

RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

Nº 144
MAYO
JUNIO
2011

EN PORTADA

Entrevista a
D. José M^a Pertierra de la Uz
Director General de Carreteras
del Ministerio de Fomento

RUTAS TÉCNICA

Tratamiento estadístico de los modelos
intensidad-velocidad en carreteras
convencionales
Evaluación de la deformabilidad de
terraplenes mediante métodos dinámicos
Técnicas de revegetación para la
optimización de la estabilidad en taludes

SIMPOSIOS Y CONGRESOS

Jornada Técnica sobre
Inspección de Puentes
Congreso Mundial de
México. Septiembre 2011
In Memoriam:
Björnulf B. Benatov

Holcim lanza su nueva gama Supercem®

Los cementos y hormigones que más valor aportan a sus obras

- ✓ **Durabilidad:** mejor impermeabilidad y resistencia a los ataques corrosivos
- ✓ **Eficiencia:** mayor desarrollo de resistencias y menor espesor de recubrimientos de las armaduras
- ✓ **Sostenibilidad:** mejor uso de recursos naturales y menos emisiones de CO₂

Consulte todas las ventajas de Supercem® a su gestor comercial o entre en www.holcim.es



No. 144 MAYO-JUNIO 2011

RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

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

Vocales:
José Alba
Francisco Caffarena
Alfredo García
Federico Fernández
José María Izard
Carlos Jofré
Sandro Rocci
Manuel Romana
Antonio Ruiloba
Margarita Torres
Carmen Velilla

Directora Técnica:
Belén Monercillo Delgado

Director Edición:
Antonio de J. Ulled

EDICIÓN. Redacción, Diseño, Producción,
Gestión Publicitaria y Distribución:

SIC n.i.m.u.p. SL
Apartado Postal nº 116 • 28250 Torrelodones
Tel.: 918 591 112 • Fax: 918 592 402
revistarutas@sicrd.es • www.sicrd.es

Director:
Antonio de J. Ulled

Redacción:
Juan Vaquerín
redaccionrevistas@sicrd.es

Publicidad:
Juan Carlos Abad
Tel.: 685 690 541 • rutas@sicrd.es

Administración:
Carmen Ulled

Maquetación:
Javier Viera

Producción:
Gráficas Ruiz Polo SA

Distribución:
Manchalán Gupost SA

Foto Portada:
Túneles carretero y ferroviario en la carretera A-3314
(Álava).

Depósito Legal: M-35865-2011 - ISSN: 1130-7102
Todos los derechos reservados.

Notas: 1. Se admiten comentarios escritos a los artículos técnicos publicados en este número, hasta tres meses después de su fecha de salida. El Comité de Redacción se reserva el derecho de decidir la publicación o no de los que juzgue oportuno. No se mantendrá correspondencia alguna con los autores de los comentarios, a los que se agradece en todo caso su colaboración en la orientación de la Revista. 2. 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

© Asociación Técnica de Carreteras

En este número

Tribuna Abierta

- 03 Pagar por usar
Jose M^a Izard, Sandro Rocci

En Portada

- 04 Entrevista a D. José M^a Pertierra de la Uz
Director General de Carreteras del Ministerio de Fomento

Rutas Técnica

- 10 Tratamiento estadístico de los modelos intensidad-velocidad en carreteras convencionales
Miguel Núñez Fernández, Manuel G. Romana
- 18 Evaluación de la deformabilidad de terraplenes mediante métodos dinámicos: Aproximación teórica al estado de la cuestión
Rebeca Carabot Moreno, Álvaro Parrilla Alcaide
- 26 Estudio comparativo de dos técnicas de revegetación para la optimización de la estabilidad en taludes con pendientes superiores a 2V:3H
Eugenia Álvarez Álvarez, María Mercè Martínez Moliné, Yolanda Molina Cáceres, Ramón Torres Valdivia, Carmelo Asensio Doz

Infraestructuras Viarias

- 36 Puesta en servicio de la Variante de Casas Ibáñez en la N-322 (Albacete)
Santiago García Gallardo
- 41 Finalizada la autovía de Acceso al Aeropuerto Internacional de Murcia
Juan José Parrilla Cánovas

- 46 Finalizado el acondicionamiento de la carretera A-3314. Un paso más en la mejora de la red secundaria del Territorio Histórico de Álava
Miguel Ángel Ortiz de Landaluce, Ana Martínez de Antoñana Quintana

Empresa y Tecnología

- 54 Grupo Puentes
- Simposios y Congresos organizados por la ATC**
- 60 Jornada técnica sobre Inspecciones de puentes

Simposios y Congresos

- 66 El XXIV Congreso Mundial de la Carretera.
Ciudad de México, 26-30 Septiembre 2011

La Asociación informa

- 67 Reunión de la Junta Directiva de la Asociación Técnica de Carreteras
- Premios y distinciones**
- 68 Imposición de medallas de Hermanos del Santo de la Cofradía de Santo Domingo de la Calzada

- 69 ACEX entrega su VII Premio Nacional a la Seguridad en Conservación

In Memoriam

- 70 Björnulf Bounatian Benatov

Noticias

- 72 Noticias y boletín de suscripción

CARRETERAS, FERROCARRILES, PRESAS, PUERTOS, AEROPUERTOS, OBRA INDUSTRIAL, HOSPITALES, CENTROS COMERCIALES, MUSEOS, VIVIENDAS, HOTELES, UNIVERSIDADES...



Hacemos GRANDES

hasta los SUEÑOS
más pequeños...

... porque en Ferrovial Agromán,
ponemos en tus manos
a los profesionales más cualificados del sector,
las más avanzadas tecnologías y más de 80 años
de experiencia en servicio y atención al cliente,
lo que nos ha dado reconocido prestigio
como empresa líder a nivel nacional e internacional.

Nosotros creemos en cada uno de nuestros clientes,
creemos en **ese sueño** y lo convertimos
en el más importante, dándole el respaldo
y la **seguridad** de hacerlo realidad.

ferrovial
agroman





Pagar por usar

José M^a Izard
Gerente de AERCO

Sandro Rocci
Profesor Emérito de la
Universidad Politécnica de Madrid

Desde hace generaciones, la inversión en las infraestructuras públicas necesarias para el funcionamiento de nuestro país ha tenido un origen presupuestario: la “caja única” de los impuestos proporcionaba los fondos requeridos, con las restricciones que marcaban los presupuestos de las administraciones públicas. Con esos fondos se creaban nuevas infraestructuras y se conservaban las existentes; y sólo se acudía al peaje cuando existía impulso político y la demanda de la infraestructura la justificaba. A través de un mecanismo hacendístico se limitaba el “techo” que los presupuestos de un determinado año podían comprometer en los de años futuros, hasta un máximo de cuatro.

Pero, a pesar de que los usuarios de las carreteras han estado aportando a la hacienda pública, a través de impuestos específicos relacionados con la actividad del transporte, muchos más fondos que los que retornaban a las carreteras, cuando ha sido necesario restringir los presupuestos los recortes se han localizado en éstas. Sólo cuando ha habido un Plan aprobado o, al menos, conocido por el Parlamento (el Plan General 1984/1993), se ha sentido el Gobierno obligado a proveer los fondos programados, aunque tuviera que realizar un esfuerzo.

Así, la historia de la provisión de infraestructura viaria se puede escribir en términos de su financiación: cómo se allegaban los fondos necesarios y cómo se podía superar el “techo”. Un primer intento, con bien establecidas raíces históricas, fue que la construcción (y de paso, la conservación) de algunas infraestructuras, notables por sus extraordinarias prestaciones, fuera financiada por sus propios usuarios a través de un peaje. La aceptación social de éste fue al principio buena, quizás porque era muy evidente que se recibía a cambio un mejor nivel de servicio; pero a medida que la calidad de las autovías libres se empezó a acercar a la de las autopistas de peaje, o cuando se percibía que la inversión inicial ya estaba amortizada, la aceptación social fue desapareciendo. Faltó poco para introducir nuevos mecanismos: el “peaje sombra”, libre de pago para el usuario directo, pero de pago para el conjunto de los contribuyentes a través de sus impuestos; y el conocido como “método alemán”, por el que se difería el pago presupuestario hasta la puesta en servicio de la infraestructura. En ambos casos se volvió al pago a través de los presupuestos, aunque esta vez sin “techo”.

Todos estos recursos al sector privado han llevado consigo un encarecimiento del coste total de la inversión, aunque compensado con una mayor licitación en los años de su lanzamiento: no sólo hay que recompensar al capital privado (que siempre busca las rentabilidades más competitivas) para que financie la infraestructura, sino también a sus gestores, supuestamente más eficientes que los públicos.

La movilización de recursos privados, también hacia las con-

cesiones tradicionales, ha terminado por materializarse en emisiones de deuda pública y de bonos, generalmente afectados a una determinada infraestructura. La cuestión se traslada entonces a cómo convencer a los mercados y a sus poderosos reguladores de que esa deuda no computa como déficit (palabra últimamente maldita). Para ello se recurre a un complejo conjunto de instrumentos económico-financieros que deben estar de acuerdo con la ortodoxia impuesta al equilibrio de las cuentas públicas. La escasez generalizada de recursos privados disponibles ha venido a sumar mayores dificultades. En todo este embrollo la carretera se ha perdido de vista en el horizonte y ha entrado en competencia no sólo con otros modos de transporte, sino con otras inversiones o, incluso, gastos de las Administraciones.

Así que llegados a este punto, si se quiere allegar fondos para las carreteras, al menos para conservarlas (ahora parece que hay menos por construir), no quedará más remedio que recurrir directamente a los usuarios. Al fin y al cabo, éstos están acostumbrados a pagar por el consumo de electricidad o de agua, o por sus desplazamientos en tren, avión o barco, o incluso por estacionar su coche. Observemos, de paso, que en todos estos ejemplos no existe “caja única”, sino que la recaudación es finalista. La principal resistencia puede provenir aquí de los propios usuarios, quienes tienen la impresión de que “ya pagan” las carreteras con sus impuestos. Para disipar esa impresión, el Estado ha de renunciar públicamente a los impuestos de matriculación y de circulación (en el primer caso, de forma escalonada para no perturbar el mercado); y establecer un sistema claro de devolver a los usuarios su aportación a la “caja única” por los impuestos ligados al combustible, a los que ningún Gobierno querrá renunciar. Otros compromisos de la Administración se refieren a que la recaudación sea finalista; a la programación del gasto de los fondos recaudados; y al respeto de un “techo” para que cada palo aguante su vela.

Parece lógico que el pago por el uso de las carreteras esté relacionado con la distancia recorrida, con el tipo de vía y con el momento del desplazamiento. De paso, se puede influir en la demanda modulando la tasa; e incluso prestar otros servicios asociados al coche, como el pago de estacionamientos y seguros, y la localización de emergencia. La tecnología para gestionarlo está disponible, y no incide en la privacidad. ¿A qué se espera para iniciar un despliegue inevitable, pero que habrá de ser gradual y, por tanto, llevar bastante más tiempo de lo que durará el Gobierno que lo inicie? ¿Habremos de ser los sufridos usuarios quienes tengamos que imponerlo?

Ha llegado el momento de implantar el pago por el uso: en una primera fase, el de las vías de alta capacidad. No se puede continuar acelerando el deterioro de nuestro patrimonio viario. ❖



Entrevista a

D. José Mª Pertierra de la Uz, Director General de Carreteras del Ministerio de Fomento

Nacido en 1956 en Soto de la Barca - Tineo (Asturias), es Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Escuela Superior de Caminos, Canales y Puertos de Madrid. Pertenece al Cuerpo de Funcionarios de la Comunidad Autónoma de Asturias, donde fue responsable de las obras realizadas sobre la red transferida del Estado y ocupó diferentes puestos en la Dirección General de Carreteras vinculados con la construcción, explotación, conservación y supervisión de proyectos y coordinación viaria. Desde 2004 era Director General de Carreteras de la Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras del Gobierno del Principado de Asturias. El pasado 7 de diciembre de 2010

fue nombrado Director General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

Como es lógico, debemos comenzar por preguntarle, ¿qué ha supuesto este nombramiento de gran responsabilidad tanto a nivel personal como de ingeniero?

Como ingeniero, obviamente, constituye un gran reto profesional poder pilotar la gestión de la red de carreteras de mayor entidad en España impulsando las distintas actuaciones en la línea marcada por la política de infraestructuras del Ministerio.

A nivel personal es una experiencia muy gratificante y enriquecedora, pues me permite conocer la organización y el modo de trabajo de la Dirección General de Carreteras, departamento que cuenta con una gran tradición consistiendo mi labor en coordinar a los distintos departamentos y al magnífico equipo de profesionales de diversas titulaciones que componen la estructura de la Dirección General.

¿Cuáles son los retos más importantes que debe afrontar?

El principal es minimizar el efecto de la crisis y los consiguientes ajustes presu-



La Dirección General de Carreteras cuenta, para este año, con un presupuesto de inversión de unos 2 100 millones de euros, repartido prácticamente al 50% entre construcción y conservación. En la foto, el viaducto de la Concha de Artedo, en el tramo Muros de Nalón-Las Dueñas (A-8), actualmente en ejecución

puestarios en la Red de Carreteras del Estado. En estos momentos de escasez de recursos hay que adoptar decisiones difíciles que en ocasiones el territorio no entiende fácilmente. Y esto es comprensible, pues la diferente perspectiva hace que la percepción de la necesidad sea distinta.

Por otra parte, la Dirección General de Carreteras afronta una etapa de transición. La red de Carreteras del Estado ya alcanzó su madurez. Una vez que se cierran los grandes ejes transversales de gran capacidad, como son las autovías del Cantábrico, el Mediterráneo o de la Plata que completan el mallado de la red, y superado ya el modelo radial, deberemos pasar de una organización que dedicaba una gran parte de su esfuerzo a la creación de nueva infraestructura a otra más volcada hacia la conservación y la mejora de la explotación de las carreteras ya existentes.

¿Cómo se estructura actualmente esta Dirección General? ¿Qué mejora en la gestión espera de la reorganización funcional que ha habido recientemente en su Dirección General?

En primer lugar, decir que la Dirección General mantiene su estructura básica, compuesta por unos servicios periféricos como son las Demarcaciones en las Comu-

nidades Autónomas y las Unidades de Carreteras en las provincias, y unos servicios centrales. Los primeros permiten atender las necesidades de las carreteras, el seguimiento de las obras, las labores de conservación, o cualquier cuestión del ámbito de las carreteras estatales que pueda afectar a un ciudadano, de una manera mucho más cercana. Esta labor se complementa con la de los servicios centrales, que ejercen una función de control de la actividad de toda la organización, de modo que se mantengan criterios de coherencia en toda la red.

La reestructuración sólo ha afectado a los servicios centrales y en tres aspectos muy concretos: Por una parte se han reunido en un único departamento las competencias de redacción de estudios informativos y de los proyectos de construcción, antes separadas. Esto permitirá un mejor seguimiento de las actuaciones desde las etapas más tempranas de su concepción hasta la fase final de diseño y definición de los últimos detalles. Por otra parte, al reconocer que la conservación y el mantenimiento de la red tendrán un peso cada vez más importante en la Dirección General, se ha decidido aliviar de las competencias de explotación a la reestructurada Subdirección General de Conservación. Por último, en la nueva Subdirección de Explotación y Gestión de red se han ubicado las competencias de seguridad vial. Se trata en este último caso de una materia transversal que, fruto de la trasposición de la Directiva de

Seguridad Vial, afecta con procedimientos reglados a todas las labores de la Dirección General, desde las fases de estudio y proyecto hasta las de construcción y conservación.

En definitiva, con la reestructuración que se ha acometido intentamos acomodar la organización a la realidad de una red de carreteras ya muy desarrollada, en la que cada vez serán más importantes las labores de conservación y gestión de la red existente frente a las de creación de nuevas carreteras.

¿Con qué presupuesto cuenta para este año y de qué forma le ha afectado la actual crisis económica? ¿De qué forma y qué pasos se han dado para mantener los beneficios que produce esta necesaria inversión productiva?

En este año contamos con un presupuesto de inversión de unos 2 100 millones de euros, que está repartido prácticamente al 50% entre la creación de nueva infraestructura y la conservación de la existente. Por primera vez en la Dirección General de Carreteras el presupuesto de conservación supera, ligeramente, al de construcción, lo cual es lógico si se tiene en cuenta la dotación de infraestructuras que estamos alcanzando. Además, a los 2 100 millones de euros invertidos directamente por la Dirección General habría que añadir los 640 millones de euros en obra nueva que se invierten a través de la SEITT.

Obviamente, nos gustaría poder contar con más presupuesto dedicado a las carreteras. Hemos tenido que afrontar recortes, pues en los años de bonanza nos movíamos en una cifra de 2 500 millones de euros dedicados exclusivamente a obra nueva; pero los ajustes son necesarios para cumplir con el objetivo de déficit público marcado por el Gobierno. La meta de estabilización de las cuentas públicas es fundamental para sentar las bases de una recuperación duradera, lo que en largo plazo será beneficioso para todos los sectores, incluido el propio de las carreteras.

Los pasos que se están dando para mantener los beneficios de la inversión

En portada

productiva van en la dirección de extremar el rigor en la gestión de los recursos asignándolos a aquellas actuaciones que comporten una mayor rentabilidad económica y social. Esto nos obliga a efectuar un análisis global e individual de cada actuación, de su necesidad funcional y su repercusión en el territorio, con vistas a establecer la pertinente priorización.

¿Qué obras recientemente finalizadas destacaríamos por su importancia y cuáles de las que están actualmente en ejecución y que a corto y medio plazo se esperan finalizar?

Es difícil quedarse con una obra concreta, pues todas son excelentes y responden a una necesidad. Quizá por la trascendencia en el territorio, por su carácter estratégico y por su contribución al mallado de la red destacaríamos las obras en las autovías del Cantábrico y el Mediterráneo. En ambos casos, se trata de trabajos de gran complejidad técnica por la orografía accidentada del terreno, el valor ambiental de las zonas atravesadas y la densidad de población que habita en la franja costera. Esto obliga a la ejecución de importantes obras de ingeniería, túneles y viaductos, algunos de ellos de gran singularidad.

En el caso de la autovía del Cantábrico, y tirando un poco hacia mi tierra, destacaríamos las obras que se están llevando a cabo en Asturias, donde se está trabajando intensamente para poder finalizar los últimos tramos que, junto a los que también están en obras en Galicia, cerrarán este gran eje vertebrador del norte peninsular.

En la autovía del Mediterráneo, destacaríamos los trabajos que se están realizando entre Almuñécar y Adra, que, cuando estén finalizados, permitirán abrir un corredor de gran capacidad en un territorio donde no existe ninguna alternativa, ni tan siquiera de peaje. También señalaría las obras de la autovía del Mediterráneo en el barranco de La Batalla, en las inmediaciones de Alcoy, que cuando estén completadas cerrarán la A-7 entre Valencia y Alicante.

Por último, en Despeñaperros, donde la autovía A-4 tiene actualmente un trazado tortuoso que no permite desarrollar las



Por su trascendencia en el territorio, por su carácter estratégico y por su contribución al mallado de la red, destaca por su importancia, entre otras, la finalización de la autovía del Cantábrico A-8. En la foto, vista panorámica del tramo Careira-Abadín, recientemente finalizado

velocidades adecuadas a la importancia de esta importante vía. A finales de este año esperamos poner en servicio las nuevas calzadas de la autovía, lo que va a suponer una mejora sustancial para la calidad del viaje entre Andalucía y Castilla.

Otra de las importantes actividades que realiza esta Dirección es todo lo relacionado con la normativa, su creación, su adaptación a la normativa europea, etc. ¿Qué destacaríamos de lo que actualmente está realizando?

Es ésta una labor sorda y de poca trascendencia mediática, pero que es fundamental para la gestión y el diseño de nuestras carreteras, de la que dependen su calidad y el nivel de servicio a largo plazo alcanzado por la infraestructura. La labor de la Dirección Técnica de la Dirección General de Carreteras en la creación y actualización de normativa es encomiable. De los trabajos que se están llevando a cabo ahora mismo, destacaríamos la actualización de artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas General de Carreteras, el PG3. La calidad de este documento lo hace una referencia para los profesionales, no solamente del ámbito de la carretera, sino de todo el sector de la construcción.



La A-4, a su paso por Despeñaperros, tiene actualmente un trazado tortuoso que no permite desarrollar las velocidades adecuadas a esta importante vía. A finales de año se espera poner en servicio las nuevas calzadas de la autovía

Por otra parte, me gustaría resaltar nuestra participación en el desarrollo de la nueva normativa europea, con una nutrida representación, de la que destacaría los Eurocódigos. Nos consta la elevada consideración profesional de que gozan nuestros representantes en los distintos comités y la buena acogida de nuestras aportaciones.

España dispone de una red de autovías de gran longitud y de una Red General que día a día va mejorando. Pero, ¿cree que España tiene ya la red de carreteras que necesita? ¿Es hora de construir o de conservar? ¿En qué medida y proporción?

La red española de carreteras de gran capacidad, ya sean autopistas o autovías, tiene más de 14 000 km. De estos últimos, unos 10 500 km corresponden a la red de carreteras del Estado. En términos absolutos, disponemos de la red europea de gran capacidad de mayor longitud, superando a países como Francia y Alemania, que siempre fueron una referencia. En términos relativos, nuestros ratios de infraestructura por habitante y superficie se sitúan muy por encima de la media Europea, sobre todo en el caso de infraestructura por habitante. El esfuerzo realizado en los últimos años ha sido enorme si se tiene en cuenta la situación de partida en los años 80, que apenas

contábamos con 2 300 km de carreteras de doble calzada, siendo la mayor parte autopistas de peaje.

Por otra parte, como decía el Ministro de Fomento en una intervención reciente, la construcción de infraestructuras no es un fin en sí mismo, sino que hay que construir aquéllas que son necesarias. Construir una autovía por la que no circulan vehículos no es un símbolo de progreso, sino de oportunidad perdida, sobre todo en estos momentos de dificultades en que tenemos que priorizar y ser capaces de gestionar los recursos de una manera más eficiente.

Por todo ello, creemos que una vez se hayan completado los principales ejes de autovías que contribuyen al mallado de la red, tales como la autovía del Cantábrico, el corredor del Mediterráneo o la autovía de la Plata, la actividad principal de la Dirección General de Carreteras debe encaminarse de manera natural hacia la conservación del importante patrimonio viario creado. Obviamente, seguirá habiendo carencias y aparecerán nuevas necesidades que habrá que ir solventando, pero la dirección de nuestros esfuerzos debe orientarse hacia las variantes de población, el tratamiento de travesías y las actuaciones en materia de seguridad vial.

¿Cómo ve el futuro inmediato de consultores y constructores en el sector de las carreteras en nuestro país?

El sector de la construcción en obra civil está acometiendo una reestructuración muy importante debido a la disminución de la inversión en obra nueva. Y lo que es más importante, probablemente no es una situación coyuntural, sino que cuando salgamos de la crisis, aún recuperándose la actividad constructora, difícilmente alcanzaremos los niveles de inversión anteriores. No obstante, la profesionalidad de este sector empresarial me hace ser optimista; de hecho las empresas de construcción españolas ya han buscado nuevos ámbitos de negocio. Muchas de ellas ya se han internacionalizado en los últimos años saliendo a otros mercados, aprovechando su experiencia en los momentos de coyuntura favorable en nuestro país. Me consta que las empresas españolas gozan de un gran prestigio en el exterior y están optando con éxito a importantes proyectos fuera de nuestras fronteras. También se han diversificado, ampliando su negocio hacia nuevas actividades que van desde la gestión de aeropuertos hasta el tratamiento de residuos.

