Proyektista - Asistencia técnica a la redacción del proyecto:**
D. Enrique Secades Ariz (ICCP)
ACCIONA INGENIERIA



Autovía A-4. Variante de Despeñaperros



Servicios Ciudadanos

Desde 1.900, **FCC Construcción** es testigo y actor del desarrollo experimentado por el sector de la construcción en el siglo XX y mantiene, como empresa de referencia, su papel protagonista también en el XXI.

Nuestro compromiso, hoy como ayer, es ofrecer a la sociedad los mayores frutos posibles como resultado de nuestra actividad, cuidando de nuestro entorno. Porque el planeta nos lo ofreció todo en el pasado, ahora es nuestra oportunidad para cuidarlo y que nuestros descendientes lo encuentren como está hoy, por lo menos.



Curso de Firmes impartido en las aulas de la ATC



Visita a la planta de Elsan S.A., en Arganda (Madrid)
Fotografía: María José Sánchez.

Durante tres semanas, la Asociación Técnica de Carreteras (ATC- AIPCR/PIARC) impartió en su sede de Madrid el Curso de Firmes. *Materiales, diseño y rehabilitación*, dirigido por el Presidente de la Asociación Técnica de Carreteras, D. Roberto Alberola García. La Dirección Técnica corre a cargo de D. Javier Payán de Tejada González (Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento) y de D. Adolfo Güell Canela (Jefe de la Unidad de Carreteras del Estado en Ourense -Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento).

A lo largo de seis sesiones (27 y 28 de septiembre; 4, 5, 18 y 19 de octubre) los asistentes al curso

profundizaron en diferentes temas relacionados con los firmes, impartidos por experimentados profesionales del sector: *Marco normativo, áridos y capas granulares*, a cargo de doña Mercedes Gómez (Ministerio de Fomentos); *Suelos estabilizados y capas tratadas con ligantes hidráulicos*, por D. Jesús Díaz Minguela (Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones), quien se encargó también de *Pavimentos de hormigón (diseño, construcción y rehabilitación)*.

La siguiente sesión corrió en su totalidad a cargo de D. Baltasar Rubio (Centro de Estudios del Transporte - CEDEX), quien dedicó el día a hablar sobre *Ligantes bituminosos, mezclas bituminosas, diseño de*

mezclas bituminosas. Fórmulas de trabajo. La tercera clase del curso contó con D. Andrés Costa (ingeniero de la empresa Elsan S.A.) como ponente de *Fabricación, transporte y extendido de mezclas bituminosas*. Por la tarde, los alumnos disfrutaron de un almuerzo y de una visita a la planta de la empresa Elsan, situada en Arganda (Madrid). En ella, los profesionales de asfaltos acompañaron a los visitantes y les explicaron desde el conocido como Mercado CE de las mezclas bituminosas hasta el trabajo en el laboratorio de investigación y el control de calidad para la futura comercialización de las mezclas.

Los firmes de nueva construcción, su rehabilitación superficial (por

Adolfo Güell) y *El dimensionamiento analítico*, por parte de D. Alberto Barresi (Ministerio de Fomento) tuvo lugar el pasado 5 de octubre.

Finalmente, la última semana doña Mercedes Gómez se encargó de la parte de *Auscultación de firmes* mientras que D. Adolfo Güell explicó *Las patologías de pavimentos* y D. José del Cerro (Ministerio de Fomento)

trató *Los pavimentos sostenibles. Reciclados. Mezclas semicalientes y mezclas con caucho*. El 19 de octubre D. Alvaro Parrilla explicó *Drenaje de firmes* y D. Javier Payán de Tejada puso el broche final al curso con *El proyecto de rehabilitación estructural de firmes* y las conclusiones.

Este curso surgió con el objetivo de dar importancia a los aspectos que

hay que tener en cuenta en el empleo y aplicación de materiales, maquinaria y procedimientos, tanto los tradicionales y habitualmente utilizados como los de última generación, así como en las condiciones de contorno en que se encuentran, especialmente en cuanto a su sostenibilidad. ❖

ENTREVISTA A D. JAVIER PAYÁN DE TEJADA GONZÁLEZ

DIRECTOR TÉCNICO DEL CURSO

¿En qué consiste el curso?