En el caso de los consultores, su situación es más preocupante que la de las grandes empresas constructoras por la estructura de este sector, pero deben ir en la misma dirección de buscar nuevos mercados y salir al exterior. A estos efectos, el espectacular desarrollo de las infraestructuras españolas será su mejor tarjeta de presentación, como colaboradores fundamentales en el mismo. En este sentido, confío en el elevado nivel de los técnicos españoles, de reconocido prestigio internacional, para penetrar en dichos mercados.

La participación público-privada parece que se vislumbra como la solución adecuada para construir, mantener y gestionar nuestra red. ¿Está respondiendo la iniciativa privada a estas expectativas?

España tiene una gran experiencia en el sector concesional y en el de colaboración pública-privada. Se ha recurrido a él no sólo para realizar nuevas infraestructuras, sino también para adaptar al estándar actual las primeras autovías que se cons-

En portada

truyeron en los años 80, las denominadas “autovías de primera generación”. En éste último caso no existía experiencia previa, por lo que estas concesiones han supuesto una innovación no exenta de dificultades tanto para la Administración como para las concesionarias, pero que finalmente se han solventado de un modo satisfactorio.

El Ministerio de Fomento sigue apostando por fórmulas de colaboración público-privada para el desarrollo, la conservación y la gestión de nuevas infraestructuras, como demuestra la puesta en marcha del Plan Extraordinario de Infraestructuras. En el ámbito de este plan, próximamente saldrá a licitación el contrato de concesión del cierre de la autovía de La Plata entre Benavente y Zamora. La fórmula concesional elegida obligará a la concesionaria a la construcción, conservación y gestión de la nueva autovía durante 30 años. Como contrapartida, aquélla percibirá de la Administración el cobro de un canon anual ligado a la calidad del servicio prestado, con independencia del tráfico y sin cobro de peaje a los usuarios.

¿Ve necesario y aplicable el pago por uso de las carreteras en España, de forma similar a lo que se ha hecho, por ejemplo, en nuestro país vecino Portugal?

La financiación de las obras públicas es un tema muy controvertido y debatido desde los mismos orígenes de la ciencia económica. Así, Adam Smith justificaba la existencia del Estado y de los impuestos, entre otras razones, en que éste podía acometer ciertas obras públicas que eran necesarias para el bien común de la sociedad, y en la que la iniciativa privada no tendría interés por sí misma. Por contra, la fórmula del contrato de concesión ha permitido que grandes obras públicas sean financiadas y gestionadas por la iniciativa privada, desde el canal de Suez a los túneles del canal de La Mancha. Estas concesiones permiten que el inversor privado recupere su capital estableciendo el cobro al usuario de la infraestructura.

No obstante, no debemos llevarnos a engaño. El hecho de que no se cobre por circular por una carretera no significa que



Para el Director General, las distintas redes no pueden funcionar de modo independiente. Aún existiendo una jerarquía, es necesaria la complementariedad de las distintas redes para dar unidad al sistema viario. En la foto, enlace de Binéfar-Centro (A-22)

ésta sea gratuita. El debate debe establecerse en torno al modo en que financiamos las infraestructuras. Si este se realiza a través de impuestos que paga el conjunto de la sociedad, con independencia de si se es usuario o beneficiario de la infraestructura, pudiéndose incluso incurrir en situaciones de deuda pública que gravarán a las generaciones futuras; o bien directamente el usuario de la vía, a través del cobro de un peaje u otras fórmulas, como la conocida euro-viñeta; o mediante fórmulas mixtas, por ejemplo: la Administración construye la infraestructura a fondo perdido, pero el mantenimiento y la conservación se imputa al usuario de la misma.

Creo que todo esto requiere un análisis sosegado y específico para cada caso, pues no existen soluciones válidas uni-

versalmente. Y es necesario alcanzar un consenso entre todas las Administraciones titulares de las vías, ya que las redes de carreteras funcionan de modo integrado y el cobro de peaje en una de ellas puede suponer el desplazamiento de tráfico hacia otra, perjudicando la funcionalidad conjunta de la red.

¿Qué opinión tiene sobre la figura de las concesiones? ¿Es usted partidario de ella? ¿Qué ejemplos nos puede dar que la justifiquen?

En España contamos con concesiones que funcionan francamente bien y que han permitido desarrollar infraestructuras que en su día hubieran sido imposibles de

acometer de otra manera. Por ejemplo, las autopistas del Mediterráneo o del Ebro permitieron abrir unas vías de gran capacidad que fueron importantísimas para el desarrollo español de los años 70 y que hubieran sido muy difíciles de abordar con cargo a la Hacienda Pública en aquella época. También tenemos casos menos afortunados, concesiones que no han conseguido los objetivos que se marcaron, como es el caso de las autopistas radiales de Madrid. De todas formas, el sector concesional español es un referente mundial. La experiencia española es en términos generales positiva, y fruto de ello empresas españolas han conseguido contratos de concesión en países de todo el mundo, y están optando a otros.

Lo que no debemos olvidar es que el régimen concesional está supeditado a la financiación de la inversión y por tanto muy condicionado por la situación del mercado financiero. Ello provoca que, en una coyuntura como la actual de crisis financiera internacional, el modelo concesional pierda atractivo o bien exija unos ratios de compensación financiera muy elevados que puedan hacer desaconsejable el modelo para algunas actuaciones debido a cotas de riesgo, ya sea constructivo o de expropiaciones, inasumibles para el concesionario.

En todo caso, creo que la colaboración público-privada es muy interesante en la financiación de las infraestructuras y lo que debemos hacer es analizar en cada caso, singular y específicamente, el modelo adecuado para financiar y acometer la actuación con la máxima rentabilidad.

¿Cree que se debía de incrementar, y si es así cómo, la colaboración entre las diferentes Administraciones de Carreteras?

Por supuesto, y en este sentido no puedo olvidar que hasta fechas relativamente recientes he sido Director de Carreteras del Principado de Asturias. El usuario de las carreteras tiene el derecho a usar el dominio público que constituyen las distintas redes de carreteras, y este derecho lo ejerce con independencia de quien sea la Administración titular de la vía. En este sentido, las distintas redes no pueden funcionar de modo

independiente. Aún existiendo una jerarquía, es necesaria la complementariedad de las distintas redes para dar unidad al sistema viario. A mí me gusta utilizar el símil de la circulación sanguínea. Para llegar al destino tan importantes son las arterias, que aglutinan los flujos principales, como los pequeños capilares que se ramifican para regar cada tejido.

Así, la red de carreteras del Estado tiene la función arterial de soportar el tráfico de largo recorrido que se dirige hacia otras regiones o al extranjero. Su preocupación principal es la homogeneidad de los itinerarios, para lograr buenos tiempos de recorrido en un viaje de larga distancia. Las redes de autonomías o diputaciones sirven fundamentalmente a los viajes internos de una región, asociados a la movilidad diaria: viajes de trabajo o de ocio, por ejemplo. Y las redes de los ayuntamientos tienen la función capilar de llegar a cada punto. Las distintas redes deben funcionar de modo integrado para lograr el objetivo de dar movilidad y accesibilidad a todo el territorio, a la casa o lugar de trabajo de cada ciudadano.

En este sentido, la ley estatal de Carreteras prevé la coordinación de los Planes y Programas de carreteras del Estado con los de Comunidades Autónomas, Diputaciones y Ayuntamientos. De esta forma se garantiza la unidad del sistema de comunicaciones. De igual manera, la ley prevé que cuando se construye una nueva carretera estatal, el estudio informativo se envíe a Comunidades y Ayuntamientos para que se llegue a un consenso con todos los interesados sobre la solución más conveniente. Recíprocamente, el Estado debe informar de los planes y proyectos del resto de entidades. En este ámbito debemos incrementar la colaboración entre las distintas Administraciones para lograr nuestro objetivo común.

¿Qué opinión le merece la labor que realiza la Asociación Técnica de Carreteras? ¿Y del próximo Congreso mundial de México?



La ATC realiza una muy buena labor, pues constituye un foro de encuentro perfecto entre Administraciones, empresas, y profesionales con intereses en el sector de las carreteras. Permite discutir y poner en común los problemas técnicos, sociales, y económicos de las carreteras, así como buscar nuevos cauces para la mejora viaria. Por lo demás, la ATC tiene encomendada la representación española en la AIPCR, la Asociación Mundial de la Carretera. Esta participación nos permite estar presentes en los foros mundiales, con lo que conocemos la realidad del sector en otros países, y aportar la experiencia española.

La Dirección General está volcada en el Congreso de México de la AIPCR, donde vamos a tener una participación muy activa. Aparte de la presidencia de una mesa del Congreso por la Secretaria General de Infraestructuras del Ministerio de Fomento, Dña. Inmaculada Rodríguez-Piñero, está previsto presentar dos ponencias técnicas: una que versará sobre el contrato de colaboración público-privada; y otra sobre Seguridad Vial, un aspecto de nuestra actividad del que estamos especialmente orgullosos.

Finalmente, agradecemos a D. José M^a Pertierra de la Uz la atención dispensada a nuestra revista. ❖

Tratamiento estadístico de los modelos intensidad-velocidad en carreteras convencionales



Miguel Núñez Fernández
Jefe Servicio de Planificación II,
D. G. Carreteras,
Comunidad de Madrid.
Manuel G. Romana
Profesor Titular de Universidad,
Departamento Ingeniería Civil:
Transportes, U.P.M.

Resumen

Existen diversos métodos y manuales que establecen diferentes modelos para estudiar la circulación, la capacidad de la vía, etc. El Manual de Capacidad 2000 propone la medida de los niveles de servicio para carreteras de dos carriles a partir de la velocidad media de recorrido y del porcentaje de tiempo siguiendo, representando la función intensidad-velocidad mediante rectas de pendiente constante.

Se ha comprobado experimentalmente que la aplicación de la relación propuesta en la última edición del Manual de Capacidad en las carreteras convencionales reales de dos carriles en la Comunidad de Madrid se aleja de la realidad y con ella la interpretación que se debe hacer sobre los niveles de servicio en este tipo de carreteras.

El resultado de una investigación realizada en carreteras de la Comunidad de Madrid, y en colaboración con la Escuela de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid, ha sido el planteamiento de un modelo macroscópico que reproduce la función intensidad-velocidad en carreteras convencionales, con una metodología que puede ser reproducible, de manera sencilla, para obtener leyes específicas en otras carreteras concretas.

Estos modelos han sido validados mediante estadísticos de fuerza y con la diagnosis de los mismos.

PALABRAS CLAVE: carreteras convencionales, modelos estadísticos, relación intensidad-velocidad, Manual de Capacidad.

Introducción

La cuarta y última edición del Manual de Capacidad publicado en 2000 por *National Research Council* de EE.UU. plantea las relaciones intensidad-velocidad mediante un modelo de regresión simple de rectas paralelas ($y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i$) de pendiente constante, igual a $-0,0125$ km/h por cada vehículo que viaja por la carretera, en uno u otro sentido. La simplicidad de este modelo,

que no recoge las particularidades detectadas en los aforos realizados y que no es capaz de explicar los diferentes modos de circulación, deriva en la imposibilidad de la aplicación directa del Manual de Capacidad 2000, ni del futuro Manual de Capacidad 2010 que mantiene la metodología del planteamiento, a las carreteras convencionales de la Comunidad de Madrid.

Con ello, el objeto principal de una investigación realizada en carreteras de la Comunidad de Madrid, y en colaboración con la Escuela de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid, es proponer un modelo alternativo válido al modelo de regresión simple propuesto en esta edición del Manual, que reproduzca la relación intensidad-velocidad en tramos específicos de carreteras convencionales de dos carriles en la Comunidad de Madrid.

Para mejorar el modelo lineal planteado en el Manual de Capacidad se ha ajustado el conjunto de datos a un modelo de regresión múltiple polinomial, en el que la variable y_i (velocidad) se determina con potencias de una única variable independiente x_i (intensidad),

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \beta_2 x_i^2 + \dots + \beta_n x_i^n + \varepsilon_i \quad (1)$$

Donde,

- $\beta_0 \dots \beta_n$, representan los coeficientes de regresión.
- ε_i , representa los errores del modelo para cada y_i , los cuales son aleatorios e independientes; todos los errores tienen media 0, tienen la misma varianza σ^2 y están distribuidos normalmente.

Para estudiar la idoneidad del modelo lineal simple planteado por el Manual de Capacidad, así como el modelo de regresión múltiple polinomial de diferentes órdenes que se propone, se han analizado diferentes estadísticos de fuerza, entre ellos y principalmente, el coeficiente de determinación (R^2), que representa el cuadrado del coeficiente de correlación (r), el cual per-

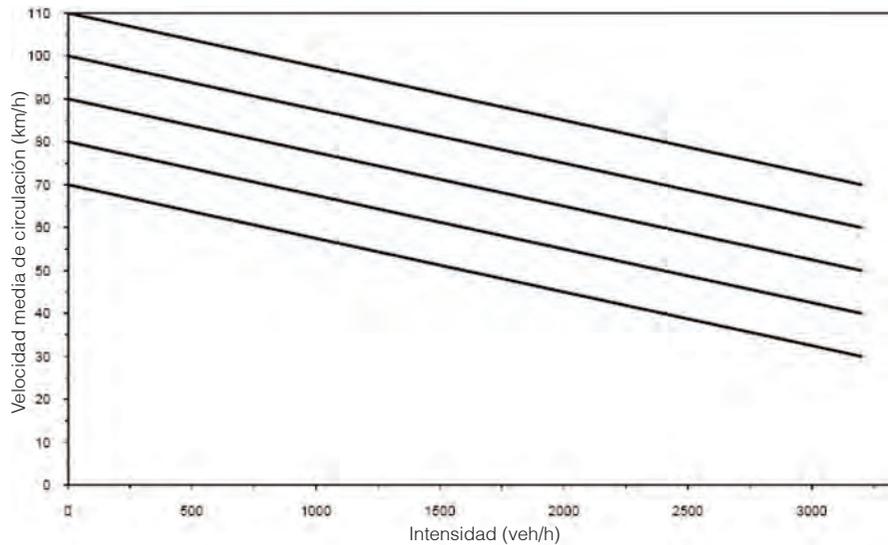


Figura 1. Relación intensidad-velocidad media de circulación para carreteras de dos carriles en condiciones ideales. Fuente: *Transportation Research Board (2000)*

mite medir numéricamente la consistencia de la relación entre las variables intensidad y velocidad,

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^n (y_i - y_m)^2 - \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2]}{\sum_{i=1}^n (y_i - y_m)^2} \quad (2)$$

Donde,

- y_m , representa la media de la muestra.
- \hat{y}_i , representa el valor ajustado y pronosticado con el modelo planteado, el cual difiere del valor real observado y_i una cantidad denominada residuo (e).

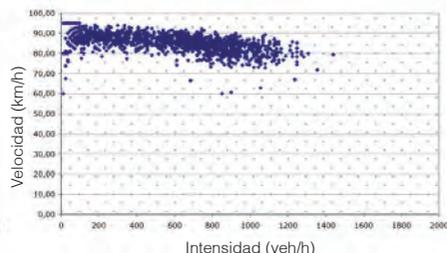
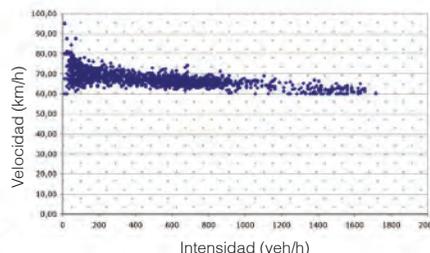
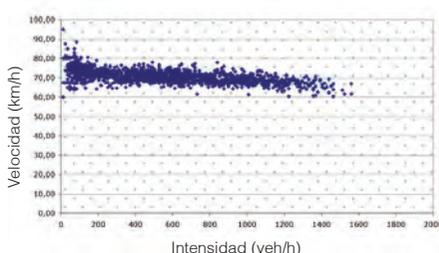
El coeficiente de determinación mide, tanto en la regresión lineal simple como en la regresión múltiple, la bondad del ajuste del modelo planteado. Un estadístico de bondad del ajuste mide lo adecuado que es un modelo al explicar un conjunto específico de datos, al cuantificar la reducción en la dispersión de los puntos obtenidos usando mínimos cuadrados y al expresar esta reducción como una proporción de la dispersión. Se ha empleado el coeficiente de determinación como estadístico comparativo entre ambas regresiones al ser un coeficiente análogo en ambas.

Los estadísticos más empleados en la

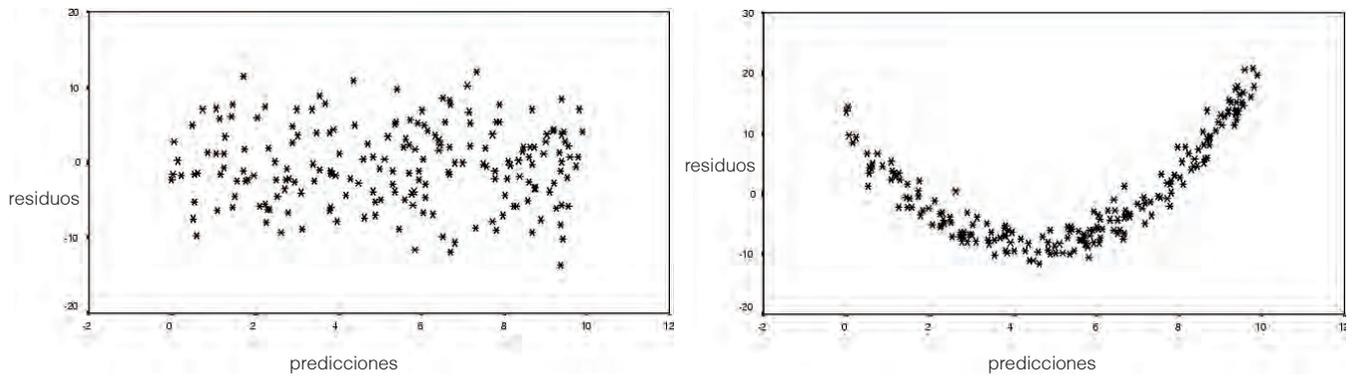
regresión múltiple, junto con el coeficiente de determinación (R^2), son el estimador de la varianza del error (s^2), que se emplea para establecer los intervalos de confianza de los modelos, y el estadístico F , que se emplea para determinar estadísticamente las variables y grados por eliminar.

Todos los estadísticos de fuerza (F^2 , tabla ANOVA¹, de *t-Student*, *Durbin-Watson*, etc.) se comprueban mediante la realización de una prueba de hipótesis, donde se define la hipótesis nula que se da por verdadera, H_0 , y la hipótesis alternativa, H_1 . Para comprobar la hipótesis nula, H_0 , de los distintos estadísticos de fuerza se emplea el nivel de significación observado valor P como probabilidad de que H_0 sea verdadera. Esta prueba de hipótesis implica medir la fuerza del desacuerdo entre la muestra y H_0 , es decir su capacidad para producir un número entre 0 y 1. Cuanto menor sea el valor P más fuerte será la evidencia en contra de H_0 , pudiendo abandonar tal suposición y dando por verdadera la hipótesis alternativa H_1 . Es decir, el valor P o nivel crítico es la probabilidad de obtener una

(1) Análisis OF VAriance, análisis de la varianza.



Figuras 2a a 2c. Representación de los datos intensidad – velocidad recogidos en diferentes tramos aforados. Fuente: Elaboración propia



Figuras 3a y 3b. Hipótesis homocedasticidad y linealidad. Gráfico de residuos frente a predicción y gráfico de residuos frente a variable regresora.

discrepancia mayor que la observada en la muestra.

En el problema de la selección del modelo se debe tener en cuenta el principio básico de la navaja de Occam, que enuncia que el mejor modelo científico es el modelo más simple que explica los hechos observados, lo que implica el principio de parsimonia, es decir, que un modelo debe contener el menor número de variables necesarias para ajustar los datos, con las siguientes excepciones:

- Un modelo lineal debe contener un término independiente; en el modelo planteado coincidirá con la velocidad libre de partida.
- Si una potencia x^n de una variable se incluye en un modelo, también estarán incluidas todas las potencias inferiores x^2, \dots, x^{n-1} .

Para establecer el orden de la regresión polinomial más adecuado se debe comprobar la mejora de aproximación entre los distintos grados de la función mediante el coeficiente de determinación y el incremento de este coeficiente con respecto al orden anterior, de manera que se pueda establecer cuantitativamente la mejora que supone el incremento de un orden en el modelo. Una vez que se han determinado los modelos que se consideran más adecuados como funciones de aproximación y representatividad de los datos recogidos, se debe realizar la diagnosis del modelo elegido y comprobar el cumplimiento de las diferentes hipótesis.

En el caso de la investigación, y analizando los estadísticos de fuerza principales calculados con el software Statgraphics Plus 5.1, se concluye que el modelo que mejor reproduce la relación intensidad-velocidad en los diferentes tramos de carreteras

de dos carriles estudiados, para todo el rango de intensidades, es un modelo de regresión múltiple polinomial de orden 3, frente al modelo de regresión simple propuesto por el Manual de Capacidad 2000.

Diagnosis de los modelos: contraste de hipótesis

Se deben contrastar las hipótesis del método empleado, que en el caso de la investigación realizada es la aplicación de un modelo de regresión múltiple polinomial de orden 3 para representar la relación intensidad-velocidad de los vehículos ligeros sin influencia de vehículos pesados, considerando todo el rango de intensidades, de 0 veh/h hasta la intensidad máxima registrada. Para ello se debe comprobar si se cumplen las hipótesis de normalidad, homocedasticidad, linealidad e independencia.

Comprobación de la hipótesis de homocedasticidad

La hipótesis de homocedasticidad implica que la varianza es constante para todo i (no depende de i), $Var(\epsilon_i) = \sigma^2 = cte$, lo cual se comprueba mediante el gráfico de residuos estudentizados² e_i frente a las predicciones de la intensidad y , mediante el gráfico de residuos estudentizados e_i frente a la variable regresora de la velocidad.

La hipótesis quedaría demostrada con la homogeneidad de la varianza, lo que gráficamente se traduciría a que la nube de puntos del gráfico fuese un conjunto de números aleatorios, es decir, que no se observase ninguna tendencia en los puntos, y por tanto que su ajuste a una curva no fuese posible.

Comprobación de la hipótesis de linealidad

La hipótesis de linealidad se comprueba gráficamente mediante una gráfica de los residuos en función de la variable independiente; por otro lado, esta gráfica también determina cuándo la varianza de los residuos es constante (hipótesis de homocedasticidad) y detecta la presencia de autocorrelación de los residuos.

El modelo planteado será válido cuando la gráfica no indique un patrón importante, sin curva, y cuando la dispersión vertical de los puntos no varíe demasiado la dispersión horizontal de la gráfica, excepto cerca de los bordes donde sí puede ser asumible, siendo, por tanto, homocedástico.

El gráfico de la *figura 3a* muestra la no linealidad, así como la homocedasticidad entre la variable independiente y la dependiente, sin tendencia en los puntos. Por otro lado, en la *figura 3b* se puede observar una tendencia en los residuos comprometiendo el cumplimiento de ambas hipótesis.