En este curso se ha presentado todo el proceso de construcción de firmes para carreteras, desde su diseño hasta su rehabilitación una vez agotada su vida útil. Es un curso intenso que se ha impartido en un número reducido de horas durante los jueves y viernes de tres semanas, con objeto de no alterar en exceso la vida laboral de los alumnos. Por tanto, se entiende que dada la ambición del curso en cuanto a temario y su escasa duración, ha exigido tanto a alumnos como a profesores un gran esfuerzo de concentración y de síntesis.

¿A qué tipo de alumnos va dirigido y quienes han asistido?

En principio va dirigido a ingenieros e ingenieros técnicos interesados en el campo de las carreteras. En este curso hemos tenido alumnos de ambas titulaciones, provenientes de la empresa privada con un nivel de formación y de interés muy alto. De hecho, el coloquio con los profesores

ha sido habitual en todas las sesiones, con una amplia participación de los alumnos que han aportado mucho de su experiencia. Estamos muy satisfechos con el alumnado de esta primera edición.

¿Qué temas se han tratado en el curso?

Se han tratado todas las técnicas disponibles, tanto las habitualmente utilizadas actualmente, como aquellas otras con tecnologías más avanzadas, en general también más sostenibles, como las mezclas a baja temperatura, las mezclas con polvo de neumáticos fuera de uso o los reciclados.

Por otra parte, el curso y los profesores no se han limitado a exponer la teoría sobre cada una de sus materias, sino que han aportado su experiencia y los resultados de sus actuaciones en el campo de la normativa, el diseño o las obras, con lo que el curso se ha enriquecido con una parte práctica importante en la que se han contado las cosas tal como son sin eludir errores ni fallos en la ejecución de sus obras, de los que obviamente siempre se obtienen conclusiones positivas.

También se ha presentado una comparativa con la tecnología aplicada en otros países extranjeros, de tanto interés para los ingenieros españoles en estos momentos en los que las oportunidades de trabajo se encuentran fundamentalmente fuera de España.

¿Qué otros aspectos destacaría del curso?

La organización por parte de la ATC creo que ha sido perfecta. La sala y los medios audiovisuales dispuestos son muy buenos para impartir un curso de estas características, con un tamaño y una acústica adecuados que permiten la audición y el dialogo sin necesidad de tener que forzar la voz en ningún momento. La pantalla es grande y permite su visión desde cualquier ángulo. Además la ATC ha tenido el detalle de invitar a comer a los alumnos y facilitarles los materiales necesarios para el seguimiento del curso en las mejores condiciones.



Presentación del curso a cargo de D. Javier Payán de Tejada.
Fotografía: María José Sánchez.

La ATC prepara una Jornada Técnica sobre sistemas de contención



JORNADA TÉCNICA ADECUACIÓN DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN A PUENTES EXISTENTES

PRÓXIMAMENTE

Lugar: Colegio de Ingenieros de Caminos
Canales y Puertos de Madrid

TEMARIO:

1. La mejora de la seguridad vial en los puentes de carretera:
 - Bibliografía y normativa de sistemas de contención para puentes de carretera.
 - Propuesta de priorización para la adecuación de sistemas de contención.
 - Propuesta de ensayos para la validación de nuevos sistemas.
 - El diseño del anclaje sobre tableros existentes.
 - El futuro de los sistemas de contención.
2. Experiencias de mejora de los sistemas de los sistemas de contención en puentes:
 - El plan estratégico de mejora de sistemas de contención en la Diputación de Barcelona.
 - Experiencias en la RCE en Cáceres.
 - Adecuación de Sistemas en la RCE de Segovia.
3. Mesa Redonda: Aplicación de la Seguridad Vial en los proyectos y obras.
4. Conclusiones

Más información en www.atc-piarc.com

DIRECCIÓN TÉCNICA DE LA JORNADA:

D. Álvaro Navareño Rojo.
Consejero Técnico de la Subdirección de Conservación.
Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento.
Pte. Comité de Puentes de la ATC.

D. Gonzalo Arias Hofman.
Coordinador del Grupo de Trabajo: Adecuación de Sistemas de
Contención a Puentes Existentes.

La Asociación Técnica de Carreteras (ATC- AIPCR/PIARC) prepara ya la próxima Jornada Técnica *Adecuación de Sistemas de contención a puentes existentes*, cuya inscripción incluye un ejemplar del libro homónimo, escrito por el Grupo de Trabajo Adecuación de Sistemas de Contención, perteneciente al Comité de Puentes.

D. Álvaro Navareño Rojo (presidente del Comité de Puentes de la ATC, además de Consejero Técnico de la Subdirección de Conservación. Dirección General de Carreteras -Ministerio de Fomento) se encarga de la dirección técnica de la jornada junto a D. Gonzalo Arias Hofman, coordinador del Grupo de Trabajo Adecuación de Sistemas de Contención a Puentes Existentes. Además de los directores técnicos, los profesionales del sector que participarán en esta jornada son: D. Sergio Corredor (*Simeprovi*),

D.Javier León (*Fhecor*), D.Alberto Mansilla (*CIDAUT*), D.Luis Matute (*Ideam*), D.Antonio Amengual (*Hiasa*), D.Josep Antonijuan (*GLS*), D. Valentín Aceña (jefe de Oficina Técnica de Planificación y Actuación en Infraestructuras. Diputación de Barcelona), D.Emilio Peiró Miret (Mº de Fomento), D. Carlos Llinas (Mº de Fomento), Dña. Rosario Cornejo Arribas (Mº de Fomento), D. Roberto Llamas (Mº de Fomento), D. Santiago Rodón (*Abertis*), D.José Manuel Simón Talero (*Torroja Ing.*), D. Domingo García (*Dragados*).

Esta jornada está planteada para profesionales relacionados con los puentes, los sistemas de contención y la conservación y gestión de infraestructuras lineales. Se pretende intercambiar conocimientos y opiniones entre expertos del sector de la fabricación de elementos de contención y del sector del proyecto, construcción

y conservación de puentes, así como de las administraciones o empresas concesionarias.

Libro complementario a la jornada técnica

En esta jornada tendrá lugar la presentación del libro *Adecuación de Sistemas de Contención a Puentes Existentes*. Este documento contribuye a aclarar conceptos básicos, como la obligatoriedad de que los sistemas a colocar dispongan del correspondiente marcado CE o la necesidad de que el tablero sea capaz de resistir las solicitaciones, así como la forma de dar continuidad al sistema de contención fuera del puente. Se recoge así mismo, una selección de casos y soluciones posibles. La conservación del patrimonio debe garantizar la seguridad de los usuarios y la adaptación de las infraestructuras a los niveles de servicio que demanda la sociedad. ❖

Fomento anuncia que los presupuestos de 2013 contemplan subvenciones a la autopista del mar de Vigo

La ministra de Fomento, doña Ana Pastor, aseguró el pasado 25 de septiembre en respuesta al Grupo Parlamentario socialista en el Senado, que el Gobierno está trabajando intensamente para desbloquear la autopista del mar Vigo-Nantes pese a las dificultades existentes por el planteamiento inicial del proyecto, originadas en la pasada legislatura. Dña. Ana Pastor afirmó

que, desde su llegada al Ministerio, ha mantenido diversos contactos y reuniones tanto con sus homólogos franceses como con PSA-Citröen, y que el Presidente de Puertos del Estado, José Llorca, se ha reunido también con GEFCO. Además, ha restablecido relaciones con Francia, deterioradas en este aspecto.