Comprobación de la hipótesis de normalidad

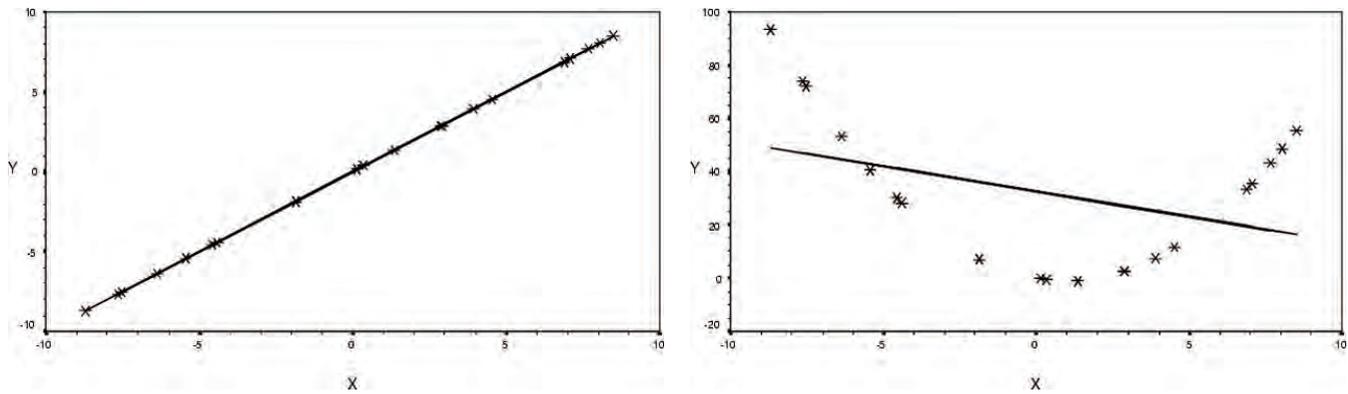
Una hipótesis básica es que los errores del modelo sigan una distribución normal; y para ello se debe contrastar la hipótesis que confirme que los residuos estudentiza-

(2) Son los residuos (ordinarios: diferencia entre la observación y la predicción) con un tratamiento determinado de manera que se puedan identificar todas las observaciones aunque los residuos sean grandes, lo cual se deduce cuando $\sigma^2(\epsilon_i)$ no es constante.

Si es grande los residuos estudentizados tienen media cero y varianza próxima a 1, permitiendo distinguir claramente los residuos grandes.

Determinación de los residuos estudentizados:

$$t_i = \frac{e_i}{s_{R,(i)} \sqrt{1 - h_{ii}}}, \quad i = 1, \dots, n.$$



Figuras 4a y 4b. Hipótesis Normalidad. Gráfico de la probabilidad normal de los residuos

dos e_j provienen de una distribución normal. La normalidad se puede estudiar mediante diversas técnicas, entre otras:

- Gráfica de la probabilidad normal de los residuos: sirve para comprobar que los errores están normalmente distribuidos, lo cual se verifica si la apariencia de su representación es la de una línea recta.
- Histogramas con distribuciones en forma de campana de Gauss.
- Contraste numérico de Kolmogoroff-Smirnov: mide el ajuste entre la función de distribución empírica de una muestra y la función de distribución teórica.

El gráfico de la probabilidad normal de los residuos representado en la *figura 4a* muestra una distribución de datos que se ajustan, razonadamente, a una distribución normal; por el contrario el gráfico de la *figura 4b* muestra una variabilidad importante en este aspecto, lo que plantearía la duda sobre el cumplimiento de la hipótesis de normalidad.

El histograma planteado en la *figura 5a* obedece a una distribución normal, lo que permitiría dar por buena la hipótesis de la normalidad; sin embargo la *figura 5b* muestra una distribución de histogramas de fre-

cuencias con una distribución de datos que difiere de una normal. La falta de normalidad puede ser motivada por un conjunto pequeño de observaciones atípicas que originan apuntamiento o la existencia de una variable cualitativa oculta que hace que la distribución sea multimodal.

Comprobación de la hipótesis de independencia

La consideración que las observaciones muestrales son independientes es una hipótesis básica de los modelos de regresión, entendiéndose con ello que los errores son variables aleatorias independientes.

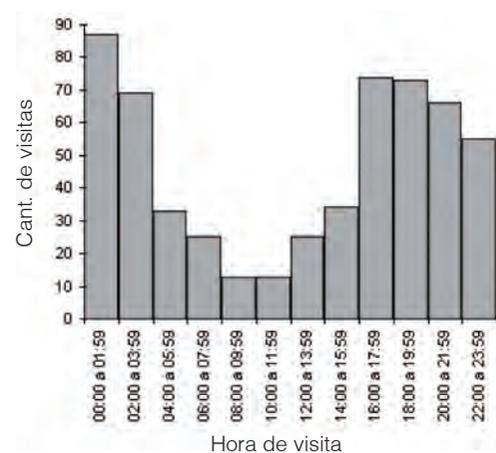
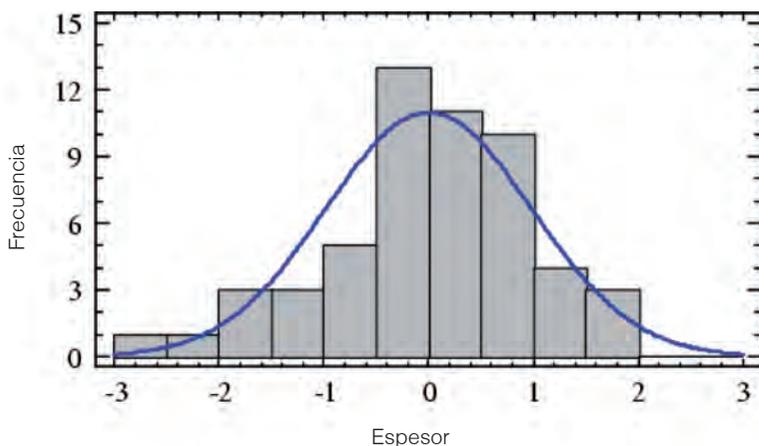
Numéricamente se puede comprobar mediante el estadístico Durbin-Watson, diseñado para detectar residuos en un modelo de regresión que tenga un coeficiente de autocorrelación intermedio. Este estadístico experimental tomará valores entre 0 y 4, de tal modo que cuanto más próximo a cero (cuatro) sea el valor estadístico mayor es la evidencia de autocorrelación positiva (negativa). Si el valor del estadístico experimental es dos, entonces la correlación experimental será nula y por tanto no se

detectará un problema de autocorrelación entre las perturbaciones. El límite superior d_U y el límite inferior d_L intermedios se determinan en función del tamaño de la muestra y del número de regresores del modelo o número de variables (intensidad).

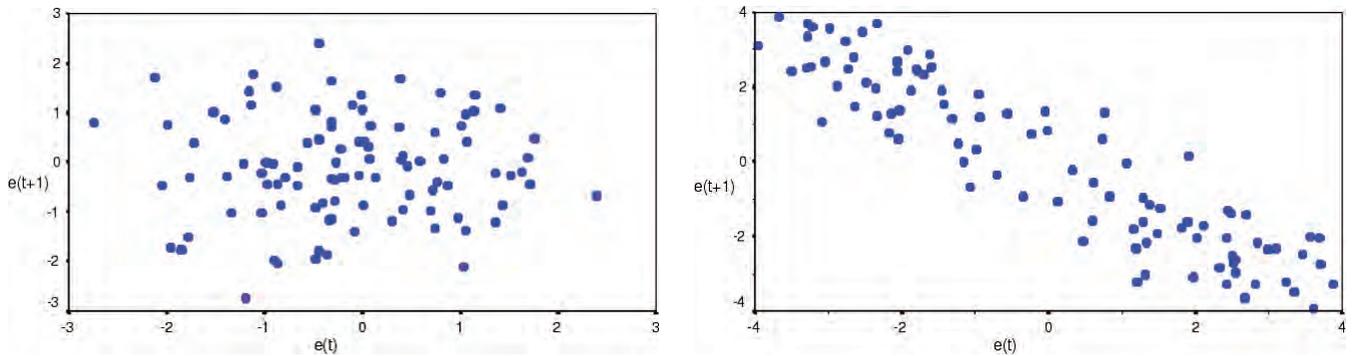
Las tablas originales de Durbin-Watson se propusieron para muestras entre 15 y 100 observaciones y un número máximo de 5 observadores. White [X] publicó en 1977 unas tablas más completas que incluyen tamaños de muestra de hasta 200 observaciones. En esta investigación, a pesar de que el número de observaciones es muy superior, se emplea el número máximo de observaciones de las tablas de White. De este modo $d_U = 1,664$ y $d_L = 1,684$. Por otro lado, en caso de detectarse un problema de autocorrelación y se quisiera modelar, se tendría que recurrir a unos modelos ARIMA³ de series temporales.

Debido a que el número de observaciones en la investigación realizada es muy elevado se ha completado el análisis de la hipótesis de independencia de manera

(3) ARIMA: *AutoRegressive Integrated Moving Average*, modelo autorregresivos integrado de media móvil.



Figuras 5a y 5b. Hipótesis Normalidad. Histogramas



Figuras 6a y 6b. Hipótesis Independencia. Gráfico de residuos frente a número de fila

gráfica. Un método gráfico para detectar y confirmar esta hipótesis son los gráficos de residuos frente a número de orden de las observaciones de la variable dependiente velocidad. La falta de autocorrelación se obtendría si la nube de puntos del gráfico fuese un conjunto de números independientes e idénticamente distribuidos, *iid*, sin tendencia en los puntos y sin la posibilidad de ajuste mediante curvas.

Los puntos del gráfico de la *figura 6a* tienen una distribución aleatoria de orden que certifica la inexistencia de autocorrelación en los residuos. Por otro lado, en la *figura 6b* los puntos no se distribuyen aleatoriamente: en este caso siguen una tendencia cúbica, por lo que se podría afirmar la falta de independencia del modelo propuesto.

Diagnóstico del modelo de regresión múltiple polinomial de orden 3

Para comprobar la validez del modelo de regresión múltiple polinomial de orden 3 propuesto para la relación intensidad-velocidad en carreteras convencionales se debe analizar la diagnosis del mismo para

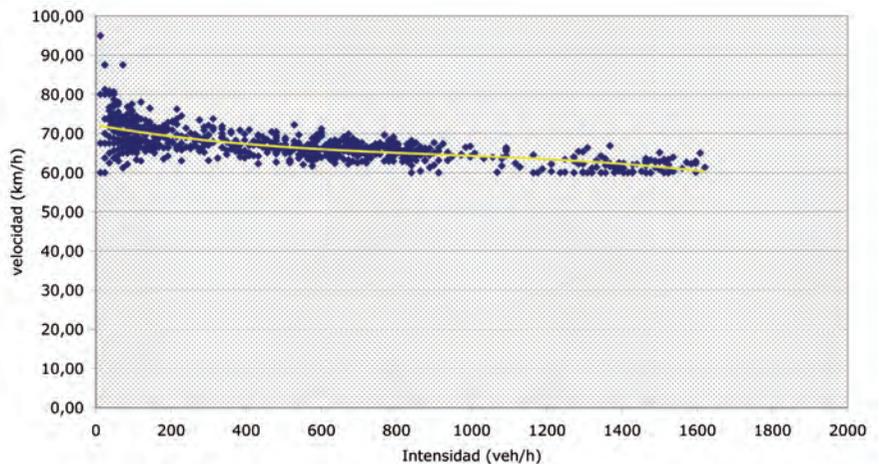


Figura 7. Relación intensidad - velocidad. Carretera M-509. Tramo: M-851 – Villanueva del Pardillo. Sentido hacia Madrid

un tramo de carretera específico. Se incluyen los parámetros comprobados en uno de los tramos analizados en la investigación, concretamente el tramo de la carretera M-509, sentido hacia Madrid.

En la *tabla 1* se recogen los estadísticos obtenidos mediante el programa estadístico Statgraphics Plus 5.1.

Dado que el valor P de la tabla ANOVA es inferior a 0,01 se comprueba estadísticamente que existe una relación significativa entre velocidad e intensidad para un nivel de confianza del 99%. El valor P del estadístico T-Student relativo al término de ma-

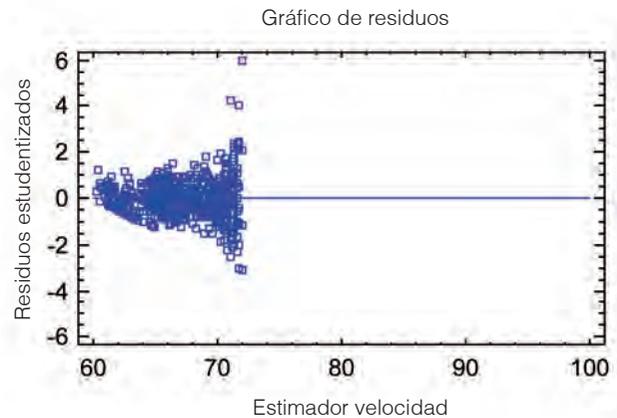
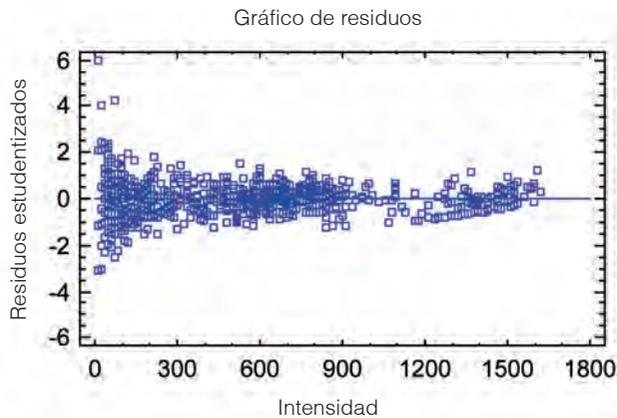
yor orden, x^3 , determina que este término es estadísticamente significativo para un nivel de confianza del 95%, por lo que no sería conveniente considerar ningún modelo de orden más bajo.

La comprobación de la linealidad del modelo se realiza mediante el gráfico de residuos estudentizados frente a la predicción de la intensidad, y para comprobar la homocedasticidad, además de la anterior, se estudia la gráfica de residuos estudentizados en función de la variable regresora de la velocidad (*figuras 8a y 8b*). En este caso, la gráfica de residuos en función de la predicción de la intensidad representa una nube de puntos aleatorios sin observar tendencia alguna ni posibilidad de ajustar a ninguna curva, por lo que se puede dar por válida la hipótesis de linealidad.

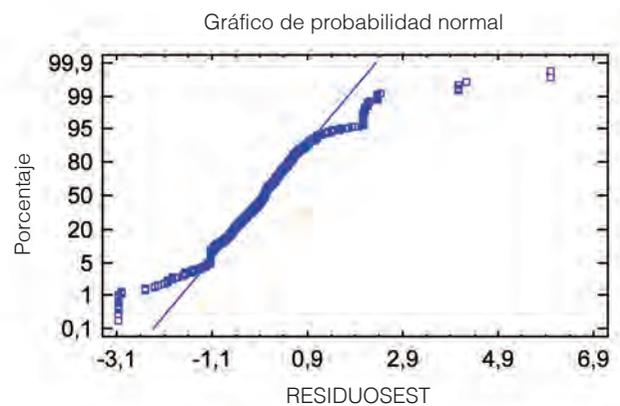
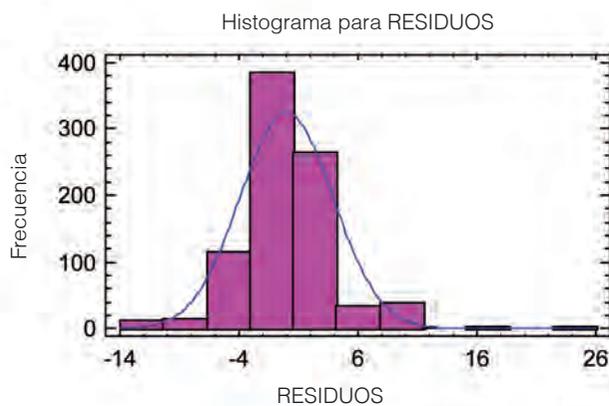
Por otro lado, en la gráfica en función de la variable regresora no se puede dar por válida la hipótesis de homocedasticidad para el modelo planteado, ya que en la zona de los bordes la hipótesis tiende hacia la heterocedasticidad; estas zonas coinciden en la toma de datos y se corresponden con aquellos usuarios que circulan a la velocidad deseada, circulación libre, ya que

Tabla 1. Estadísticos obtenidos. Contraste de hipótesis para el modelo regresión múltiple polinomial intensidad - velocidad. Carretera M-509. Tramo: M-851 – Villanueva del Pardillo. Sentido hacia Madrid

Carretera	M-509
Tramo / Sentido	M-851 – Villanueva del Pardillo / Sentido Madrid
Modelo	Modelo regresión múltiple polinomial de orden 3
Relación intensidad-velocidad	$y = -5 \cdot 10^{-9} x^3 + 1 \cdot 10^{-5} x^2 - 0,0168 x + 72,143$
Estadístico	Valor
Coefficiente de determinación R^2	0,39
T-Student, valor P del término x^3	0,0157
Durbin-Watson	1,67
Valor medio de los residuos	2,70
Kolmogorov-Smirnov, bondad de ajuste de residuos	0,091



Figuras 8a y 8b. Hipótesis Homocedasticidad y Linealidad. Gráfico de residuos frente a predicción intensidad y frente a variable regresora velocidad



Figuras 9a y 9b. Hipótesis Normalidad. Histograma de residuos con distribución normal y Gráfico de probabilidad normal de residuos

no tienen las restricciones de intensidad, al ser ésta baja, $I < 200 \text{ veh/h}$.

La comprobación de la normalidad se estudia mediante el ajuste a una distribución normal de los residuos estudentizados; en este caso, se comprueba visualmente que el histograma de frecuencias no se ajusta perfectamente a una distribución normal (figura 9a). Por otro lado, en el gráfico de probabilidad normal se aprecian diferencias con la línea recta en las colas, lo que se

corresponde con la zona heterocedástica comentada, ya que en la zona central los puntos se ajustan a una recta; por lo que, y teniendo en cuenta esta salvedad, se puede dar por válida la hipótesis de normalidad (figura 9b).

El estadístico Durbin-Watson es 1,67 por lo que se clasifica en la zona de indecisión entre los límites d_u y d_L , manejando las tablas de White y Savin de hasta 200 observaciones; por lo que puede haber indicio de correlación de serie; para confirmar este aspecto se debe examinar el gráfico de residuos frente al número de orden.

Gráficamente se comprueba la falta de tendencia en los puntos representados en el gráfico de residuos frente a número de orden, así como la imposibilidad de ajuste a ninguna curva, por lo

que se puede dar por válida la hipótesis de independencia.

Mediante el contraste de hipótesis de estadísticos y gráficos realizado se concluye que el modelo planteado para la representación de la relación intensidad-velocidad en el tramo de carretera analizado presenta problemas de heterocedasticidad para un rango de intensidades concretas y localizadas. Para depurar este modelo se analizará el rango de intensidades donde se haya eliminado aquellas que provocan, a priori, el incumplimiento de las diferentes hipótesis (intensidades inferiores a 200 veh/h).

Diagnosis del modelo de regresión múltiple polinomial de orden 2

Por otro lado, en la investigación se comprueba en todos los tramos analizados, independientemente de las características particulares de cada uno, o del entorno donde se encuadran, que la relación intensidad-velocidad para intensidades superiores

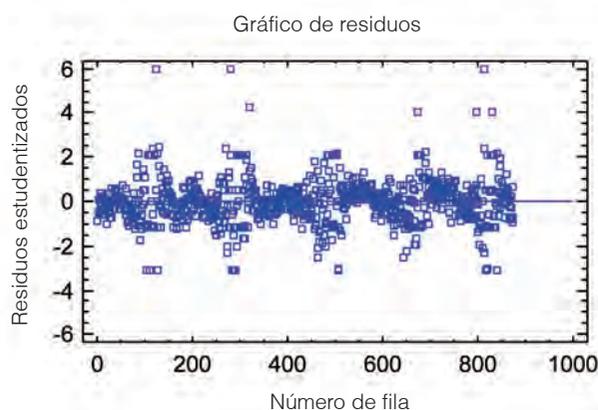


Figura 10. Hipótesis Independencia. Gráfico de residuos frente a número de fila.

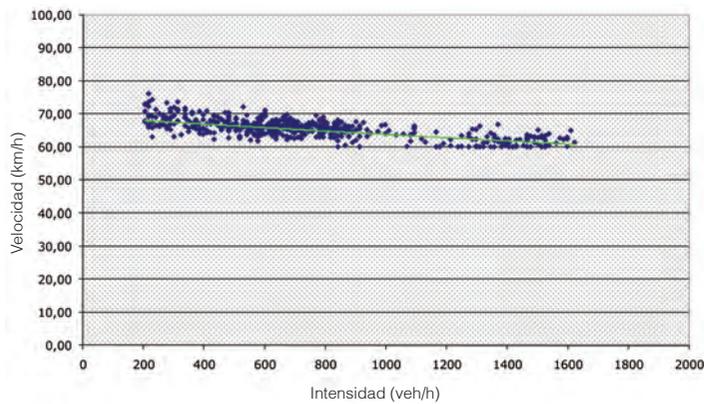


Figura 11. Relación intensidad - velocidad. Carretera M-509. Tramo: M-851 – Villanueva del Pardillo. Sentido Madrid. Intensidades > 200 veh/h

a $I > 200$ veh/h quedaría definida con la misma exactitud mediante un modelo de regresión múltiple polinomial de grado 2. De este modo, y atendiendo al principio estadístico de la navaja de Occam y al principio de parsimonia, se determina que el mejor modelo que explica la relación intensidad-velocidad en condiciones ideales de circulación con intensidades superiores a 200 veh/h es un modelo de regresión múltiple polinomial de orden 2; sobre el que se realizará una nueva diagnosis.

que existe una relación significativa entre velocidad e intensidad para un nivel de confianza del 99%. Señalar que el coeficiente de determinación obtenido en el modelo de regresión polinomial de orden 2 es superior al de orden 3 en un 10%, y en 13% con respecto al obtenido para el modelo de regresión simple propuesto por el Manual de Capacidad 2000 (0,36). El valor P del estadístico T-Student relativo al término de mayor orden, x^2 , determina que este término es estadísticamente significativo para un

En la *tabla 2* se recogen los estadísticos obtenidos mediante el programa estadístico Statgraphics Plus 5.1.

Dado que el valor P de la tabla ANOVA es inferior a 0,01 se comprueba estadísticamente

nivel de confianza del 95%, por lo que no sería conveniente considerar ningún modelo de orden más bajo.

La linealidad y homocedasticidad del modelo queda comprobada mediante el gráfico de residuos estudentizados frente a predicción intensidad y el gráfico de residuos estudentizados frente a variable regresora velocidad (*figuras 12a y 12b*) ya que la dispersión vertical no varía a lo largo de la longitud horizontal en ambas gráficas y no se observa tendencia alguna ni posibilidad de ajustar a ninguna curva.