Además, según ha indicado la titular de Fomento, el presidente

de PSA-Citröen se ha dirigido a ella para informarle de que en octubre se pondrá en contacto con el Gobierno, ya que su intención es resolver este asunto. La ministra concluyó indicando que en el presupuesto de 2013, que presentó en rueda de prensa el pasado 1 de octubre, se contemplan subvenciones a la autopista del mar de Vigo. ❖

Ana Pastor destaca la voluntad de Fomento de transformar la red de infraestructuras de Asturias

La ministra de Fomento, Ana Pastor, destacó el pasado 25 de septiembre la voluntad de su departamento de transformar la red de infraestructuras de Asturias, creando nuevas comunicaciones mediante ambiciosos programas de desarrollo.

En respuesta a una pregunta del Grupo Mixto durante la sesión de control en el Senado, la titular de Fomento recordó que, en materia de carreteras, una de las primeras medidas que tomó a su llegada al Ministerio fue la de priorizar la autovía A-8 del Cantábrico. Así, en febrero de este año se puso en servi-

cio el tramo Variante de Navia-Tapia de Casariego; además se han reactivado las obras del tramo Unquera- Pendueles; en el tramo Pendueles- Llanes se está trabajando para realizar una apertura parcial de 5,3 kilómetros en breve, completando la autovía desde Llanes hasta San Roque; asimismo, se continúa ejecutando las obras de los tramos restantes: Muros de Nalón- Las Dueñas, Otur- Villapedre.

Respecto a la A-63 Oviedo- La Espina- Canero, la ministra subrayó el avance que se ha producido en estos últimos meses, tanto en el estudio informativo en el tramo La

Espina- Canero, como en las obras que están en ejecución. Junto a ello, destacó la puesta en servicio de la primera calzada del tramo Salas- La Espina en marzo de este año y del Enlace de Siero, que conecta la AS-I con la A-64.

“Estamos impulsando todas las infraestructuras y para ello tenemos prevista una consignación presupuestaria en este ejercicio, así como incluir todas las obras que Asturias necesita en el PITVI”, indicó la ministra, quien aseguró que se espera terminar “una infraestructura tan importante como es la Variante de Pajares en 2014”. ❖



Autovía A-8. Enlace de la Arquera (Llanes), en fase de construcción.



Autovía A-8. Enlace de la Arquera (Llanes), finalizado.

El Ministerio de Fomento presenta los presupuestos de su departamento para 2013 y el PITVI

La ministra de Fomento, doña Ana Pastor compareció ante los medios de comunicación para explicar los Presupuestos de su departamento para el año que viene. Los recursos totales con los que cuenta el Grupo Fomento ascienden a 18.405 millones de euros y cuenta con una deuda de 1.187 millones de euros. Tal y como anunció la ministra será una prioridad pagar esta deuda y se priorizarán los proyectos pero las obras de los grandes corredores continuarán y se incentivará la colaboración público-privada.

En la línea de austeridad que está marcando el actual Gobierno de España, el pasado 1 de octubre la titular de Fomento, doña Ana Pastor, anunció los presupuestos de la cartera que lidera para el 2013. De esta forma, anunció la disminución del 8,45% en los recursos totales del Ministerio de Fomento que se ha producido durante este año, es decir, se ha pasado de un total de 20.104 millones de euros a 18.405, comunicó la ministra. Por otro lado, se prevé un incremento del 36% de la inversión privada prevista por concesionarias de autopistas y puertos para 2013, es decir, 470 millones de euros más que en el ejercicio anterior.

Objetivos

La ministra de Fomento anunció que su departamento pretende conseguir los siguientes objetivos: una reducción del déficit público hasta el 4,5% del PIB, cuentas austeras que contemplan la mayor parte del ajuste por la vía del gasto, creación de empleo, garantizar la vertebración territorial, mejora de la eficiencia en la planificación y la gestión de las infraestructuras terrestres, la liberalización y reformas de los operadores, intermodalidad de los sistemas de transportes, incentivar la colaboración



La ministra de Fomento, Dña. Ana Pastor, al llegar a la presentación de los presupuestos de su cartera para el 2013. FOTOGRAFÍA: M^a José Sánchez.