Señalar que el tramo de dispersión en la gráfica de residuos frente a la predicción de la velocidad, que aparecía al considerar toda la intensidad (*figura 8a*) desaparece con $I > 200$ veh/h y no se reproduce en ningún punto a lo largo de la longitud horizontal, ya que era una particularidad de una intensidad determinada no reproducible en ningún otro momento de la circulación; lo que apoya aún más la validez de las hipótesis de homocedasticidad y linealidad de los modelos presentados, tanto de orden 3 para toda la intensidad, como de orden 2 para el intervalo estudiado.

Se da por válida la hipótesis de normalidad al comprobar el ajuste a una distribución normal de los residuos estudentizados mediante el histograma de frecuencias, el cual se ajusta a una distribución normal, y el gráfico de normalidad donde no se aprecian prácticamente diferencias entre este y la línea recta, ya que los puntos se ajustan a ésta.

El estadístico Durbin-Watson es 1,24 y el valor P del estadístico de Durbin-Watson es inferior a 0,05 lo que señala que puede haber indicio de correlación de serie por el

Tabla 2. Estadísticos obtenidos. Contraste de hipótesis para el modelo regresión múltiple polinomial intensidad - velocidad. Carretera M-509. Tramo: M-851 – Villanueva del Pardillo. Sentido hacia Madrid. Intensidades > 200 veh/d

Carretera		M-509
Tramo / Sentido	M-851 – Villanueva del Pardillo / Sentido Madrid	
Modelo	Modelo regresión múltiple polinomial de orden 2	
Relación intensidad-velocidad	$y = 1 \cdot 10^{-6} x^2 - 0,0077 x + 70,412$	
Estadístico	Valor	
Coefficiente de determinación R^2	0,49	
T-Student, valor P del término x^2	0,045	
Durbin-Watson	1,24	
Valor medio de los residuos	1,58	
Kolmogorov-Smirnov, bondad de ajuste de residuos	0,032	

Gráfico de residuos

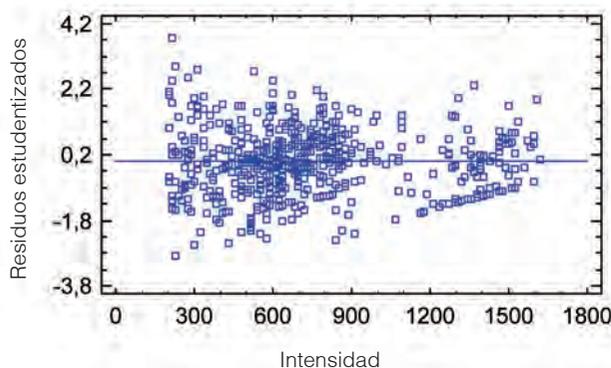
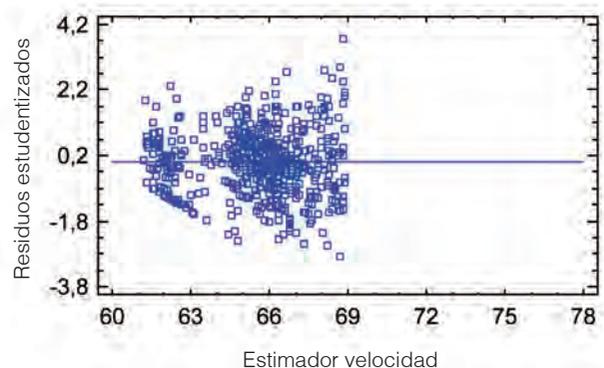
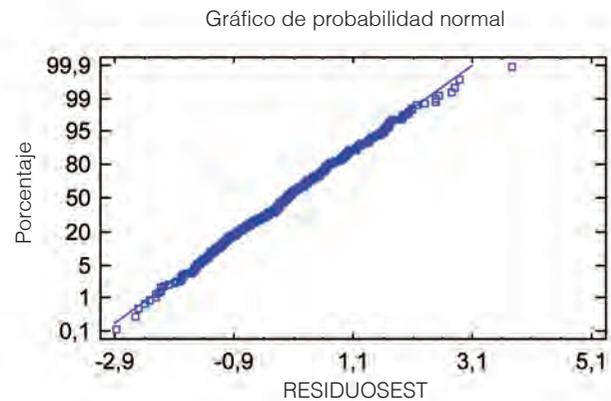
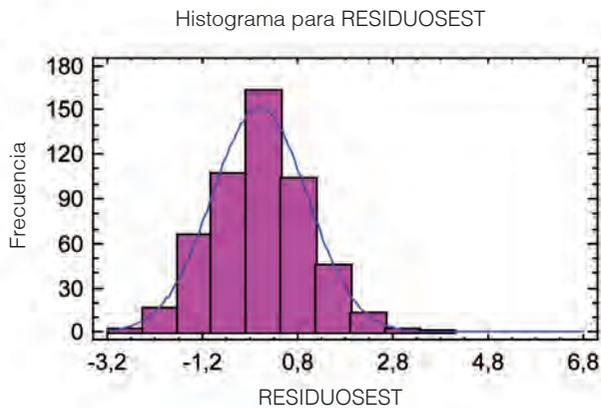


Gráfico de residuos





Figuras 13a y 13b. Hipótesis Normalidad. Histograma de residuos con distribución normal y Gráfico de probabilidad normal de residuos

alto número de observaciones; para confirmar este aspecto se examina el gráfico en función del número de orden del modelo. Gráficamente se comprueba la falta de tendencia alguna en los puntos representados en el gráfico de residuos frente a número de orden, así como la imposibilidad de ajuste a ninguna curva, por lo que se puede dar por válida la hipótesis de independencia.

Mediante la diagnosis de estadísticos y gráficos se comprueba que la representación de la relación intensidad-velocidad en las carreteras convencionales de dos carriles en la Comunidad de Madrid considerando vehículos ligeros sin influencia de pesados y para intensidades superiores a 200 veh/h mediante un modelo de regresión múltiple polinomial de orden 2 cumple las condiciones de linealidad, normalidad, independencia y mejora de la homocedasticidad con respecto a un modelo de orden 3 para todo el rango de intensidades.

Conclusiones

Se comprueba que el modelo de regresión múltiple polinomial de orden 3 con intensidades bajas, concretamente para valores inferiores a 200 veh/h, tiende a la heterocedasticidad, explicable por la circulación libre de la zona, donde la divergencia en el patrón de velocidad es debido al factor humano, ya que los usuarios pueden circular a la velocidad que deseen, sin otros condicionantes que provocan un encauzamiento más homogéneo de la misma con intensidades más elevadas.

Por otro lado, la relación intensidad-velocidad en carreteras convencionales de dos carriles en la Comunidad de Madrid en condiciones ideales para un intervalo de in-

tensidades superiores a 200 veh/h se reproduce correctamente mediante un modelo de regresión múltiple polinomial de orden 2. Cumple las hipótesis de homocedasticidad, linealidad, normalidad e independencia. En estos modelos no se presentan indicios de heterocedasticidad.

Se puede concluir, atendiendo al principio estadístico de la navaja de Occam y al principio de parquedad, que el mejor modelo que explica la relación intensidad-velocidad para vehículos ligeros y sin influencia de vehículos pesados, es decir en condiciones ideales de circulación, para intensidades superiores a 200veh/h es un modelo de regresión múltiple polinomial de orden 2.

$$I > 200 \text{ veh/h} \quad v = B' i^2 + C' i + D' \quad (3)$$

Referencias

- I. BLANK, L. (1980): *Statistical Procedures for Engineering, Management and Science*. McGraw-Hill, New York.
- II. CROW, E. L. *et al.* (1960): *Statistics Manual*. Research Department U.S. Naval Ordnance Test Station. Dover Publications, Inc. New York.
- III. DRAKE, J.S., SCHOFER, J.L. y MAY, A.D. (1967): *A statistical analysis of speed-density hypotheses*. Highway Research Record 154, pp. 53-87.
- IV. FISHER, R.A. y YATES, F. (1953): *Statistical tables*. Fourth edition. Oliver and Boyd. Edinburg Tweeddale Court,

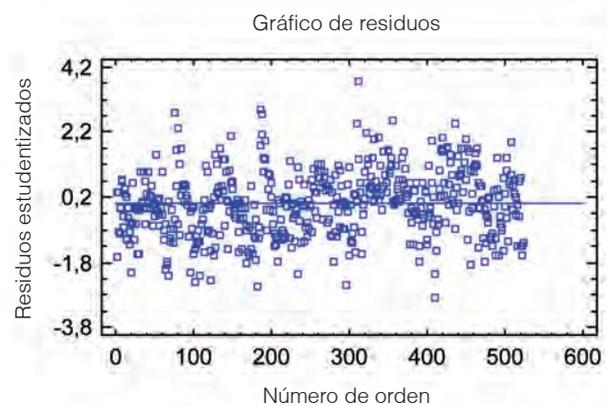


Figura 14. Hipótesis independencia. Gráfico de residuos frente a número de orden.

London. England.

- V. NAVIDI, WILLIAM (2006): *Estadística para ingenieros*. McGraw-Hill/Interamericana Editores, Mexico D.F., Mexico.
- VI. PEÑA, D. (2002): *Regresión y Diseño de Experimentos*. Alianza editorial, Madrid, España.
- VII. PÉREZ, C. (2002): *Estadística práctica con Statgraphics*. Pearson Educación, S.A., Madrid. España.
- VIII. TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (2010): *Chapter 15: Two-lane highways. Highway Capacity Manual 2010*. TRB, National Research Council (sin editar).
- IX. TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (2000): *Highway Capacity Manual 2000*. TRB, National Research Council, Washington, D.C., (edición vigente).
- X. WHITE, K.J. (1977): *The Durbin-Watson test for serial correlation with extreme sample sizes of many regressors*. *Econometría* Vol, 45, 1977, pp 1989-1996. ❖

Evaluación de la deformabilidad de terraplenes mediante métodos dinámicos: Aproximación teórica al estado de la cuestión



Rebeca Carabot Moreno
ICCP del Estado
Subdirección General
de Estudios y Proyectos

Álvaro Parrilla Alcaide
ICCP del Estado
Área de Geotecnia -
Dirección Técnica
Dirección General de Carreteras -
Ministerio de Fomento

Resumen

El control de la estabilidad volumétrica de las tongadas de los rellenos tipo terraplén se ha abordado, tradicionalmente, a través del ensayo de carga con placa (estática). Sobre este ensayo se dispone de un gran conocimiento práctico, pero se requiere, para su realización, de la materialización de grandes cargas y tiempos de espera prolongados. En este artículo se presentan una serie de equipos, existentes en el mercado español, que pretenden solventar dicha problemática, si bien, hasta el momento, se cuenta con poca experiencia sobre su empleo en nuestro país.

PALABRAS CLAVE: *Geotecnia vial, ensayo, terraplén, construcción de carreteras, control de calidad, normativa de carreteras.*

1. Introducción

Entre el quince y el veinte por ciento del presupuesto global de las inversiones en obras de nueva planta de carretera y ferrocarril en el ámbito europeo se destina a la ejecución de rellenos y desmontes, según datos del Comité CEN TC 396 *Earthworks*, encargado de las obras de tierra en el seno del Comité Europeo de Normalización.

La normativa vigente en la mayoría de los países del viejo continente se basa en la aplicación de diferentes sistemas nacionales de clasificación de suelos y de ejecución y control de calidad de rellenos y desmontes. Estos sistemas normalmente se utilizan en cada Estado como un todo perfectamente organizado, conteniendo prescripciones que abarcan, al menos, las fases de proyecto, ejecución y control, resultando difícilmente traspasables de unas naciones a otras.

El mencionado Comité Técnico Europeo, a través de sus grupos de trabajo, está realizando un esfuerzo importante por tratar de aproximar posturas y compartir criterios y conceptos entre sus miembros, en un campo en el que, respetando las lógicas di-

ferencias nacionales, a priori cabría esperar un mayor consenso previo.

Probablemente, en un futuro no muy lejano pueda contarse con un documento común en la materia, en el que los diferentes países europeos puedan verse reflejados, sin menoscabo de sus singularidades.

Uno de los problemas que más preocupa a nivel continental es el control de ejecución de los rellenos, siendo la exigencia final de estabilidad volumétrica en los mismos durante la vida en servicio de la infraestructura, una lógica constante en todos los países.

2. Normativa de aplicación en España dentro del ámbito de la Dirección General de Carreteras

En España, y dentro del marco de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, con la versión vigente¹ del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG 3), los rellenos pueden clasificarse en cuatro categorías:

- Terraplenes (art. 330).
- Pedraplenes (art. 331).
- Rellenos todo uno (art. 333).
- Rellenos localizados (art. 332).

Los tres primeros tipos de rellenos se caracterizan por permitir, con carácter general, el empleo de equipos pesados de compactación de alto rendimiento, y se diferencian entre sí, de manera primigenia y como modo definitorio de una u otra clasificación, por la granulometría del material que los constituye.

A partir de estas diferencias en la granulometría, los procedimientos de ejecución presentan grandes divergencias, lógicas cuando se trata de materiales con diferencias cifrables en varios órdenes de magnitud en el tamaño medio de sus partículas.

El control de ejecución se aborda, asimismo, de manera distinta, siendo el caso de los terraplenes y rellenos localizados fundamentalmente de "producto terminado" y el de los pedraplenes y rellenos todo uno de "procedimiento". No obstante, y si bien los conceptos recién referidos se entienden correctos en líneas generales, cabría afirmar que, ateniéndose a la literalidad del Pliego, en terraplenes se permite el control de procedimiento en determinadas circunstancias; y en los demás rellenos se establecen una serie de tolerancias geométricas finales (producto terminado) en el núcleo y la zona de transición.

En el control de ejecución de los terraplenes, la unidad o "producto" que se controla es la tongada concluida. Sus características fundamentales de ejecución y puesta en obra se fijan en diferentes apartados del mencionado Pliego (la mayor parte de ellas en el epígrafe 330.6.2).

El control de compactación de terraplenes tiene por objeto comprobar, tongada a tongada, dos cuestiones diferentes:

- Que se cumplen unas determinadas condiciones de densidad seca y humedad definidas en el Proyecto. Nótese que el control no se refiere únicamente a la densidad seca, como venía siendo habitual, sino a la pareja de valores que, junto con la humedad del suelo en cuestión, configura su ubicación precisa en el diagrama de compactación Proctor.
- Que las características de deformabili-



En el control de ejecución de los terraplenes, la unidad o "producto" que se controla es la tongada concluida

dad sean las adecuadas para asegurar un comportamiento aceptable del relleno.

Con relación a este último aspecto, el PG 3 establece como ensayo de referencia con carácter general el denominado "de carga con placa", también conocido como de "placa estática" por las condiciones requeridas para su realización. La norma española² para su materialización es la UNE 103808.

El ensayo consiste en la aplicación de dos ciclos de carga y uno de descarga intermedio sobre una placa metálica de sección circular de 300, 600 ó 762 mm de diámetro, obteniéndose, como resultado del mismo, dos módulos (E_{v1} y E_{v2}) por cada punto controlado, ubicado en la superficie de una determinada tongada. Los dos módulos en cuestión deben determinarse una vez aplicados los correspondientes escalones de carga y descarga, y resultan directamente proporcionales al diámetro de la placa y a un valor de presión determinado por diferencia entre dos instantes concretos del ciclo anterior, e inversamente proporcionales a los asientos medidos en dichos instantes.

Para la aceptación de una determinada tongada, el Pliego exige el cumplimiento simultáneo de las siguientes condiciones:

- Valores mínimos del módulo de deformación vertical obtenido en el segundo ciclo de carga (E_{v2}). Se requieren valores distintos en función de la zona del relleno en que se está trabajando y del

tipo de suelo utilizado en ella:

- En coronación, cien megapascales ($E_{v2} \geq 100$ MPa) para los suelos seleccionados y sesenta megapascales ($E_{v2} \geq 60$ MPa) para el resto.
- En cimiento, núcleo y espaldones, cincuenta megapascales ($E_{v2} \geq 50$ MPa) para los suelos seleccionados y treinta megapascales ($E_{v2} \geq 30$ MPa) para el resto.

- Cumplimiento de la relación de módulos entre los ciclos referidos, limitándose ésta a un valor máximo de dos coma dos ($K = E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$).

Los ensayos de "placa estática" resultan de ejecución laboriosa, siendo necesario el empleo de equipos pesados (normalmente camiones cargados) para proporcionar la reacción sobre las placas, a la par que tiempos de ejecución prolongados para materializar y estabilizar los correspondientes escalones de carga. La realización de uno de estos ensayos suele requerir más de una hora. Pese a todo lo anterior, existe una larga tradición en su realización avalada, en general, por la obtención de resultados suficientemente satisfactorios; de ahí que, pese a los inconvenientes anteriores, los ensayos estáticos

¹ Orden FOM 1382/2002 de 16 de mayo (BOE de 11 de junio).

² UNE 103808 Ensayo de carga vertical de suelos mediante placa estática. Aunque en el PG 3 figura su antecesora, la norma NLT 357 Ensayo de carga con placa, a los efectos de este documento pueden considerarse equivalentes.



Ejecución de un ensayo de carga mediante placa estática

vengan usándose en la práctica.

La búsqueda de sistemas más versátiles que proporcionen, cuando menos, idéntica fiabilidad, constituye uno de los principales afanes y líneas de trabajo de las Administraciones, equipos de investigación y laboratorios de control, tanto en España como en los países de nuestro entorno.

Existen en el mercado diferentes sistemas o equipos comerciales patentados que tratan de abordar el problema, aunque por diferentes vías y con unos criterios de aplicabilidad normalmente distintos entre sí; pudiendo afirmarse que, si bien el problema no está resuelto en su globalidad, sí hay diferentes aproximaciones al mismo.

No obstante, la sustitución de los sistemas de control tradicionales (placa de carga estática) por otros nuevos no está totalmente contrastada ni se dispone de suficiente experiencia como para propiciar, por el momento, un cambio normativo en ese sentido.

En este artículo se trata de revisar algunos de los sistemas que se encuentran disponibles hoy día, sin perder de vista que se trata de equipos sujetos a patente y que todos ellos son comercializados en España, con carácter de exclusividad, por alguna empresa.

Tampoco se entienden preferibles los unos sobre los otros: simplemente tratan de exponerse de una forma global y somera, para su mayor difusión y mejor conocimiento general.

3. Los ensayos de carga de suelos de tipo dinámico

Desde hace alrededor de una veintena de años se trabaja en la puesta a punto de nuevos equipos y ensayos que permitan solventar la problemática expuesta.

Al igual que en el caso de la placa estática, mediante estos nuevos procedimientos y equipos se pretende obtener una aproximación al valor de la deformabilidad de la tongada por medio de algún parámetro de tipo rigidez o asimilable. En consecuencia, el resultado de la medición presenta ecuaciones de dimensión propias de un módulo de elasticidad (unidades de presión: pascles y sus múltiplos en el Sistema Internacional), si bien dichos módulos se obtienen de modos claramente diferentes y sus significados no son análogos. Estas diferencias de planteamiento han de tenerse en cuenta tanto en la comparación entre equipos estáticos y dinámicos, como en la que pueda efectuarse de los diferentes equipos dinámicos entre sí.

En varios de los procedimientos que van a describirse, los fabricantes denominan al módulo obtenido con su procedimiento como módulo dinámico, por comparación o analogía con la placa estática, referente último de estos ensayos; no debiendo perder de vista que el concepto de módulo, aislado y sin referencia al equipo y procedimiento empleado, se encuentra vacío de contenido.

Hasta la fecha, las principales líneas de

trabajo han apuntado en dos direcciones complementarias:

- Caracterización de un área muy reducida, asimilable a un único punto concreto. Cada uno de estos puntos de control está ubicado en la superficie de la tongada, excepto en el caso de uno de los equipos, en el que se analiza la vertical del punto.
- Caracterización de una superficie, de anchura muy inferior a su longitud, asimilable a una línea: normalmente suele seguirse un eje de calzada, carril, etc.

Mientras que los primeros presentan una analogía conceptual relativamente importante con la placa estática y pretenden la caracterización de un único punto mediante la obtención de valores absolutos de los correspondientes módulos, además de la validación completa de la tongada por sucesivas reiteraciones del procedimiento en diferentes ubicaciones, los segundos pretenden la evaluación de la uniformidad de una determinada banda o línea dentro de aquella, detectando diferencias relativas de rigidez entre sus zonas.

Por el momento no se dispone de correlaciones totalmente contrastadas entre los equipos estáticos y dinámicos, ni de estos últimos entre sí, por lo que las tendencias de cara a su posible validación o aceptación, pasan por dos líneas fundamentales:

- Obtención de correlaciones entre el módulo dinámico por un determinado procedimiento (con un equipo concreto) y el estático, normalmente el correspondiente al segundo ciclo de carga (Ev_2), en la placa estática de un determinado diámetro. A su vez estas correlaciones podrían ser:
 - De validez general o universales.
 - De validez relativa, referidas a determinados tipos de terreno o materiales.
 - Específicas para cada obra, tipo de terreno o emplazamiento concreto, tras la realización de tramos de prueba in situ.
- Obtención de valores del módulo dinámico que permitan la aprobación directa de una tongada tras la validación de un determinado número de puntos o alineaciones en su caso, en función de la experiencia con el equipo concreto de que se tratase en cada caso.

Si bien en este artículo únicamente quieren exponerse las vías posibles desde un punto de vista teórico, sí se destacan como argumentos a favor y en contra de una u otra líneas de trabajo los siguientes:

- Correlación entre módulos estáticos y dinámicos con un equipo concreto:
 - Como principal ventaja se encuentra la vasta experiencia con la que se cuenta en el empleo de la placa estática, constituyendo sus resultados un referente ampliamente conocido y suficientemente contrastado.
 - Como inconveniente principal sobresale la dificultad de la obtención de las mencionadas correlaciones; así la propia interpretación de los resultados de la placa estática, la determinación de la profundidad de influencia de su bulbo de presiones o las diferencias entre emplear uno u otro diámetro entre los que establece la norma de ensayo son cuestiones, entre otras, que no se encuentran suficientemente resueltas. La complejidad de correlacionar a su vez estos resultados con los de otros equipos que introduzcan fundamentos teóricos de tipo dinámico resulta aún mayor.
- Obtención directa de valores que permi-

tan la aprobación de la tongada con un equipo concreto:

- La principal ventaja de esta opción estriba en su sencillez y aplicabilidad práctica. Los trabajos llevados a cabo por los fabricantes se han centrado normalmente en esta línea, por resultar de aplicación inmediata al producto comercial de que se trate.
- El inconveniente más importante de esta opción estriba en no disponer de referencias más universales que permitan comparar equipos y resultados entre sí, así como establecer campos de aplicación preferentes para unos y otros.

Sin ánimo de exhaustividad, a continuación se enumeran y clasifican los equipos de aplicación al control de las tongadas de los terraplenes, de que se tiene conocimiento en la fecha de redacción de este artículo:

- De caracterización puntual:
 - Placas dinámicas.
 - Penetrómetro dinámico de energía variable.
 - Geo-Gauge.
- De caracterización de una línea:
 - *Portancemètre*.
 - Instrumentación de compactadores.

Las principales características de cada uno de los equipos se describen a continuación. Se insiste en el hecho de que se trata de aquellos de los que se tiene constancia hasta la fecha y que se encuentran presentes en el mercado español, sujetos a patente o bajo representación comercial exclusiva en nuestro país.