La titular de Fomento, Dña. Ana Pastor, junto a D. Rafael Catalá Polo (secretario de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda - Izqda.) y D. Mario Garcés Sanagustín (subsecretario de Fomento). FOTOGRAFÍA: M^a José Sánchez.

público-privada y contribuir al desarrollo económico. La ministra resumió así los grandes retos que afronta su Ministerio: Reformas estructurales para potenciar los servicios públicos de todos los focos de transporte; inversión productiva, que genere retorno económico y social y precisamente sobre la inversión afirmó: "Seguimos invirtiendo en el transporte aéreo pero no vamos a hacer terminales de aeropuertos fantasma".

Prioridades

A continuación, doña Ana Pastor reconoció que "Fomento desde el realismo asume los sacrificios que son sacrificio de todos y que agradecemos para que España salga adelante". Asimismo, la ministra de Fomento anunció que este departamento controla "hasta el último euro y en qué invierte cada euro". Fomento prioriza las obras relevantes, como los grandes corredores,

Es necesario destinar 1.187 millones del presupuesto de 2013 a pagar “lo que se debía y debe”, de los que 671 millones de euros pertenecen al sector de carreteras



Rueda de prensa en el Ministerio de Fomento, donde tuvo lugar la presentación de los Presupuestos de 2013 para este departamento. FOTOGRAFÍA: M^a José Sánchez.

“porque son muy importantes”, como declaró doña Ana Pastor, y trabaja por la Conservación de las infraestructuras, es decir, por mantener lo que tenemos.

Asimismo, otro de los retos del Ministerio y que quedó patente en la rueda de prensa fue la apuesta por el ferrocarril, tanto por la red de Cercanías como de Alta Velocidad. La ministra dedicó buena parte de su intervención a hablar del “lastre heredado”: una prioridad del Ministerio es abonar las cuentas pendientes.

Además de lo anterior doña Ana Pastor afirmó que se seguirá trabajando para tener un transporte y unas infraestructuras que funcionen. “Vamos a salir de la crisis potenciando un transporte de calidad y con los compromisos que se han recogido en el PITVI (Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda), que hemos presentado en el C. Diputados”, afirmó la ministra.

En cuanto a la deuda de Fomento, su titular afirmó que es necesario destinar 1.187 millones del presupuesto de 2013 a pagar “lo que se debía y debe”. En total, desglosado, de estos 1.187 millones euros, 671 M/€ pertenecen al sector de carreteras, 205 M/€ irán a parar a la vivienda mientras que a correos y telégrafos, 318 millones de euros. A las líneas de alta velocidad irá a parar la mayor parte del importe destinado a ferrocarriles: 3.302 millones de euros, es decir, el 71% del total, 4.705 millones de euros.

Conservación y seguridad vial:

Fomento anunció que se establece un nuevo modelo de conservación y explotación, caracterizado por una mayor flexibilidad en asignación de medios materiales y humanos; asignación de recursos más eficiente, reducción de escombros consiguiendo economías de escala; mantenimiento de un nivel de servicio adecuado y máxima duración de los contratos. Por su parte, también tendrá importancia la seguridad vial: señalización o barreras de contención.

En cuanto a aeropuertos y seguridad aérea, Fomento destina 847 millones de euros, entre los que se incluyen los sistemas de navegación aérea y optimización de pistas. Algo inferior es la partida destinada a puertos y seguridad marítima: 839 millones de euros.

En cuanto a las subvenciones en el transporte, es conveniente destacar que se mantiene la bonificación del 50% en los billetes de transporte aéreo y marítimo de los residentes insulares y un 25% en los billetes de transporte marítimo entre islas.

Por último, en cuanto a arquitectura, vivienda y suelo, doña Ana Pastor hizo referencia al Nuevo Plan Estatal de ayudas al alquiler y de rehabilitación y regeneración urbana, sobre el que dijo que están trabajando en un proyecto de ley. Para la ayuda al Plan de Alquiler se destinarán 210 millones de euros. El

“No habrá peaje” fue la respuesta de la ministra a si se contempla el proyecto de tarificación de autopistas

turno de preguntas hizo posible que la ministra ampliara información sobre las futuras acciones que contempla el Ministerio de Fomento, como que no se contempla aún que se lleve a cabo el proceso de tarificación de autovías, esto es, en fomentar el pago por uso de carreteras de alta capacidad.

Precisamente sobre las ayudas financieras a las autopistas originarias de peaje, D. Rafael Catalá Polo (secretario de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda) explicó que se mantienen como este año, con una dotación de 200 millones de euros, dirigidos a la inversión de mejora o mantenimiento. En cuanto a la inversión del sector privado en puertos y carreteras, D. Rafael Catalá Polo afirmó que ésta es una pieza más, no una inversión de los presupuestos generales del Estado pero que estos no podían faltar a la hora de componer el panorama completo de la inversión. ❖

El PITVI establece un escenario inversor estable y sostenido de hasta el 0,94% del PIB en el período 2012-2024

La ministra de Fomento, Dña. Ana Pastor, presentó el pasado 26 de septiembre en el Congreso de los Diputados las líneas generales del Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda (PITVI), que establecerá la hoja de ruta de la nueva política en estas materias y que tendrá como horizonte temporal 2024. Entre los puntos que comentó del plan destaca el que este Ministerio dedica a las infraestructuras, de las que dijo que se ha invertido en ellas pero basándose en el endeudamiento; y aunque son suficientes para responder a la demanda hay problemas de planificación y desequilibrios territoriales.

La titular de Fomento afirmó en la presentación del PITVI que las infraestructuras cuando no surgen por necesidades reales producen efectos nulos o negativos. Por tanto, en su opinión es preciso “huir de obras inútiles” y “mejorar la eficiencia del Sistema de Transportes, ya que hay infraestructuras que no están suficientemente utilizadas. “Lo que invirtamos hoy,

nos lo ahorraremos mañana”, dijo la ministra.

Asimismo, días después, tras la presentación de este plan a largo plazo, la ministra de Fomento comentó, con respecto al tema de las infraestructuras, que hay que buscar alternativas de colaboración del sector público con la iniciativa privada, que permitan mantener los niveles de inversión en las infraestructuras y añadió: “El plan da prioridad a las inversiones que generen mayor retorno productivo y social, con un enfoque que integra la política de infraestructuras como parte de una política global de transporte y que contribuya a superar desigualdades y a estimular el crecimiento y el desarrollo económico. Las actuaciones están orientadas a reforzar la cohesión y vertebración del territorio a través de un modelo de movilidad sostenible que refuerce la intermodalidad e interoperabilidad de los diferentes modos de transporte”. Del análisis previo que realiza Fomento se desprende que la oferta

media de infraestructuras en carreteras, ferrocarril de alta velocidad, puertos y aeropuertos sería suficiente para atender la demanda a medio plazo, si no fuera porque adolece de problemas de planificación y de desequilibrios territoriales.

La planificación contenida en el PITVI busca además optimizar el uso de las infraestructuras con muy baja utilización. En la actualidad, por ejemplo, el 60% de la red de alta capacidad de carreteras tiene una IMD (Intensidad Media Diaria) menor de 20.000 veh/día, informó Fomento.

Principios básicos del PITVI:

A la vista del diagnóstico y de acuerdo con los objetivos estratégicos del plan, sus principios básicos son los siguientes:

- Postular un enfoque integrado que abarque el conjunto del sistema del transporte.
- Adecuar las infraestructuras y la prestación de servicios a la demanda real de la sociedad, garantizando la movilidad de todos los ciudadanos mediante las Obligaciones de Servicio Público (OSP).
- Desarrollar las redes de transporte españolas considerando su inclusión y funcionalidad dentro de las Redes Transeuropeas.
- Profundizar en la liberalización y apertura al mercado de la gestión de infraestructuras y servicios del transporte.
- Potenciar una creciente participación del sector privado en la financiación y desarrollo del sistema de transporte.
- Revisar y reforzar la evaluación de proyectos e inversiones, incorporando mecanismos de análisis coste-beneficio y previsiones de rentabilidad económica y financiera.



La titular de Fomento, Dña. Ana Pastor. FOTOGRAFÍA: Ministerio de Fomento.