3.1. Equipos de caracterización puntual

3.1.1. Placas dinámicas

La aplicación dinámica de la carga se materializa por medio de la caída libre de una masa sobre una placa rígida, siendo amortiguado el impacto por un elemento visco elástico. La rigidez del terreno se determina en cada caso suponiendo que el comportamiento de la placa dinámica es asimilable a un conjunto masa / muelle / amortiguador, de propiedades conocidas. Los módulos en cuestión se obtienen relacionando las cargas instantáneas aplicadas con los asientos generados.

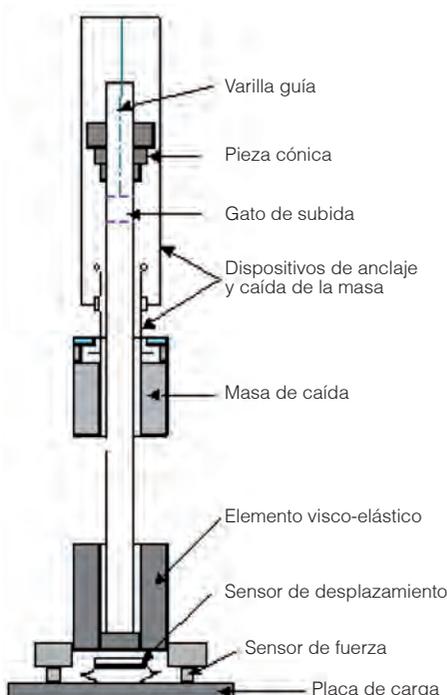
En España existen hasta la fecha dos procedimientos de ensayo recogidos en otras tantas partes de la norma *UNE 103807 Ensayo de carga vertical de suelos mediante placa dinámica*.

Método 1: placa rígida $2r = 600$ mm (UNE 103807-1)

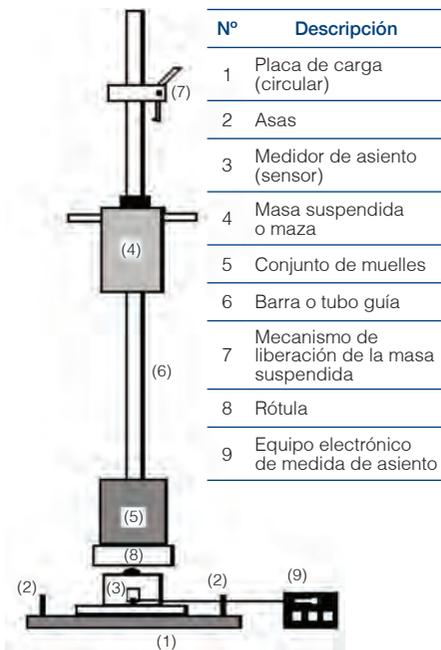
El procedimiento y equipo en cuestión responden a un desarrollo francés del "Laboratoire Central des Ponts et Chaussées". El equipo se transporta en una furgoneta, se extrae lateralmente por medio de un brazo mecánico, se posiciona en un punto concreto procediéndose, posteriormente, a la aplicación de una serie de cargas de valor y duración predefinidos, materializadas a través de la caída, por tres veces, de una masa desde una determinada altura. En ello consiste el ensayo dinámico propiamente dicho, que se normalizó inicialmente en Francia a través de la norma NF P 94 117-2.

El equipo integra la placa de carga, el dispositivo de carga y el de medida; presenta forma cilíndrica, siendo su diámetro el de la placa (que ocupa la parte inferior), y su altura algo inferior a la de una persona adulta de estatura media. El ensayo puede realizarse por un único operario, si bien nunca de forma enteramente manual, pues la masa de impacto es de ciento veinte kilogramos (120 kg).

El equipo en cuestión se conoce con el nombre comercial de "Dyaplaque" teniendo constancia de, al menos, dos desarrollos sucesivos del mismo. Presenta un diámetro de seiscientos milímetros ($2r = 600$ mm) y proporciona una reacción



Método 1: placa rígida $2r = 600$ mm (UNE 103807 - 1). Esquema general y vista del equipo (fuentes: norma española y LCPC)



Método 2: placa rígida $2r = 300$ mm (UNE 103807-2). Esquema del equipo (fuente: norma española)

estimaciones por hora, aunque obviamente depende en gran medida de las distancias entre puntos de lectura.

Método 2: placa rígida $2r = 300$ mm (UNE 103807-2)

Se trata de una serie de procedimientos y equipos de menores dimensiones que el anterior, que pueden transportarse y manejarse enteramente a mano. Aunque existen diferentes modelos en el mercado, todos ellos son muy parecidos entre sí: en esencia, constan de una placa, un mástil, una masa de caída y una serie de dispositivos electrónicos de medida. Suelen conocerse bajo el sobrenombre genérico de "equipos ligeros de impacto".

El ensayo se describió primeramente en Alemania a través del documento TP BF StB parte B 8.3, y se puede realizar enteramente por un único operador quien, una vez enrasada y preparada el área de ensayo, procede a colocar la placa con el dispositivo de carga centrado sobre la misma y en posición vertical.

El ensayo dinámico propiamente dicho se inicia con la realización una serie de impactos preliminares sobre la superficie del terreno (sin lecturas de asiento), al objeto de que la placa alcance un adecuado contacto con el suelo. Tras estos primeros impactos deben efectuarse otros, ya con el

equipo electrónico de lectura de medidas encendido, que son los que se tienen en cuenta para la determinación de la rigidez del terreno.

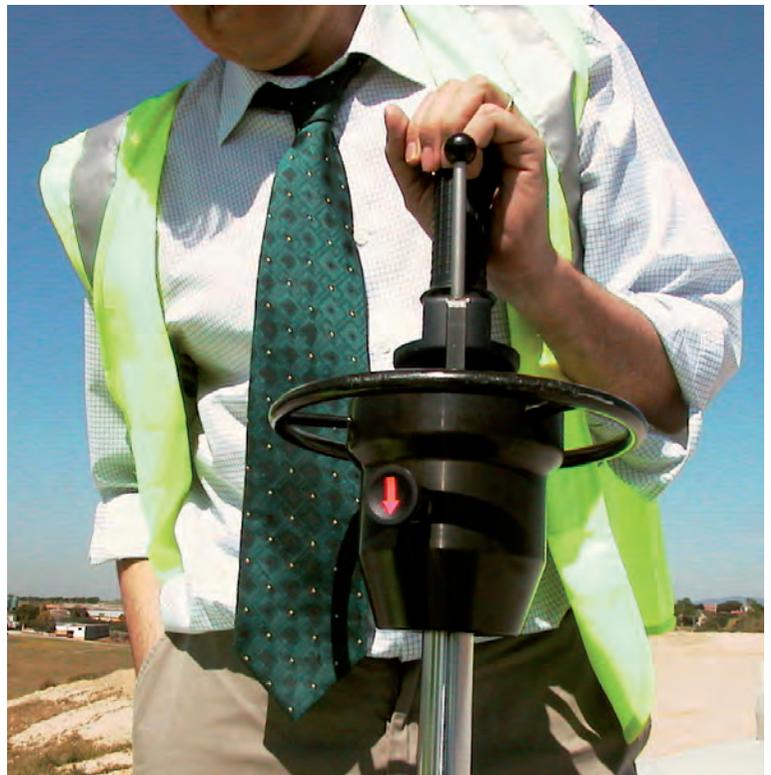
Los impactos se materializan cuando el operador procede a soltar la masa desde una altura previamente calibrada. Dicha masa sigue la trayectoria que le marca la barra de guía (sentido descendente), impacta sobre los muelles, transmite el impacto a la placa, desde donde a su vez es transmitido al terreno, y rebota, siguiendo de nuevo la trayectoria de la barra guía (sentido ascendente), debiendo ser capturada a mano y fijada en su posición de partida por el operador.

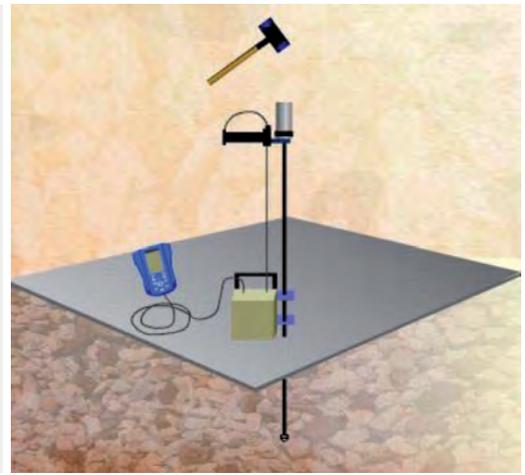
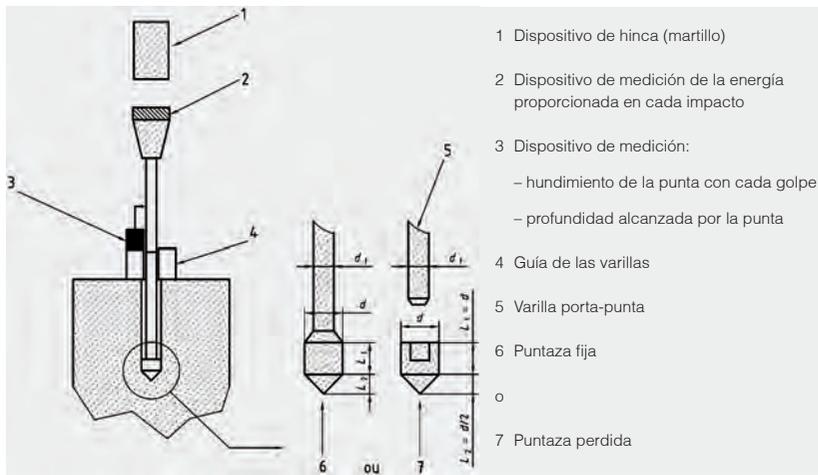
El rango de medición de rigideces especificado para la mayoría de los equipos es el comprendido entre quince y setenta megapascales ($15 \leq E_{v_0}$ (MPa) ≤ 70) según su propia sistemática, si bien algunos fabricantes fijan su límite inferior en cinco megapascales ($E_{v_0} \geq 5$ MPa).

El tiempo requerido para la realización del ensayo en un punto depende fundamentalmente de la pericia del operador, si bien descontando el tiempo empleado en desplazamientos, puede situarse entre tres o cuatro y diez minutos como media, en función de las características del terreno de apoyo.

al terreno equivalente a un eje de ciento treinta kilonewtons (130 kN) que se desplaza a una velocidad de sesenta kilómetros por hora (60 km/h).

El rango de validez de la medición (rigidez del terreno determinada por el propio equipo) es el comprendido entre veinte y doscientos cincuenta megapascales ($20 \leq E_{v_{d3}}$ (MPa) ≤ 250) y su rendimiento se cifra en unas quince o veinte





Penetrómetro ligero de energía variable: esquema y vista general (fuentes: norma francesa y fabricante)

3.1.2. Penetrómetro dinámico de energía variable

Este equipo francés, más conocido por su nombre comercial como "Panda", se considera de energía variable, pues pueden modificarse tanto la masa de impacto como las características de varillaje y puntaza. Aunque es posible su empleo completamente manual, también se comercializan útiles para proceder a la hincia de forma automática.

A diferencia de los anteriores, más que un valor concreto relativo a un punto a partir de un ensayo realizado en superficie, este equipo proporciona un gráfico de resistencias a la penetración en la vertical del mismo, en función de la profundidad (expresado en unidades de presión), obtenido tras la hincia por golpeo manual con martillo, de un varillaje terminado en un útil con puntaza cónica. La resistencia a la penetración se obtiene tras determinar, tanto la energía suministrada al varillaje, como el asiento de la puntaza.

El ensayo (regulado en su país de origen por la norma experimental XP P 94-105) permite determinar si la compactación se ajusta a lo especificado para una determinada obra concreta, por comparación entre el penetrograma obtenido en campo y una serie de curvas tipo que conforman una base de datos y que se emplean como referencia, en función de los siguientes criterios:

- Tipo de suelo utilizado en la ejecución del relleno, de acuerdo con las clasificaciones francesa, alemana, británica, AASHTO o USCS.
- Porcentaje de compactación requerido, en relación con la densidad

máxima del ensayo Próctor de referencia.

- Estado de humedad en el momento de la realización del ensayo, de acuerdo con la sistemática francesa sobre el particular.

3.1.3. Geo-Gauge

Se trata de un equipo de origen estadounidense, con forma exterior cilíndrica que se maneja de forma enteramente manual. Pesa unos diez kilogramos (10 kg) y tanto su altura como su diámetro rondan los treinta centímetros (30 cm).

Elegido el emplazamiento, se posiciona el aparato que entra en contacto con el terreno a través de un anillo de apoyo, que a su vez soporta el peso del equipo propiamente dicho mediante un segundo anillo de goma. El equipo genera una serie de vibraciones de pequeña amplitud en veinticinco (25) frecuencias diferentes comprendidas entre cien y doscientos hercios (100-200 Hz), a la vez que mide las deformaciones a que dan lugar sobre el terreno, lo que normalmente acaba por traducirse en una huella anular en el mismo.

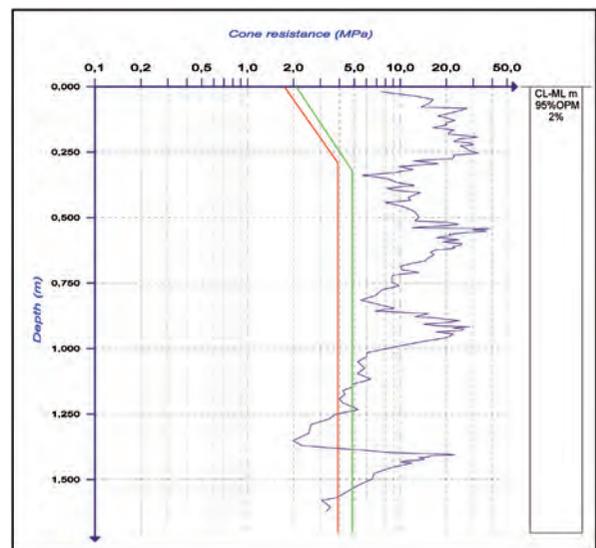
En este rango de frecuencias y deformaciones, la rigidez es proporcional al módulo de elasticidad. Debe suponerse, además, un valor concreto para el módulo de Poisson del terreno, aunque su influencia

relativa en el resultado (tomando valores adecuados a partir de de la bibliografía) es moderada.

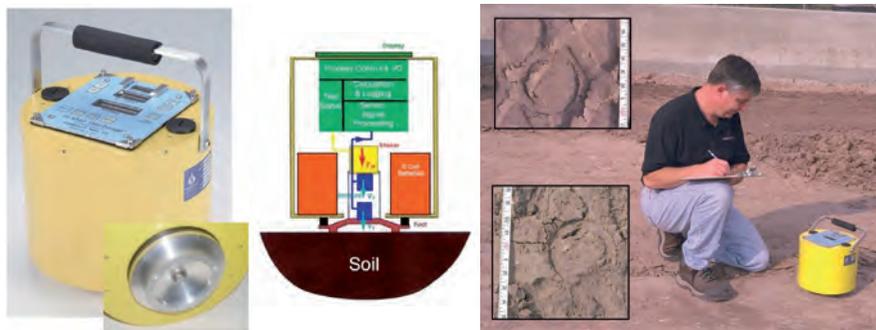
Según el fabricante, el valor del módulo obtenido resulta representativo de una profundidad comprendida entre la superficie del terreno y unos veinte o treinta centímetros (20-30 cm) y el rango de medición para el módulo, obtenido con su propia sistemática, se encuentra comprendido entre veinticinco y seiscientos megapascales ($25 \leq E_g \text{ (MPa)} \leq 600$).

3.2. Equipos de caracterización de alineaciones

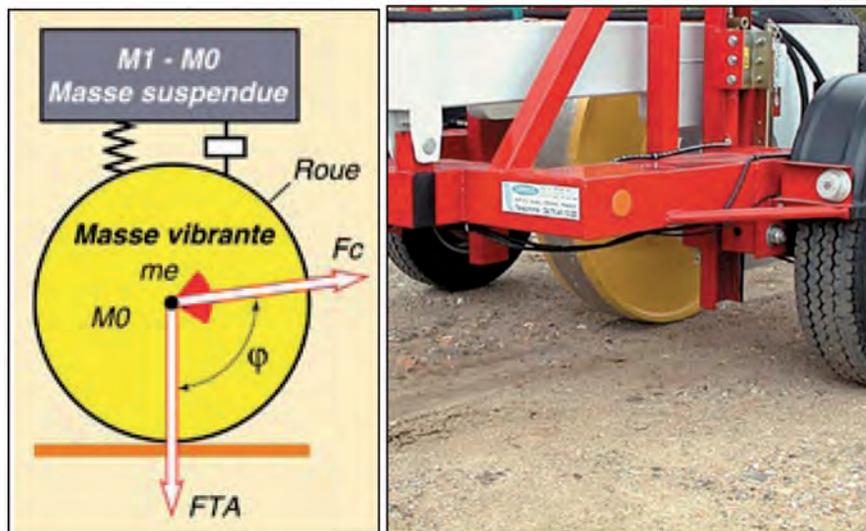
Al igual que en el caso de los equipos de caracterización puntual, los de caracterización de líneas proporcionan valores representativos de propiedades del terreno



Ejemplo de registro obtenido con el penetrómetro ligero de energía variable y superposición de curvas de referencia (fuente: fabricante)



GeoGauge: Vistas, esquema general del equipo y detalle de las huellas (fuente: fabricante)



Esquema general y detalle de la rueda del portancímetro (fuente: LCPC)

con ecuaciones de dimensión de módulo de elasticidad.

La principal diferencia con los anteriores estriba en que ahora se obtienen módulos, relativos no ya a puntos concretos, sino a líneas que normalmente habrán sido definidas previamente y coincidirán con ejes de calzada, de carril, etc., si bien pueden ser cualesquiera.

Una de sus principales ventajas consiste precisamente en que permiten diferenciar, dentro de cada una de dichas alineaciones, zonas con diferencias relativas en su rigidez, que pueden determinarse, además, a una velocidad de avance considerable.

3.2.1. Portancemètre

Este equipo, cuyo nombre se ha traducido en lengua española como portancímetro es, de nuevo, un desarrollo francés del "Laboratoire Central des Ponts et Chaussées", que viene utilizándose en aquél país desde finales de la década de los noventa.

El portancímetro requiere un vehículo automóvil que actúa como elemento tractor y un remolque convencional donde se aloja

el equipo de medición propiamente dicho, que consiste básicamente en una rueda de un metro de diámetro y cuatrocientos kilogramos de masa ($2r = 1 \text{ m}$, $m = 400 \text{ kg}$). Incluye una excéntrica que imprime una vibración a la rueda de treinta y cinco hercios (35 Hz). La fuerza de reacción la proporciona una masa suspendida de seiscientos kilogramos ($M_s = 600 \text{ kg}$).

Para la obtención del módulo de rigidez se determina la fuerza total aplicada sobre el terreno y la deformación (asiento) experimentado por éste, lo que se conoce por medio de un acelerómetro alojado en el eje de la rueda.

Estos datos se tratan a través de un programa específico. La aplicación informática devuelve un gráfico cuasi continuo en el que se representa el valor del módulo (MPa) en función de la distancia al origen de la medición (m).

Según el fabricante, el rango de medición para el módulo obtenido con su propia sistemática, se sitúa entre treinta y trescientos megapascales ($30 \leq E_p \text{ (MPa)} \leq 300$) y la profundidad representada es la comprendida entre la superficie del terreno y unos

sesenta centímetros (60 cm).

Presenta, frente a los equipos de caracterización puntual, la ventaja de proporcionar un registro que puede considerarse continuo en la práctica, de un parámetro relacionado con la rigidez del terreno, por lo que a priori pueden detectarse zonas heterogéneas pertenecientes a una misma tongada.

El rendimiento de la medición se aproxima a la marcha de una persona andando, los propios fabricantes lo estiman en unos quince kilómetros (15 km) de alineación por jornada de trabajo como media y hasta en veinte (20 km) como punta.

3.2.2. Instrumentación de compactadores

La instalación de acelerómetros sobre la masa vibrante del tambor de un compactador permite conocer fuerzas y desplazamientos en el mismo, pudiendo obtenerse a partir de estos parámetros, al igual que en los casos anteriores, valores representativos de la rigidez del terreno.

El valor de este módulo puede conocerse en tiempo real por el operario del compactador, mediante un equipo informático dotado de una pantalla instalada en la cabina que integre los datos de los acelerómetros y le proporcione, de forma instantánea, el valor de la rigidez en cuestión.

Puede fijarse como objetivo del proceso de compactación la obtención de un determinado módulo dinámico, por lo que el operario, una vez obtenido éste, dejaría de efectuar pasadas de rodillo sobre una alineación o ubicación concreta en su caso.

Todo ello puede complementarse con la instalación de un equipo GPS en el compactador, lo que permite, mediante un desarrollo informático relativamente sencillo, la superposición de los valores de las coordenadas, el número de pasadas efectuadas y el módulo dinámico obtenido.

4. Conclusiones

Se han descrito someramente los procedimientos y las potencialidades de una serie de equipos que, aunque de diversas maneras, permiten la obtención de paráme-

tros con ecuaciones de dimensión de módulo de elasticidad (unidades de presión), a través de los que puede tratarse de acometerse el control de ejecución de determinados aspectos relacionados con la compactación de rellenos tipo terraplén.

Los equipos analizados, presentes todos ellos en el mercado español, permiten la obtención de valores de este módulo "dinámico" dentro de unos determinados rangos teóricos de aplicabilidad. Debe tenerse en cuenta que los módulos proporcionados por cada equipo no son equiparables y que permiten la caracterización de puntos concretos o bien de alineaciones.

Todos ellos resultan sumamente atractivos a priori, presentando como principal ventaja frente al control de la deformabilidad de las tongadas por procedimientos tradicionales (mediante placa estática), su versatilidad. Aun en el caso de emplear varios de estos sistemas de forma complementaria, paralela o reiterativa, se obtienen rendimientos superiores a los habituales con la mencionada sistemática tradicional.

Sus inconvenientes se centran, por el momento, en los siguientes aspectos:

- Dificultad de establecer correlaciones fiables entre los valores estáticos y dinámicos, y aun de estos últimos entre sí.
- Falta de experiencia de uso de estos equipos en nuestro país: la aplicación no ya de correlaciones, sino de valores directos de módulos que permitan la aceptación de la tongada debe partir, necesariamente, de una experiencia importante en el uso de cada uno de estos equipos.
- Dependencias tecnológica del fabricante y comercial de la empresa que ejerce su representación en España.

Asimismo, habría que tener en cuenta las limitaciones e incertidumbres del propio ensayo de partida (placa estática) que presenta una gran dificultad en su in-

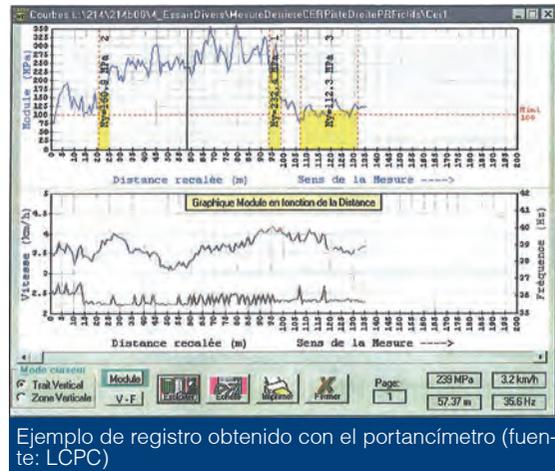
terpretación, desde su relativamente escasa repetibilidad, a la profundidad de afección real, pasando por la influencia de los parámetros de estado y demás características del suelo en cuestión.

En cualquier caso, la adquisición de mayor experiencia en el empleo de estos equipos de alto rendimiento, o de otros diferentes que en su caso que persigan el mismo fin, se considera de gran interés para la mejora de los procedimientos de control de ejecución de los rellenos tipo terraplén.

5. Bibliografía y Normas de Ensayo

Bibliografía

- ADAM C., ADAM D., KOPF F., PAULMICHL I.: *Computational validation of static and dynamic plate load testing*. Acta Geotechnica, vol 4, nº 1, pp 35 - 55, (2009).
- BRIAUD, JEAN LOUIS: *Intelligent Compaction: An Overview*. Universidad Texas A&M (2003).
- DE HITA ALONSO, JOAQUÍN; SÁNCHEZ DOMÍNGUEZ, FERNANDO: *Utilización de la placa de carga dinámica para la recepción de explanadas*. Revista Rutas nº 107 (marzo - abril 2005).
- HUMBOLDT MFG CO: *Geogauge. User Guide* (2007).
- MINISTÈRE DE L'EQUIPEMENT DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT (Francia): *Le portancemètre. Mesure continue de la portance des plates formes* (2004).
- MOREL, GUY; QUIBEL, ALAIN: *Le portancemètre. Un nouvel appareil*



Ejemplo de registro obtenido con el portancímetro (fuente: LCPC)

d'auscultation en continu des couches de forme et de la partie supérieure des terrassements.

Revue Générale des Routes et des Aérodrômes nº768 (diciembre 1998).

- SANTIAGO RECUERDA, EDUARDO; GARCÍA DE LA OLIVA, JOSÉ LUIS; GONZÁLEZ PANIAGUA, PEDRO: *Comparación de diferentes métodos de control de compactación del subbalasto*. Jornadas hispano-portuguesas sobre geotecnia en las infraestructuras ferroviarias (CEDEX 2009).
- SIEKMEIER J., PETERSON D., NELSON C., PETERSON R: *Intelligent Soil Compaction Technology, Results and Roadmap toward Widespread Use*. Transportation Research Board, Washington DC, EEUU (reunion anual nº 85, 2006).

Normas de ensayo

Españolas

- UNE 103807 Ensayo de carga vertical de suelos mediante placa dinámica.
 - Parte 1: Placa rígida, diámetro 2r = 600 mm, método 1.
 - Parte 2: Placa rígida, diámetro 2r = 300 mm, método 2.
- UNE 103808 Ensayo de carga vertical de suelos mediante placa estática.

Francesa

- XP P 94 105 Sols : Reconnaissance et essais. Contrôle de la qualité du compactage. Méthode au pénétromètre dynamique à énergie variable - Principe et méthode d'étalonnage du pénétromètre Exploitation des résultats - Interprétation. ❖



Vista general del portancímetro (fuente: LCPC)



Estudio comparativo de dos técnicas de revegetación para la optimización de la estabilidad en taludes con pendientes superiores a 2V:3H

Eugenia Álvarez Álvarez
María Mercè Martínez Moliné
Yolanda Molina Cáceres
Ramón Torres Valdivia (fotografía)
Direcció General de Carreteres
Generalitat de Catalunya
Carmelo Asensio Doz
Departamento técnico de Ginesta, S.L.

Resumen

La Direcció General de Carreteres de la Generalitat de Catalunya ha impulsado este estudio para conocer los condicionantes o limitaciones de técnicas de revegetación que intentan mitigar o corregir las afectaciones paisajísticas e inestabilidades geomorfológicas que provoca la implantación de infraestructuras viarias en el territorio.

Sus objetivos son proporcionar los resultados y la metodología para optimizar la aplicación de estas técnicas, y, al mismo tiempo, intentar extrapolar los resultados de integración paisajística a otros taludes

de características agroclimáticas y geomorfológicas similares.

Se escogieron dos técnicas diferentes como son la aplicación de hidrosiembra e hidromanta, y se ejecutaron en dos superficies distintas de un mismo talud. Su desarrollo se monitorizó durante un espacio de tiempo determinado.

El método de seguimiento se basa en la observación de la evolución de la cobertura vegetal de las dos superficies a lo largo del tiempo mediante comparaciones cromáticas sobre fotografías.

PALABRAS CLAVE: talud, estabilización, integración, revegetación, hidromanta, hidrosiembra.

1. Introducción

El talud objeto del tratamiento se ejecutó dentro de la actuación de acondicionamiento de la vía en mayo de 2006.

El desmonte presentaba una gran can-

alidad de material en la cuneta de pie y caídas de bloques decimétricos que invadían la calzada.

Los motivos de la actuación fueron dos: evitar la erosión causada por los agentes meteorológicos (pluviometría, ciclo congelación-deshielo) en la cara del talud y la integración paisajística del talud desnudo de vegetación.

Para dar solución al primer problema se optó por extender una malla de triple torsión y se planteó la posibilidad de ejecutar una hidrosiembra convencional. Esta última se desestimó al no poder extenderse tierra vegetal a causa de la pendiente. Para el segundo problema se pensó en la ejecución de técnicas de revegetación basadas en hidrosiembras modificadas y extensión de mantas o mallas de fibras naturales.

1.1. Situación geográfica

El talud objeto de estudio está situado en la carretera C-38, término municipal de

Camprodón, comarca del Ripollès. Georreferenciado por las coordenadas UTM 31N: 447716, 4682121 que corresponden al p.k. 7 aproximadamente y a una altitud de 920 m (figuras 1 y 2).

2. Características del talud

Este talud (figura 3) está ejecutado en desmorte y tiene una altura media de 19 m, 23 m de desarrollo y 102 m de longitud. La cara del talud tiene una orientación NE y una inclinación media de 40° (1:1,25). La carencia grave de vegetación daba lugar a una erosión diferencial de su frente: por un lado, el lavado de su matriz que provocaba la colmatación de la cuneta; y, por otro, la caída de bloques decimétricos.

Presenta varios elementos singulares: cuneta trapezoidal profunda (0,50 m x 0,50 m) de pie de talud que desagua en un torrente adyacente, cuneta trapezoidal intermedia a 14 m de altura del pie del talud (se deduce que hubiera tenido que corresponder a una cuneta de coronación y que, por motivos desconocidos, se ejecutó a esta altura) y su correspondiente bajante.

Referente a la vegetación inicial, entre otras, encontramos ejemplares de diente de león (*Taraxum officinalis*), uña de caballo (*Tusilago farfara*), alfalfa (*Medicago sativa*), dáctilo (*Dactylis glomerata*), lechuga de liebres (*Sonchus sp.*), *Aphyllantes monspeliensis*, globularia (*Globularia vulgaris*), *Galium maritimum*, orégano (*Origanum vulgare*), *Brachypodium phoenicoides* e incipientes individuos de especies arbóreas de sauce ceniciento (*Salix atrocinerea*), sauce blanco (*Salix alba*) y chopo (*Populus nigra*).

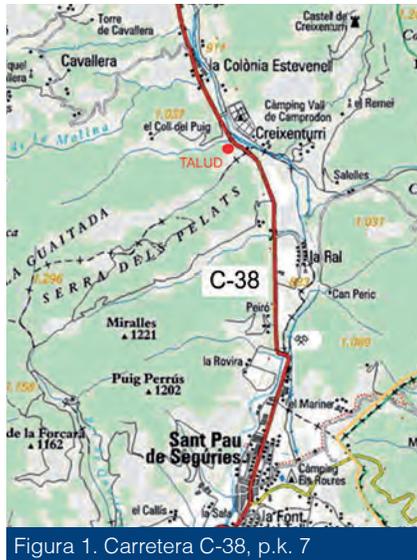


Figura 1. Carretera C-38, p.k. 7



Figura 2. Ortofotomapa de la zona

3. Climatología y vegetación

Los datos climáticos corresponden a la estación meteorológica automática (EMA) de Sant Pau de Segúries (Código CI). Esta estación es la más representativa de la zona de estudio y las variables meteorológicas que mide son: velocidad del viento (10 m), dirección del viento (10 m), temperatura, presión, precipitación, radiación solar global, racha máxima de período (10 m), humedad relativa, dirección de la racha máxima (10 m). El valle se caracteriza por un clima de bajas temperaturas y lluvias abundantes.

La vegetación autóctona corresponde a la provincia submediterránea de los robledales secos y pinares de pino silvestre y de pino negral, al dominio del quejigal calcícola submediterráneo con boj (*Buxo-Quercetum pubescentis*) con presencia de pino silvestre (*Pinus sylvestris*) y pino negral (*Pinus nigra*).

Dentro de la división climática corres-

pondería a un clima mediterráneo prepirenaico oriental, con pluviometrías de 850-1.100 mm anuales, una temperatura media de 9-12 °C anual y una amplitud térmica anual que variaría entre 16-19 °C.

Según la clasificación Papadakis, nos encontramos dentro de una zona donde le correspondería un clima mediterráneo templado o mediterráneo templado-fresco.

A partir de los datos de la EMA de Sant Pau hemos realizado los siguientes diagramas climáticos (figuras 4, 5 y 6 de la página siguiente).

Como ejemplo, se ha dibujado el diagrama ombrotérmico del año 2008 para ver que tipo de clima se da en la zona. Las épocas más lluviosas son en primavera y otoño y durante los meses de verano la pluviometría baja y aumentan las temperaturas, pero no llegan a interceptarse en el diagrama con lo cual no llega a producirse una época de sequía.

En cuanto a la climatología en los ciclos del estudio, se observa que las épocas de



Figura 3. Foto talud

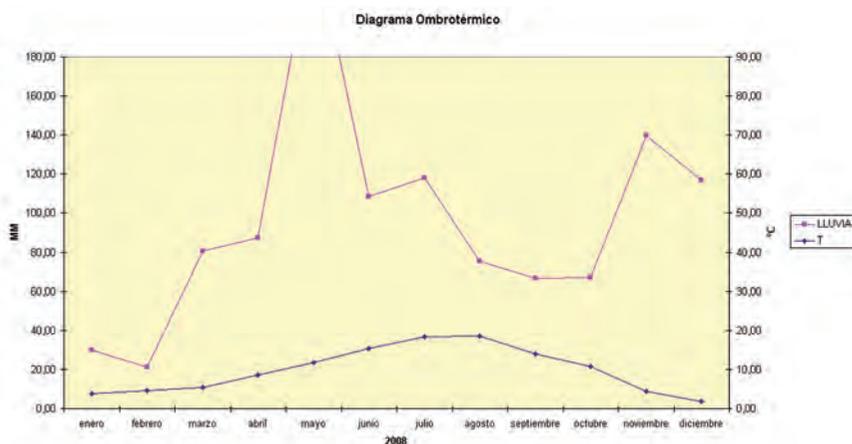


Figura 4. Diagrama ombrotérmico del año 2008

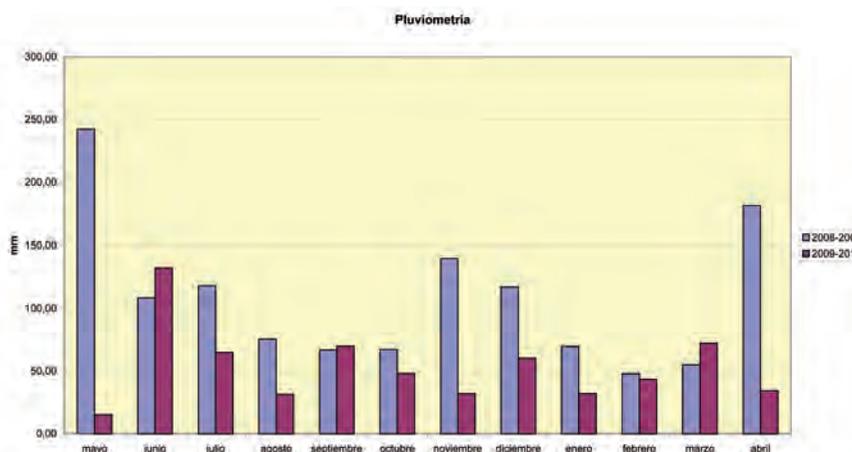


Figura 5. Pluviometría referida al periodo de estudio

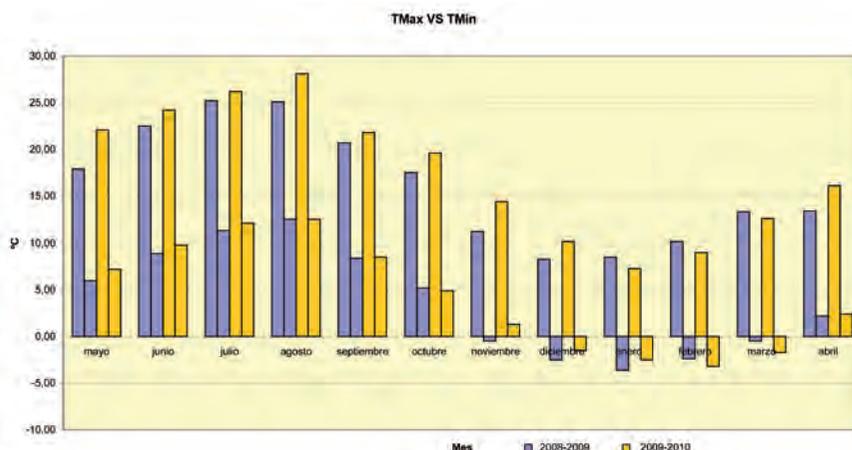


Figura 6. Amplitud térmica. Variación entre máximas y mínimas durante el mismo mes

máximas pluviométricas en el ciclo primero (2008-2009) son en primavera (abril/mayo) y en otoño (noviembre/diciembre), pero en cambio, en el segundo (2009-2010), la pluviometría es bastante irregular y las máximas pluviométricas se dan en verano (junio/julio).

Las pluviometrías acumuladas en estos dos periodos son de 1.289,10 mm y 636,20 mm respectivamente. El primer periodo es más húmedo de lo normal, mientras que el segundo está por debajo de la media. Hay

una variación entre ciclos de casi 400 mm.

En referencia a la temperatura la media anual correspondería a 9 °C y 10,4 °C con una amplitud térmica media anual de unos 13 °C y 13,4 °C respectivamente.

4. Situación geológica y descripción litológica

La zona de estudio se enmarca dentro del Pirineo oriental, dentro de un sistema de cabalgamientos y pliegues que delimitan

diferentes mantos estructurales. Los cabalgamientos ponen en contacto formaciones diversas de diferentes épocas y litologías. Concretamente en la zona de estudio, los materiales secundarios (Cretácico-Paleoceno) cabalgan sobre los primarios (Pérmico). Todos ellos se disponen en una dirección general E-W. Posteriormente, durante la época Cuaternaria, se producen diferentes procesos erosivos que meteorizan los materiales antiguos depositándolos en las zonas deprimidas configurando depósitos de origen aluvial y coluvial.

En este talud se identifican tres litologías (figura 7):

- **L1:** Unidad Superior del Garumniense (Cretácico). Calizas grises muy fracturadas de color gris azulado con pequeños filones de calcita e intercalaciones de margas gris marronas entre los estratos. Sus capas tienen una orientación 120/42° y su potencia es de 50-60 cm.
- **L2:** Unidad Inferior del Garumniense (Cretácico). Arcillas rojas dispuestas en estratos milimétricos desmenuzados que le otorgan una apariencia y características de suelo. Se intercalan con calizas micríticas muy fracturadas de potencia media, de unos 50 cm, y de orientación idéntica a las anteriores. Las arcillas tienen alto contenido en agua que les confiere una plasticidad alta. Según clasificación textural de suelos, su matriz corresponde a un suelo entre franco arcillo-arenoso y arcillo-arenoso, con porcentajes aproximados de arena 64,42%, limo 3,23% y arcilla 32,34%.
- **L3:** Cuaternario. Depositado horizontalmente sobre las litologías **L1** y **L2**. Su contacto es discordante y su base erosiva. Se subdivide verticalmente en:
 - **L3a:** Parte inferior: terraza media del río Ter. Depósitos heterométricos granodecrecientes, que en su base acumulan clastos redondeados de tamaño que varía entre 5 y 30 cm de origen metamórfico y que decrecen verticalmente. La matriz es arenosa de color rojo. Contiene menor cantidad de agua que **L2**.
 - **L3b:** Parte superior: depósitos coluviales. Es una capa con clastos heterométricos angulosos de roca caliza de tamaño variable, entre



Figura 7. Esquema de las diferentes litologías que caracterizan el talud



Figura 8. División del talud por consistencia. R: área roca y T: área tierras



Figura 9. División del área de tierras del talud según tratamiento aplicado.

1-20 cm, y una matriz arenosa arcillosa de color marrón rojiza.

En general su textura corresponde a un suelo arenoso-franco con porcentajes aproximados de arena 86,36%, limo 3,46% y arcilla 11,53%.

5. Medidas correctoras aplicadas

A partir de las litologías del apartado 4

se distinguen dos zonas (figura 8): la que corresponde a la litología L1 (roca) y el resto que correspondería a las litologías L2 y L3 (tierras).

Para evitar la erosión se han aplicado diferentes técnicas en estas dos zonas. En la zona de roca tan sólo se ha ejecutado la instalación de una malla de triple torsión al ser imposible la aplicación de técnicas de revegetación. En la otra zona, al estar formada por materiales que presentan una

matriz blanda, se optó por la aplicación de la malla de triple torsión y técnicas de revegetación.

En el área T se implementaron dos técnicas diferentes de revegetación: aplicación de una hidromanta (T1) y aplicación de hidrosiembra junto a la instalación de una malla de yute (T2) (figura 9).

Se escogieron estos dos tipos de revegetación porque no era necesario hacer una actuación previa sobre el talud (desbroce y retaluzado) y así aprovechar el poco cubrimiento existente y el posible banco de semillas autóctonas.

5.1. Descripción de las técnicas y materiales utilizados

Hidrosiembra: proyección con cañón o manguera, en una o varias fases, de una mezcla de agua y una serie de productos, semillas, fertilizantes orgánicos e inorgánicos, fibras vegetales y un estabilizante adherente natural, con el objetivo de conseguir una cubierta herbácea inicial que sirva como base vegetal para el posterior esta-

Tabla 1. Componentes y dosis. Hidrosiembra

Componente	Dosis
Agua	2 l/m ²
Semillas	30 g/m ²
Paja de cereal picada	90 g/m ²
Mulch	60 g/m ²
Estabilizante	20 g/m ²
Abono mineral	20 g/m ²
Abono orgánico	30 g/m ²

Tabla 2. Porcentaje de especies. Hidrosiembra

Especie	Porcentaje (%)
<i>Phleum pratense</i>	15
<i>Festuca rubra</i>	25
<i>Bromus inermis</i>	15
<i>Agropyrum cristatum</i>	10
<i>Trifolium pratense</i>	15
<i>Onobrychis viciaefolia</i>	20

Tabla 3. Componente y dosis. Hidromanta

Componente	Dosis
Agua	3 l/m ²
Semillas	30 g/m ²
Fibras + ligantes	300 g/m ²
Abono mineral	20 g/m ²
Abono orgánico	30 g/m ²

blecimiento de especies autóctonas. Las semillas son una mezcla de especies adaptadas agroclimáticamente a la zona. En este caso, la mezcla de semillas utilizada estaba formada por un 65% de gramíneas y un 35% de leguminosas (tablas 1 y 2).

Red de yute: está compuesta por fibras vegetales biodegradables que favorecen el desarrollo de la vegetación gracias al aporte de materia orgánica que facilita el crecimiento de las plantas. El desarrollo de la estructura reticular aumenta de manera progresiva la resistencia del talud, proporcionando una protección natural frente a

Tabla 4. Valoración económica aproximada del coste de cada tratamiento

Tratamiento 1		Tratamiento 2	
Hidromanta	3,5-4 €/m ²	Red de yute	6-7 €/m ²
Malla TT	8-9 €/m ²	Hidrosiembra	1-1,5 €/m ²
		Malla TT	8-9 €/m ²
Total	11,5-13 €/m²	Total	15-17,5 €/m²

los efectos de la erosión. Estas redes se fabrican con diversas densidades, la que se utilizó en este caso tenía una densidad de 500 g/m².

Hidromanta: es una mezcla de fibras de madera, agentes ligantes especiales, activadores orgánicos y minerales. Aplicada por proyección hidráulica, de manera similar a la hidrosiembra, se adapta perfectamente a toda la superficie del terreno formando una membrana fibrilar que permite la conservación del suelo y de las semillas. Una vez instalada la vegetación, esta hidromanta se biodegrada enriqueciendo el terreno (tabla 3).

La mezcla de semillas que se utilizó fue la misma que para la hidrosiembra. Es importante destacar que tanto la red de yute como la hidromanta actúan como reservorio hídrico.

Malla de triple torsión: es una malla de alambre de acero galvanizado, de torsión triple y tejido simple, con capacidad para resistir determinados esfuerzos de tracción, si se encuentra convenientemente vinculado. El tipo de malla corresponde a 5x7-13, alambre Ø2 mm que debe cumplir con las normas UNE 36-722, UNE 37-502 y UNE 37-506. La resistencia media de rotura a tracción longitudinal es de 33,74 kN/m de ancho de tela. La resistencia media de rotura a tracción transversal es de 20,73 kN/m de ancho de tela.

En cuanto a los costes de cada tratamiento presentamos la tabla 4.

La hidromanta es una técnica más eco-

nómica que la red de yute+hidrosiembra. La diferencia de coste entre la hidromanta y la red de yute+hidrosiembra es de aproximadamente del 50%.

6. Descripción del método de seguimiento y resultados

El método de seguimiento se basa en la observación de la evolución de la cobertura vegetal de varias superficies diferentes a lo largo del tiempo mediante comparaciones cromáticas sobre fotografías. Estas fotografías se han realizado desde el mismo punto, a una distancia de 400-450 m del talud y a una cota 1 025 m. Las fotografías se tomaron con un teleobjetivo para evitar posibles distorsiones.

Para medir la evolución del cubrimiento se ha utilizado un criterio adimensional, como es el porcentaje, para evitar posibles errores de escala en las fotografías. Los porcentajes se han calculado en referencia al área considerada y en función de dos criterios:

- Evolución en el tiempo del cubrimiento según tratamiento (T1, T2).
- Evolución en el tiempo del cubrimiento según litologías y tratamiento.

Se tomaron 4 fotografías en este periodo del estudio según los pies de foto.

6.1. Cubrimiento por áreas de tratamiento (figuras 10, 11, 12 y 13)



Figura 10. 14/05/2008. Estado inicial

6.2. Cubrimiento por litologías y tratamiento (figuras 14, 15, 16 y 17)

Las *tablas 5 y 6* muestran los resultados obtenidos:

- La parte del talud situada por encima de la cuneta intermedia no presenta un estado de colonización aceptable. Esta zona corresponde a tramos con pendiente superior a 45°.
- Ninguna de las 2 técnicas utilizadas ofrece resultados satisfactorios sobre los afloramientos rocosos presentes en ambas zonas de estudio.
- Se han reducido los desprendimientos que colmataban la cuneta inferior, mejorando de esta manera el estado de conservación de la misma.