Otros objetivos constituyen el crecimiento económico y la mejora social respecto al Medio Ambiente así como reforzar la cohesión social.

Programas de actuación

El PITVI se estructura en tres grandes programas de actuación para cada uno de los modos de transporte: programa de regulación, control y supervisión, programa de gestión y prestación de servicios y programa de actuación inversora.

Por otro lado, destacan las siguientes actuaciones:

- Aprobación de una Ley de Financiación del Transporte.
- Regulación del transporte terrestre, con la modificación de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres (LOTT).
- Definición de un nuevo modelo de la Red de Carreteras del Estado, con la revisión de la Ley de Carreteras y su Reglamento.
- Refuerzo de la presencia de España en organismos internacionales del sector transporte.
- Creación de la Agencia Estatal de Seguridad del Transporte Terrestre.

Uso eficiente del transporte

En este aspecto destacan las siguientes actuaciones:

- Nuevas condiciones para las concesiones de los servicios de transporte por carretera.
- Apoyo a la internacionalización de las empresas españolas.

En cuanto a la actuación inversora en el transporte por carretera el PITVI prevé lo siguiente: conservación y mantenimiento viario, mejora de la seguridad vial, acondicionamientos, mejora de la capacidad y nuevas variantes de población.

Junto a todo ello, se establece un subprograma de nueva infraestructura, cuyas actuaciones, de acuerdo con los principios de austeridad y de máximo rigor económico, se centran en la finalización de los itinerarios ya

“El plan da prioridad a las inversiones que generen mayor retorno productivo y social, con un enfoque que integra la política de infraestructuras como parte de una política global de transporte.”

empezados con el objetivo de cerrar o mejorar el mallado de la red tanto a nivel radial como transversal y en la ejecución de los tramos incluidos en los corredores multimodales de la nueva Red Transeuropea de Transporte, incluyendo la ejecución de accesos viarios a puertos.

Marco económico y financiero

La ministra de Fomento, Dña. Ana Pastor afirmó que la inversión pública en infraestructuras es una prioridad del gasto público y un instrumento básico para dinamizar la economía; y añadió que su departamento está firmemente decidido a llevar a cabo todas las actuaciones consideradas prioritarias.

En función de los escenarios de evolución macroeconómica en España hasta el año horizonte 2024, la suma total de inversiones contempladas en el PITVI, en relación al PIB, supone un porcentaje variable entre el 0,89% y el 0,94%.

En el PITVI, la contribución del sector privado crecerá hasta representar el 16% de la inversión total en el periodo, lo que supondrá un incremento del 64% en relación con lo que se ha venido haciendo hasta ahora.

Se fomentará la aplicación de los modelos de colaboración Público-Pri-

vada (CPP) en proyectos que resulten atractivos por su rentabilidad y ampliando su aplicación a sectores donde no se han utilizado tradicionalmente.

Los fondos europeos constituirán también un elemento del modelo de financiación del plan. Tanto el FEDER como los recursos asociados con la Red Transeuropea de Transporte (CEF) aportarán financiación junto a los recursos del BEI y los nuevos instrumentos de financiación de infraestructuras (Project Bonds).

Tramitación y aprobación del PITVI

Hasta su aprobación, el proceso de participación institucional y pública y tramitación del PITVI se desarrollará en dos cauces paralelos y complementarios.

El primero corresponde al cumplimiento de lo establecido en la Ley 9/2006, de 28 de abril, de evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente, lo que se denomina Evaluación Ambiental Estratégica (EAE).

La misma ley define los pasos del procedimiento de tramitación formal que contempla la realización del informe de sostenibilidad ambiental (ISA), un periodo de consultas con la difusión pública del documento, valoración de las alegaciones y redacción del definitivo plan, incorporando los resultados de todas las etapas anteriores.