Tabla 5. Resultados cubrimiento por tratamiento

Tratamiento	% Cubrimiento Estado inicial	% Cubrimiento a 76 días	% Cubrimiento a 322 días	% Cubrimiento a 734 días
T1	3,70	18,56	40,05	59,86
T2	7,53	43,47	57,03	73,98

Tabla 6. Resultados cubrimiento por tratamiento y litología

Tratamiento x Litología	% Cubrimiento Estado inicial	% Cubrimiento a 76 días	% Cubrimiento a 322 días	% Cubrimiento a 734 días
T1-L3	4,66	15,61	42,94	56,01
T1-L2	0,48	42,24	39,47	60,92
T2-L3	10,40	37,76	53,96	77,13
T2-L2	2,36	56,57	63,41	69,38

- Inicialmente, en la zona tratada con red de yute e hidrosiembra se establece una cubierta vegetal en un plazo menor de tiempo que en la zona tratada con hidromanta, aunque a largo plazo ambas superficies recubiertas tienden a igualarse.
- En las zonas donde la pendiente es superior a 45° la red de yute más la hidrosiembra da mejor resultado que la hidromanta.
- En relación al paisaje, se observa que la integración paisajística ha dado unos resultados óptimos.



Figura 11. 17/09/08. A los 76 días de la ejecución del tratamiento



Figura 12. 21/05/09. A los 322 días de la ejecución del tratamiento



Figura 13. 18/05/10. A los 734 días de la ejecución del tratamiento



Figura 14. 14/05/2008. Estado inicial



Figura 15. 17/09/08. A los 76 días de la ejecución tratamiento



Figura 16. 21/05/09. A los 322 días de la ejecución del tratamiento

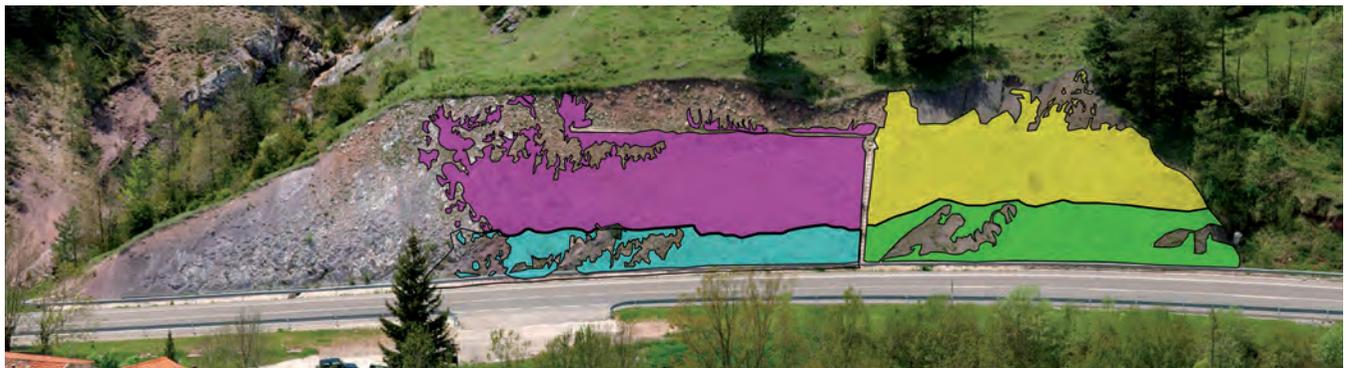


Figura 17. 18/05/10. A los 734 días de la ejecución del tratamiento

T1 (Hidromanta)	T1-L3 (Hidromanta-Cuaternario)	T2-L3 (Manta yute + hidrosiembra-Cuaternario)
T2 (Manta de yute + hidrosiembra)	T1-L2 (Hidromanta-Garumniense)	T2-L2 (Manta de yute + hidrosiembra - Garumniense)

- La pluviometría acumulada entre mayo 2008 y abril 2009 (año más lluvioso de lo normal) y mayo 2009 y abril 2010 varía

casi 400 mm, sin embargo el efecto de esta diferencia en la evolución de la cubierta vegetal del talud no es apreciable.

7. Conclusiones

- Durante los dos primeros años que la carretera estuvo en servicio no aparecieron indicios de revegetación. Sin embargo dos años después de ejecutar los tratamientos está revegetado y completamente integrado.

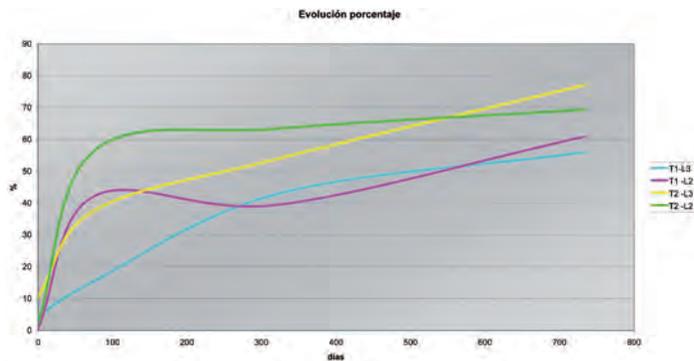


Figura 18. Evolución del porcentaje de cubrimiento en el tiempo

- La geometría del talud, en la zona situada por encima de la berma, favorece la aparición de procesos de erosión remontante que impiden el establecimiento de una cubierta vegetal protectora.
- Los afloramientos rocosos no son susceptibles de una revegetación óptima.
- La vegetación introducida ha actuado como elemento difusor de la erosión superficial, impidiendo el lavado de la matriz y por consiguiente el desprendimiento de los elementos aglutinados por ésta.
- El porcentaje de recubrimiento vegetal de la superficie del talud obtenido puede considerarse como un éxito, siendo totalmente independiente de la litología presente.
- En principio cualquiera de las dos técnicas es válida para conseguir a largo plazo el recubrimiento vegetal de la superficie del talud. El tiempo de respuesta se reduce considerablemente en la zona tratada con red de yute e hidrosiembra, independientemente de la litología presente.
- La hidromanta es el tratamiento más rentable (aproximadamente 50%) para aquellos casos que se requiera una cubierta vegetal a largo plazo.
- La hidrosiembra reforzada con la instalación de una red de yute parece una técnica más adecuada que la hidromanta para utilizar en zonas o casos donde se requiera el establecimiento de una cubierta vegetal de forma rápida.
- La mayor cantidad de material susceptible de almacenar agua dispuesta en superficie por la red de yute con hidrosiembra, con respecto al de la hidromanta, parece ser el elemento que facilita el establecimiento de una cubierta vegetal en un menor plazo de tiempo.
- Este diferencial de material podría igualarse si se aumentara la dosificación de la hidromanta, lo cual aumentaría su precio, disminuyendo su rentabilidad frente a la red de yute con hidrosiembra.
- En pendientes superiores a 45°, las hidrosiembras protegidas (mantas o redes orgánicas + hidrosiembra) dan mejor resultado. Necesitaríamos más ensayos para determinar la relación técnica a aplicar versus ángulo de la pendiente.
- Una vez iniciado el ciclo de revegetación, la cubierta vegetal evoluciona independientemente de la variación de la pluviometría, y son otros factores los que les afectan.

Referencias

- Folch i Guillèn, R., 1981. *La vegetació dels Països Catalans*. Ketres Editora Barcelona.
- ICC, 2006. *Mapa geològic comarcal de Catalunya 1:50.000*, Ripollès. 31.
- Portillo, E., Gutiérrez, J.A., 2004. *Estabilización de un talud de gran altura con estabilidades sucesivas inversas*. IV simposio nacional de geotecnia vial. 649-657.
- Puente de la, A., Nuez de la, A., Lucas, H., Valle, A., 2009. *Evaluación del estado*



Figura 19. Estado inicial talud



Figura 20. Estado talud 21/05/2009



Figura 21. Estado talud 18/05/2010

de la cobertura vegetal de un talud hidrosembrado. *Rutas*, 31: 15-28.

Riba i Arderiu, O., de Bolòs i Capdevila, O., Panareda i Clopés, J.M., Nuet i Badia, J., Gonsàlvez i Noguera, J., 1979. *Geografía física dels Països Catalans*. Ketres Editora. Barcelona.

<http://www20.gencat.cat/portal/site/DAR>

<http://mediambient.gencat.cat/cat/inici.jsp>

http://wwwcatpaisatge.net/fitxers/cartes/carta_vall_camprodon_diagnosi.pdf

http://www.meteo.cat/mediamb_xemec/servmet/

<http://www.usda.gov/> ❖



Sistemas de Ahorro Energético y
Telegestión en Iluminación de:



Aeropuertos
Estaciones
Talleres
Autopistas
Túneles
Viales

En iluminación un
ahorro energético del

60% es mucho y
telegestionar su
sistema punto a punto al
100% sin realizar
ninguna obra civil es
optimizar sus recursos





VELASCO

Obras y Servicios

Construcción pública y privada
Infraestructuras, edificación, obra civil,
concesiones, conservación y servicios



grupo
Velasco



Velasco
Ciclo
Trascasares
Covisa

Madrid
Arturo Soria, 261
28033 Madrid
T912 770 600
F 912 770 614
www.velascogrupo.com

30 Aniversario



AGROCAJA

Paseo de la Libertad, 14, 1º
02001 ALBACETE

**EÓLICA
BIOMASA
SOLAR
CARRETERAS
REGADÍOS**



Puesta en servicio de la Variante de Casas Ibáñez en la N-322 (Albacete)

Santiago García Gallardo
ICCP y Director de las obras
(Demarcación de Carreteras del Estado en Castilla-La Mancha)



El pasado 30 de junio de 2011, el Ministerio de Fomento puso en servicio la variante de Casas Ibáñez de la carretera N-322, en la provincia de Albacete, de 6,39 km de longitud troncal, a los que se les suma más de 8 km de caminos de servicio. Esta actuación da continuidad a la variante de Fuentealbilla, abierta al tráfico en el mismo día, y ha contado con un presupuesto de 15,05 millones de euros y un plazo de ejecución de 24 meses.

El nuevo trazado transcurre al sur de la población del municipio de Casas Ibáñez y permite independizar los tráficos generados por la población de los de medio y largo recorrido, aumentando la seguridad vial.

Situación anterior a las obras

La travesía de Casas Ibáñez tenía una longitud de dos kilómetros, contando como travesía desde el polígono industrial hasta las inmediaciones de la ermita. Como se puede observar en el croquis, presentaba problemas importantes de trazado (curvas cerradas, poca visibilidad, intersecciones con carreteras locales en el núcleo urbano).

Por otra parte, soportaba los problemas inherentes a cualquier travesía urbana de una carretera de largo recorrido: inseguridad por el paso continuo de vehículos que deben acomodar su velocidad a la del entorno urbano e incomodidad para la población por la utilización de una infraestructura cuyas características no se adaptan al uso urbano.

La construcción de la variante de Casas Ibáñez ha respondido, en todo caso, más a la necesidad de mejorar esta situación de inseguridad e incomodidad que a la de aumentar la capacidad de la vía. No obstante, la nueva variante, gracias a sus características geométricas y a la mejora de las conexiones con el viario local, mejorará notablemente la capacidad y la comodidad de la carretera.

Trazado

El trazado de la carretera N-322 -que en lo sucesivo pasaremos a denominar N-322a, tal y como se ha convenido denominar al tramo objeto de esta variante-



Enlace Oeste, p.k. 0+600

mienza a 3 km del centro urbano del municipio, a la altura de su p.k. 403+200.

Los quiebros en el trazado, las múltiples intersecciones y, en fin, la presencia de todos los elementos urbanos habituales, acarrea los inconvenientes que ya se han comentado en apartados anteriores. Además, del centro de la travesía parten las carreteras autonómicas CM-3218 Y CM-3201, así como la carretera local AB-880. La CM-3218 parte del mismo Casas Ibáñez, en dirección a la localidad de Abengibre.

Así mismo, hay que tener en cuenta que la AB-880 es una carretera de la red de la Diputación Provincial de Albacete, que une las localidades de Casas Ibáñez y Jorquera, y que la CM-3201 procede de la localidad de Villamalea, al noroeste de Casas Ibáñez, y termina en la autovía de Alicante, tras pasar por los municipios de Casas Ibáñez,

Alcalá del Júcar, Alatoz y Alpera.

Finalmente, y saliendo de Casas Ibáñez, en sentido a Valencia, entre los pp.kk. 406+500 y 409+500 (final de la variante), se repite otra vez el esquema inicial: una alineación recta de gran longitud, en terreno llano.

Por todo ello, el trazado debe adaptarse no sólo a las prescripciones de la normativa actual, sino también a las características del tráfico que soporta, que, en su gran mayoría es de largo recorrido, minimizando el efecto de la travesía urbana para el tráfico en tránsito, pero más aún para la población de Casas Ibáñez, y se debía facilitar la conexión con la red viaria secundaria, esto es, con las dos carreteras autonómicas que conectan Casas Ibáñez con Abengibre (CM-3218) y Alcalá del Júcar (CM-3201), y con la carretera de la red de la Diputación Provincial local hacia Jorquera (AB-880)

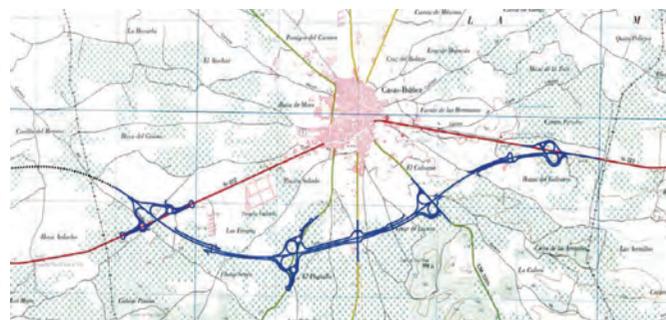
teniendo siempre presente la necesidad de prever una adecuada permeabilidad transversal de una infraestructura que se diseña con el mandato de impedir los accesos directos a la misma. Esta adecuada permeabilidad transversal se traduce no solo en un número suficiente de pasos y reposiciones de camino, sino también en un trazado adecuado de los mismos.

Criterios de diseño

Además de los criterios de diseño recogidos en el Estudio Informativo y en la Orden de Estudio, y de acuerdo con la Dirección del proyecto, desde el inicio de su desarrollo se propuso hacer un diseño de esta variante de manera que sus características geométricas fuesen suficientes para una futura calzada de autovía. De esta forma y si en el futuro se planease una du-



Trazado anterior



Trazado actual

Infraestructuras Viarias



Enlace Este, p.k. 5+700

plicación de este tramo de la N-322, ésta no precisaría de actuación alguna sobre la calzada actual, sino sólo la construcción de una calzada paralela. Aunque en el Plan Especial de Infraestructuras del Transporte, que en la actualidad enmarca su planificación, no contempla en este tramo nada más que su mejora (objeto del proyecto que nos ocupa), no es menos cierto que estas variantes forman parte de un corredor transversal de gran importancia en la Red de Carreteras del Estado, entre Córdoba y

Valencia. En este corredor, el Ministerio de Fomento ha promovido su conversión en autovía del tramo entre Linares y Albacete, que se encuentra en diversas fases de proyecto o ejecución. En esta situación no parece ilógico prever que, cuando esté en funcionamiento la autovía entre Linares y Albacete, sea preciso planificar la duplicación del tramo restante hasta Requena y Valencia, dada la importancia de esta zona central del "arco mediterráneo".

Además, las características geomé-

tricas de las carreteras tipo C-100 -como las de esta variante- no difieren de manera importante de las exigidas para una AV-120, atendiendo a las prescripciones de la Instrucción vigente de trazado geométrico "3.1 IC" y a las características topográficas y geotécnicas del terreno que ocupa esta variante.

Por otro lado, se ha puesto especial atención en la conexión de los caminos repuestos a la red de carreteras locales siguiendo el criterio general de que las conexiones tengan características lo más parecidas posible a las originales, pero atendiendo inexcusablemente a la limitación de accesos a la variante que prescribe la Orden de Estudio de este proyecto.

En definitiva y como la mayor parte de las dificultades de una duplicación se centran en la geometría del trazado, en las obras de paso, en el drenaje y, en algunos casos, en los servicios afectados, se han tenido en cuenta todas estas razones y se han solucionado a la hora de la construcción de esta nueva variante, para su futura posible conversión en calzada de autovía.

La nueva variante

La Variante de Casas Ibáñez se ha diseñado para una velocidad de 100 km/h (C-100), con radios mínimo en planta de 2 000 m y máximo de 2 300 m, pendientes mínima de 0,40% y máxima del 3%, y parámetros de acuerdos mínimo cóncavo de 25 000 m y mínimo convexo de 33 000 m.

Secciones transversal y del firme

La sección transversal se compone de una calzada, de dos carriles de 3,5 m de anchura cada uno, arcenes de 1,5 m y bermas de 1 m, lo que suman una plataforma de 12 m de anchura.

La sección del firme en el tronco se corresponde con la 231 y está formada por un bloque de mezclas bituminosas en caliente compuesto por una capa de base de 11 cm de G-25 sobre la que se extiende una base intermedia de 6 cm de S-20 y una capa de rodadura de 3 cm de M-10

Enlaces y estructuras

A lo largo del trazado se han dispuesto un total de 4 enlaces, que permiten todos los movimientos con las carreteras que cruzan, y una intersección a distinto nivel.

En el p.k. 0+600 se ha construido el de-



nominado Enlace Oeste, de tipo trébol de dos cuadrantes con dos glorietas, y desde el que se accede a la actual N-322 a.

En el p.k. 2+400 se ha dispuesto el Enlace con la CM-3218, también de tipo trébol de dos cuadrantes con dos glorietas. Este enlace facilita la conexión con la actual CM-3218 y, mediante la vía de servicio que discurre paralela al tronco, a la carretera AB-880.

En el p.k. 4+200 nos encontramos con el Enlace con la CM-3201, de tipo trébol de dos cuadrantes y que da servicio a la actual CM-3201.

Finalmente, en el p.k. 5+700 se construyó el último de los cuatro enlaces: Enlace Este, de tipo trompeta con una glorieta, y que da acceso a la actual N-322 a.

Además y como se ha mencionado, en el p.k. 3+200 se produce la Intersección con la carretera de la Diputación AB-880 mediante paso un paso inferior. A esta carretera se puede acceder mediante la vía de servicio que discurre paralela al trazado, entre el p.k. 2+400 y p.k. 3+200, por medio de la glorieta norte del enlace con la CM-3218.

En cuanto al resto de estructuras, a lo

largo del tramo abierto al tráfico se han dispuesto un total de 6 pasos superiores de un vano, con viga monocajón sobre pilas y estribos de tierra armada, y 2 pasos inferiores, de 1 vano, de vigas doble T sobre estribos de hormigón armado.

Impacto ambiental

La principal medida de integración ambiental en la obra se ha basado en una adecuada compensación de tierras, intentando que la propia traza sirva tanto de préstamo como de vertedero. Es decir, que además de procurar extraer de la traza los materiales necesarios, se habilitaron los medios necesarios para que, en caso de tener que utilizar vertederos, estos fueran en zonas de la propia traza. Para ello se tuvieron en cuenta diversas soluciones: tender los taludes de terraplén (que, además, beneficia su integración medioambiental), rellenar las zonas entre los ramales en los enlaces, y se realizaron las plantaciones necesarias para la integración de la obra en el entorno. Además, cabe reseñar el minucioso seguimiento ambiental y arqueológico durante la fase de ejecución, en consonancia con los planteamientos desarrollados en el proyecto de construcción. ❖

Unidades de obra más importantes	
Desbroce del terreno	456 653 m ²
Excavación de tierra vegetal	285 958 m ³
Excavación en desmonte	517 542 m ³
Terraplén de traza	473 224 m ³
Terraplén de préstamo	49 494 m ³
Formación de explanada con suelo adecuado de préstamo	147 304 m ³
Suelo estabilizado con cemento S-EST-3	70 559 m ³
Formación de vertedero	124 381 m ³
Muro de suelo reforzado	2 626 m ²
Hormigones	12 600 m ³
Extendido de ZA-25	64 000 m ³
Extendido de MBC	67 000 t



Tronco de variante, p.k. 2+000 a p.k. 3+000 y vía de servicio hacia la AB-880

Ficha técnica

Propiedad:

SEITT

(Sociedad Estatal de Infraestructuras de Transporte Terrestre)

Director del proyecto:

**D. Isidoro B. Picazo Valera
ICCP (Ministerio de Fomento)**

Dirección de obra:

**D. Santiago García Gallardo
ICCP (Ministerio de Fomento)
D. Rafael Martínez Valiente
ITOP (Ministerio de Fomento)**

Empresa contratista de las obras:

**UTE Variante de Casas Ibáñez
(Velasco Obras y Servicios 80%-
Agrocaja 20%)**

Gerente de la UTE:

**D. Emilio Arribas Gómez
ICCP (Velasco Obras y Servicios)**

Jefe de Obra de la UTE:

**D. José Manuel Garrido Navarro
ICCP (Velasco Obras y Servicios)**

Jefe de Producción de la UTE:

**Dña. M^ª del Carmen Rubio Rodríguez
ICCP (Agrocaja)**

Asistencia Técnica:

UTE Casas Ibáñez (Ginprosa- Cemat)

**D. Óscar Alonso Álvarez
ICCP (Ginprosa)**

**Dña. Justa Campos Rico
ITOP (Cemat)**



EMPRESA CONSTRUCTORA DE LAS OBRAS DE ACCESO AL NUEVO AEROPUERTO DE LA REGIÓN DE MURCIA DESDE LA AUTOVÍA A-30 (MURCIA-CARTAGENA)

Especialistas en construcción de obra pública



MURCIA: Avenida del Rocío nº16, 5º A - 30007





Vista general de la obra en sentido Cartagena-Murcia, con el enlace en el p.k. 164 en primer plano, y el enlace en el p.k. 161, al fondo, con la rotonda de enlace entre el Acceso Norte y el Acceso Sur en el margen izquierdo.

Finalizada la autovía de Acceso al Aeropuerto Internacional de Murcia

Juan José Parrilla Cánovas
ICCP y Director de las obras

El presidente de la Comunidad Autónoma, D. Ramón Luis Valcárcel, inauguró el 3 de junio de 2011 la autovía de Acceso al Aeropuerto Internacional de la Región de Murcia y los enlaces desde la A-30 (Murcia-Cartagena), que ha supuesto una inversión aproximada de 28,6 millones de euros por parte del Gobierno murciano y que podrá atender una IMD de 30 000 vehículos.

En dicho acto, el Presidente regional, que estuvo acompañado por el consejero de Obras Públicas y Ordenación del Territorio, D. José Ballesta, indicó que la autovía quedaba abierta al tráfico desde los enlaces con la autovía de Murcia-Cartagena hasta su conexión con las carreteras de Corvera y Los Martínez del Puerto, y está prevista la puesta en funcionamiento de todo su trazado una vez concluyan las obras del Aeropuerto Internacional en 2011 que, en su fase inicial, podrá atender el tráfico de 3 millones de pasajeros y que podrá llegar, en

la última fase de su ampliación, hasta los 12 millones de pasajeros al año.