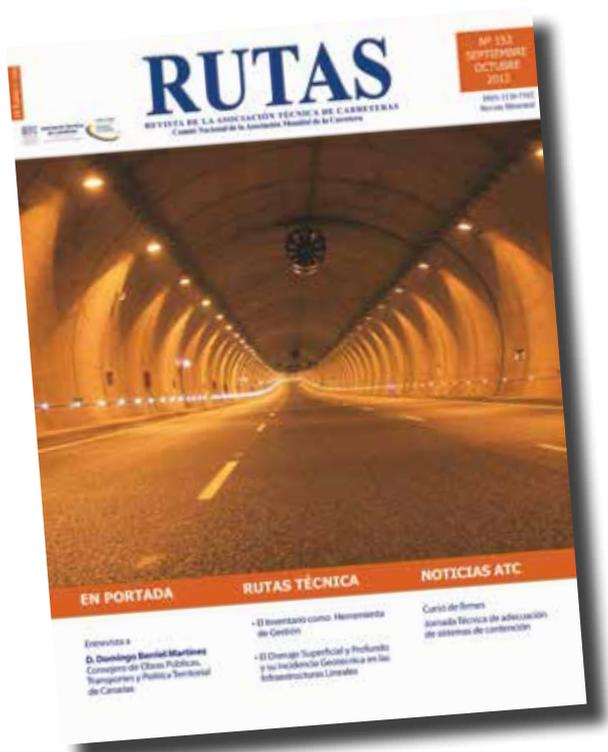
La realización de todas las actividades indicadas determina el marco temporal estimado para la aprobación definitiva del PITVI hacia el segundo trimestre de 2013.

El otro nivel de participación tiene una dimensión institucional. En primer lugar, en el ámbito parlamentario, donde se recabarán las valoraciones y propuestas de los grupos parlamentarios y, en un segundo lugar, en el ámbito autonómico y local. También se contará con la participación de los sectores económicos y empresariales, así como del ámbito técnico-científico y profesional. ♦

RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

Comité Nacional de la Asociación Mundial de Carreteras



asociación técnica
de carreteras
comité español de la
asociación mundial de carreteras



Si quiere suscribirse por un año a la revista **RUTAS**, en su edición impresa y digital, cuyo importe es de 60,10 € para socios de la ATC y 66,11 € para no socios (+ I.V.A. respectivamente) rellene sus datos en el formulario de abajo y envíelo por Fax o por correo postal a la sede de la Asociación:
C/ Monte Esquinza, 24, 4.º Dcha. 28010 Madrid.

http://www.atc-piarc.com/rutas_digital.php

Si quiere anunciarse en **RUTAS** póngase en contacto con nosotros:
Tel.: 913082318 Fax: 913082319
info@atc-piarc.com www.atc-piarc.com



Para más información:
puede dirigirse a:
Asociación Técnica de Carreteras
Tel.: 913082318 Fax: 913082319
info@atc-piarc.com www.atc-piarc.com

Desde este link http://www.atc-piarc.com/rutas_digital.php, podrá consultar los artículos de la Revista *Rutas*, así como los de otras publicaciones, Congresos y Jornadas que organiza la ATC

Forma de pago:

Domiciliación bancaria CCC nº _____

Transferencia al numero de cuenta: 0234 0001 02 9010258094

Nombre

Empresa

NIF

Dirección

Teléfono

Ciudad

C.P.

e-mail

Provincia

País

Fecha

Firma

REVISTA RUTAS DIGITAL



www.atc-piarc.com

La Revista Rutas también se distribuye a través de la página web del Comité Nacional Español de la Asociación Mundial de la Carretera (AIPCR / PIARC) y la Asociación Técnica de Carreteras

Navega por nuestros números y artículos:

- Descarga los tres últimos números de la revista si eres suscriptor en Rutas Online.
- Accede a los artículos de la revista, desde su primera edición en 1986, de manera sencilla y gratuita (los dos últimos años solo para suscriptores). Gracias a nuestro buscador avanzado en Rutas Digital podrás localizar información fácilmente.



asociación técnica
de carreteras
comité español de la
asociación mundial de carreteras





Vialidad invernal en tiempos de crisis



XIV CONGRESO

INTERNACIONAL DE VIALIDAD INVERNAL

del 4 al 7 de febrero del 2014

Andorra
2014

AIPCR - PIARC



www.aipcrandorra2014.org