Para el desarrollo de esta infraestructura, el Gobierno regional decidió crear y adecuar un sistema viario, apoyado en la red existente, por lo que se previeron dos corredores principales que facilitarían el acceso al aeropuerto: por un lado, el **Acceso Norte**, que dará servicio a los vehículos que procedan de la Autovía A-30, absorbiendo los tráficos procedentes de Murcia y Cartagena; y el **Acceso Sur**, que recogerá el tráfico procedente de las autovías auto-



Panorámica desde el enlace en el p.k. 161 hacia el Nuevo Aeropuerto de la Región de Murcia mediante el Acceso Norte

nómicas RM-2 (Alhama de Murcia-Campo de Cartagena), RM-3 (Totana-Mazarrón), RM-23 (que conecta las RM-2 y RM-3) y RM-19 Autovía del Mar Menor), así como de la autovía estatal A-7 (Autovía del Mediterráneo) y de la autopista AP-7, a través de la carretera autonómica RM-601, absorbiendo los tráficos procedentes del resto de la región.

La infraestructura que se describe a continuación se ha dividido en dos tramos:

la obra de remodelación de los enlaces con la autovía A-30 (pp.kk. 161 y 164) y los viales de acceso al aeropuerto.

Enlaces y estructuras

Desde su concepción, y en lo que se refiere al acceso Norte, se plantearon los viales de conexión con el aeropuerto desde la A-30 en forma de "Y". Así, las conexiones con la citada autovía se diseñaron en los

pp.kk. 161 y 164, donde ya existían sendos enlaces cuyas características se han mejorado para permitir una conexión adecuada con el aeropuerto a través de vías de alta capacidad.

Los nuevos enlaces tienen características geométricas de diamante con macroglorieta central a distinto nivel, solución que optimiza los giros a la izquierda -los más conflictivos desde el punto de vista de la seguridad vial- para garantizar la mayor

fluidez posible de la circulación, y, con ello, optimizar la capacidad de los enlaces.

El **enlace en el p.k. 161** dispone de una glorieta de 150 m de diámetro interior y 8 m de calzada para regular todos los movimientos, quedando resueltas las entradas y salidas con ramales directos de 7 m de anchura, con 2 carriles de 3,5 m cada uno. La glorieta recoge, además, el Acceso Norte al aeropuerto, constituido por dos calzadas de 2 carriles cada una.

Este nuevo enlace ocupa parcialmente el espacio de la conexión existente, aprovechando parte de los terraplenes de los ramales actuales, mientras que el paso superior sobre la A-30 se elimina para construir dos nuevas estructuras de planta curva, con tablero mixto de 10,5 m de anchura, 1,5 m de canto y 2 vanos de 24,5 m de luz. Así mismo, se ha previsto la disposición de una pila en la mediana de la autovía compatible con las futuras ampliaciones previstas. La adopción de estructuras con tablero mixto permite minimizar durante su ejecución las posibles afecciones al tráfico de la autovía, siendo éste uno de los condicionantes del diseño.

En cuanto al **enlace en el p.k. 164**, este se ha diseñado con una geometría similar, tanto en dimensiones de la glorieta como en sus conexiones directas con la A-30. La glorieta permite la conexión con el Acceso Sur al aeropuerto, resuelto igualmente con dos calzadas de 2 carriles cada una, y da servicio a un ramal de conexión con futuros viales y a un nuevo ramal que repone la carretera autonómica F-21 de acceso a la pedanía de Los Martínez del Puerto.

Su remodelación ha requerido la construcción de sendos pasos superiores sobre la autovía, con las mismas características que los del anterior, siendo necesario, además, demoler el paso superior existente.

La actuación se completa con la reposición de los tramos de vías de servicio afectadas, para lo que se ha requerido 4 pasos inferiores de sección rectangular de 10 m de ancho por 5,5 m de alto.

También hay que destacar que en su diseño se ha tenido en cuenta la futura ampliación de la A-30 a tres carriles por sentido, de forma que las nuevas estructuras de paso sobre la autovía se han proyectado con luz suficiente para posibilitar una ampliación futura a 4 carriles por sentido de la circulación.

Además de los enlaces mencionados, el **enlace** entre el tronco y los Accesos Norte y Sur se resuelven con una estructura de tipo diamante a través de una macroglorieta superior sobre el tronco, de 100 m de radio.

Finalmente, y además de las estructuras propias de los enlaces con la A-30, en los accesos al aeropuerto también hay que destacar los viaductos diseñados sobre la rambla del Ciprés, construido con vigas

prefabricadas en dos vanos isostáticos de 22,50 metros de longitud. Consiste en dos tableros de 23,647 y 14,998 metros de anchura. Los viaductos dan servicio a ambas calzadas del tronco y al camino paralelo a ella por su margen izquierda, lo que permite salvar el camino existente en la margen derecha de la rambla, así como la reposición del Cordel de Fuente Álamo en su margen izquierda.



Visión desde la glorieta de enlace entre el Acceso Norte y el Acceso Sur hacia la unión con la Autovía A-30, mediante el Acceso Sur en el enlace del p.k. 164



Imagen tomada en la rotonda de enlace entre el Acceso Norte y el Acceso Sur hacia el Nuevo Aeropuerto de la Región de Murcia, situado al fondo de la imagen, donde se aprecia primero el paso del Cordel de Fuente Alamo seguido de la Rambla del Ciprés

Secciones tipo del trazado

La traza de los accesos desde la A-30 se han diseñado para una velocidad de 100 km/h, construyéndose dos calzadas separadas por una mediana de 4 m de anchura en el Acceso Sur y de 11 m en el tronco principal y Acceso Norte, permitiendo –en este caso– una futura ampliación a tres carriles por sentido de la circulación. La sección dispuesta para cada una de las calzadas es de 7 m de anchura, con arcenes exteriores de 2,5 m e interiores de 1,0 m.

En cuanto a la sección del firme, se adopta la sección 232 de la Instrucción,

compuesta por 3 cm de mezcla bituminosa discontinua en caliente tipo BBTM 11B en capa de rodadura, 5 cm de mezcla bituminosa en caliente tipo AC22 bin S en capa intermedia, 7 cm de mezcla bituminosa en caliente tipo AC22 base S MAM en capa de base y 20 cm de suelo-cemento tipo SC40 en capa de subbase.

Finalmente hay que añadir que, para mejorar la calidad paisajística del ramal que da acceso directo a la infraestructura y que actúa como puerta de entrada y salida al recinto, se ha instalado un sistema de iluminación de última generación, con un diseño que reduce el consumo energético

Ficha técnica

Titular:

Comunidad Autónoma
de la Región de Murcia
Consejería de Obras Públicas
y Ordenación del Territorio

Dirección de las obras:

D. Juan José Parrilla Cánovas, ICCP

Obras Accesos

Empresas constructoras:

Arpo Empresa Constructora, S.A. y
Grupo Generala de Servicios Integrales,
Proyectos Medioambientales,
Construcciones y Obras, S.L.

Jefatura de las obras:

Gerente:

D. Juan Carlos Gibert Ruigómez, ICCP
(Arpo)

Jefe de obra:

D. Antonio Miguel Pina Sánchez, ICCP
(Grupo Generala)

Jefe de Producción:

D. David Merino Pérez, ICCP
(Arpo)

Asistencia técnica:

Instituto Técnico de la Construcción, S.A.

Obras Enlaces

Empresas constructoras:

UTE Vías y Construcciones y ETOSA

Jefatura de las obras:

Gerente:

D. Jesús Gómez Zapata, ICCP

Jefe de obra:

D. José Miguel Ferrando Fons, ICCP

Jefe de Producción:

Dña. Esther Gil Cabezo, ICCP y
Dña. Vanessa Fernández González, ICCP

Control de calidad:

Laboratorios del Sureste

Unidades más importantes (mediciones aproximadas)

Escollera de 200 kg de peso	35 000 m ³
Hormigón	38 000 m ³
Acero	1 700 t
Mezclas bituminosas en caliente	50 000 t
Zahorra	30 000 t

respecto a las luminarias convencionales. Además, se ha construido también un carril bici que discurre paralelo a la autovía, por la margen izquierda del tronco y del Acceso norte, y que tendrá continuidad en el propio recinto aeroportuario hasta la carretera RM-601, facilitando el tránsito en bicicleta por la zona. ❖

EL MAYOR DESAFÍO ES LLEGAR CADA DÍA MÁS LEJOS

Proyecto de construcción de mejora de trazado
y ampliación de plataforma de la carretera A-3314,
P.K. 19,300 (intersección con la carretera A-2622)
a P.K. 32,300 (Andagoia)



www.gruposyv.com



Finalizado el acondicionamiento de la carretera A-3314

Un paso más en la mejora de la red secundaria del Territorio Histórico de Álava

Miguel Ángel Ortiz de Landaluce
Jefe del Servicio de Carreteras
Ana Martínez de Antoñana Quintana
ICCP y Directora de las obras



Antecedentes

Con los grandes proyectos ya encarrilados, el objetivo a medio plazo de la Diputación Foral de Álava se dirige en los últimos años a la mejora de la red secundaria, tal y como se ha ido recogiendo en los instrumentos de planificación de carreteras de este Territorio Histórico.

Así, dentro del Plan Integral de Carreteras de Álava 2004-2015 se contemplaba, dentro del Programa “Mejora de trazado y ampliación de plataforma”, la actuación sobre la carretera A-3314 entre el p.k. 19,30 (intersección con la A-2622) y el p.k. 32,09 (intersección con la A-4356), actuación que finalmente se ha traducido en las obras de mejora que nos han ocupado durante 17 meses.

La carretera A-3314 es una carretera de la Red Local que da servicio a los núcleos de población del valle de Kuartango, siendo ésta su única alternativa viaria para entrar o salir del valle.

La carretera preexistente discurre en todo el tramo por zonas de topografía muy desigual, presentando diferentes problemas que ha sido necesario resolver a lo largo de su recorrido.

En el primer subtramo, entre los p.k. 19,300 y p.k. 20,250, se encuentra la travesía de Subijana Morillas, con edificaciones muy próximas a la carretera y muros laterales de cerramiento que la hacen más estrecha, con una sección transversal que apenas llegaba a los 5,00 metros.

A partir de la intersección con la A-3318 (p.k. 20,110, aproximadamente) se inicia el desfiladero de Techa, con un trazado accidentado a media ladera, con taludes en roca de gran altura y muros sobre el río Bayas, que llega hasta el p.k. 21,270, aproximadamente. En él se construyó, en 1960, un túnel de 230 metros de longitud (entre los pp.kk. 20,720 y 20,950), con un gálibo horizontal que impedía el cruce de dos vehículos con seguridad y con un gálibo vertical insuficiente.

A partir del p.k. 21,270 y hasta el p.k. 25,300 (intersección con la A-3316, en Zuazo de Kuartango), el trazado era ondulado, con una sección de calzada media de unos 5,50 metros, sin arcenes, y presentando un tramo accidentado entre los pp.kk.24,300 y 25,300. Desde Zuazo de Kuartango hasta



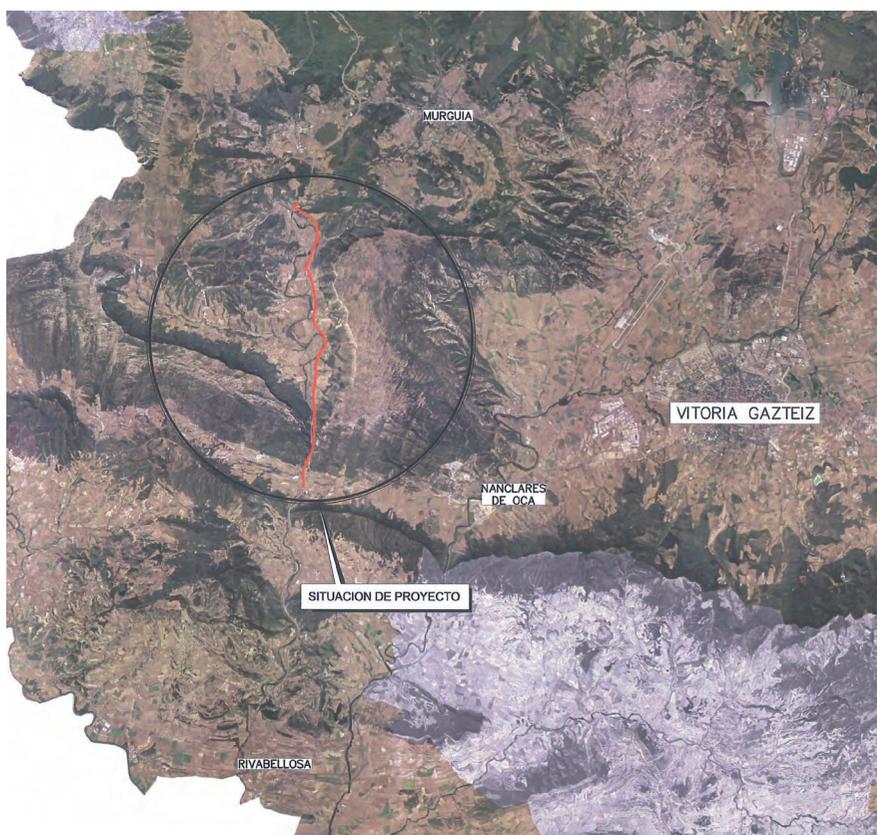
Desfiladero de Techa, una vez finalizadas las obras

Andagoia el trazado era más suave, con una sección de calzada de unos 5,00 metros, sin arcenes.

La geometría de la carretera en planta y alzado presentaba a lo largo de todo el recorrido un importante número de curvas cerradas, sin apenas visibilidad, lo que provocaba situaciones muy peligrosas desde el punto de vista de la seguridad vial.

Solución adoptada. Características generales

El objetivo global de mejora de la carretera ha sido ampliar la sección hasta lograr una anchura de calzada mínima de 6 metros, añadiéndose en las curvas el correspondiente sobreebancho de acuerdo con la Norma 3.1-IC, dotándole de arcenes la-



Situación del tramo



Túneles ferroviario y carretero

terales de 0,5 m y bermas de 0,5 m de los que antes carecía, y mejorando asimismo el trazado para adaptarlo a una velocidad de proyecto de 60 km/h, excepto en el tramo más accidentado, donde los parámetros de trazado empleados corresponden a una velocidad de proyecto de 50 km/h. Todo ello teniendo como premisa fundamental el respeto y protección del medio natural por el que discurre, así como la minimización del impacto ambiental.

Con una IMD en el año 2010 de 527 veh/día y un porcentaje de vehículos pesados del 3%, el tramo de carretera sobre el que se ha actuado tiene una longitud de 12 km, discurre por un entorno de marcado carácter rural y con un relieve variable, tal y como ya se ha comentado anteriormente, destacándose en su inicio la presencia del desfiladero de Techa, paso en el que convergen junto con la carretera A-3314, la línea de ferrocarril Castejón-Bilbao, el río Bayas (cauce éste que acompaña a la carretera en gran parte de su recorrido), y la autopista AP-68.

Es en este primer tramo donde, como consecuencia de la escasez de espacio y de la accidentalidad del relieve, la línea

de ferrocarril y la carretera A-3314 cruzan en túnel el macizo rocoso, atravesando las denominadas "Calizas de Subijana", compuestas por calizas bioclásticas intercaladas con calizas margosas estratificadas en capas potentes, mientras que la autopista salva el paso de este desfiladero apoyándose en un viaducto.

Ampliación del túnel de Techa

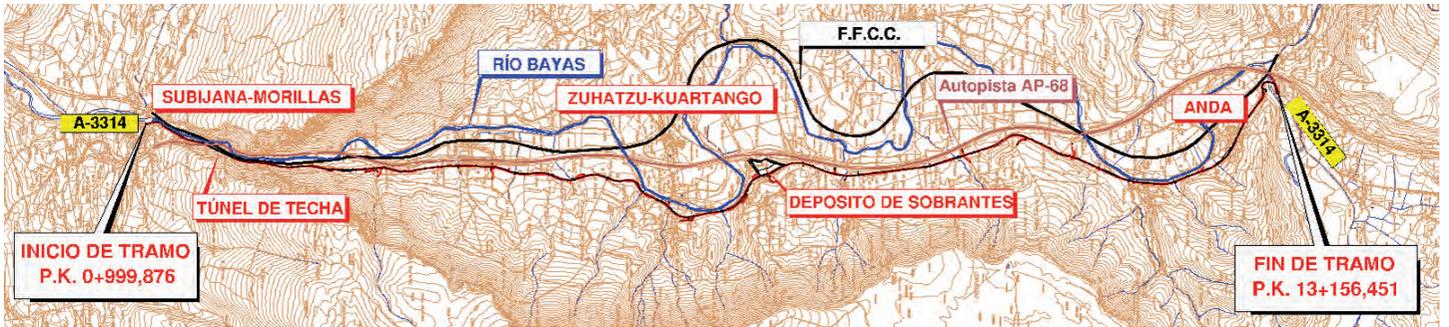
De los 12 kilómetros de mejora de la carretera, ha sido en este primer kilómetro y medio, coincidente con el tramo del desfiladero, donde se han localizado las actuaciones de mayor envergadura, entre las que se incluye la ampliación del túnel de Techa, galería de 230 m de longitud que discurre muy próxima y en paralelo al túnel del ferrocarril de la anteriormente citada línea Bilbao-Castejón, llegando a aproximarse estas dos infraestructuras lineales hasta distar 8,5 m entre sus dos hastiales en la boca norte de ambos túneles.

Esta proximidad obligó a ampliar la sección del túnel hacia el hastial derecho, y a controlar y registrar las vibraciones produci-

das por todas las voladuras ejecutadas, ya que el túnel ferroviario no contaba con sostenimiento alguno, estuvo en todo momento en servicio, y, en la inspección que se llevó a cabo previa al inicio de los trabajos, se constató la presencia de pequeños bloques desprendidos.



Trabajos de bulonado en el interior del túnel



Trazado del tramo

Del túnel carretero original excavado en la roca se han extraído varios testigos que han servido para caracterizar mejor la resistencia de estas calizas masivas, llegando a alcanzar los 900 kg/cm². Inicialmente sólo existían elementos de sostenimiento en las boquillas y en un pequeño tramo de unos 25 m en la zona central del túnel, tramos éstos en los que se había ejecutado un anillo de hormigón de revestimiento y que, en el caso de la zona central, coincidía con una zona karstificada, tal y como se pudo comprobar posteriormente durante las excavaciones.

Sobre la sección inicial se ha adaptado una sección tipo en herradura de tres radios, permitiendo completar la nueva sección transversal de 6/7 m, con dos aceras elevadas de 0,75 m, y alcanzar un gálibo vertical máximo en la clave del túnel de 6,59 m. El trazado en planta es una recta con bombeo del 2% a ambos lados.

Como ya se ha mencionado anteriormente, la ampliación se llevó a cabo fundamentalmente mediante voladuras controladas, con pases de 3 m, y aplicando un sostenimiento sistemático del terreno basado en bulones y hormigón proyectado con fibras de acero. Longitudinalmente se distinguieron tres tipos de sostenimiento en función de las características de la roca (juntas, discontinuidades, zonas karstificadas), los cuales fueron definidos por la asistencia técnica Geoconsult S.L. quien también se encargó de supervisar la ejecución del túnel.

Para un mejor acabado final, el túnel fue impermeabilizado y revestido con un anillo de hormigón de 30 cm de espesor, utilizando un carro de encofrado construido para esta sección en concreto.

Otro elemento, que ha supuesto una mejora de cara a su explotación posterior, ha sido la renovación y modernización del sistema de alumbrado, que ha pasado de luminarias colgadas en clave a proyectores

situados en los hastiales, mejorándose así la uniformidad luminosa, aumentando la iluminancia y regulándose todo el sistema en función de la luminosidad exterior.

Movimiento de tierras y firmes

El movimiento de tierras global de la obra ha sido claramente excedentario al ser prácticamente diez veces mayor el volumen de material excavado en relación al empleado en terraplenes.

En la mayor parte del trazado, los des-

montes han sido de poca entidad, inferiores a los cinco metros de altura, y, para su excavación, se han utilizado medios mecánicos para el caso de suelos, y voladura y precorte para el caso de los taludes rocosos, excepto en el tramo del desfiladero de Techa, donde las particularidades del entorno, con la carretera preexistente a media ladera, muros sobre el río Bayas, desmontes muy verticalizados de hasta 10 metros de altura y la presencia de la línea de ferrocarril muy próxima y en paralelo, han impregnado de una mayor complejidad el conseguir la ampliación de la plataforma.



Estado del túnel previo a las obras de mejora e imagen del túnel ampliado

Infraestructuras Viarias



Desmontes en la zona sur del túnel de Techa



Trabajos de excavación al norte del túnel de Techa

Concretamente, en el lado sur del túnel, los desmontes de mayor entidad fueron ejecutados mediante excavación mecánica al existir una conducción del oleoducto Bilbao-Valladolid que condicionaba el no poder ejecutar voladuras en una franja de 30 m a cada lado del mismo, por lo que finalmente se tuvieron que utilizar medios mecánicos para excavar la práctica totalidad de los desmontes de esta zona.

En el lado norte, el condicionante principal ha sido la proximidad de la línea ferroviaria, por lo que hubo que efectuar voladuras muy controladas, limitándose el empleo de explosivos a la ejecución de un precorte que creara una línea de fractura para facilitar la excavación por medios mecánicos. Para evitar la caída de material a la vía y para protegerla de posibles desprendimientos durante los trabajos de excavación, se colocó en el límite exterior de la carretera una pantalla de protección a base de carriles hincados, mallazo y cables de acero.

Los desmontes ejecutados en esta zona del desfiladero de Techa han llegado a alcanzar los 40 m de altura prácticamente verticales, se ha colocado en toda su superficie malla de triple torsión y, puntualmente en las zonas más fracturadas y meteorizadas, se han utilizado bulones para el sostenimiento de pequeñas cuñas inestables.

Tanto la ampliación del túnel como la excavación de estos desmontes implicó el corte de la carretera actual debido a la imposibilidad de compatibilizar estos trabajos con el mantenimiento del tráfico. Esto supuso un inconveniente añadido para la

población del valle de Kuartango, habida cuenta de la inexistencia de vía alternativa a excepción de la autopista, por lo que, para mitigar este inconveniente, el Departamento de Obras Públicas y Transportes de la Diputación Foral de Álava subvencionó el peaje de esta autopista durante los 9 meses que estuvo cortada la carretera.

Otro condicionante que ha influido en el tiempo en que se tuvo que cortar la carretera fue la presencia de una pareja de águilas reales que llega todos los años a anidar a esta zona, aspecto que ya aparecía recogido en la Declaración de Impacto Ambiental, por lo que hubo que esperar hasta que la Dirección de Medio Ambiente de la Diputación Foral de Álava diera por finalizado el período de más vulnerabilidad de la cría de águila real, para empezar las voladuras en la zona del desfiladero del lado norte del túnel.

Todos los terraplenes de la obra han sido ejecutados con material procedente de las excavaciones e incluso, al tratarse de material de gran calidad procedente de la excavación en roca caliza sana, con la ayuda de una machacadora de mandíbulas y una trituradora de impacto, se fabricaron "in situ" zahorras que se han empleado en la base y subbase del paquete de firmes, todo ello siempre bajo el control sistemático del Laboratorio General de la Diputación Foral de Álava.

El resto de los materiales no aprovechables fueron llevados al depósito de sobrantes de la obra, localizado en una finca de fácil acceso situada junto a la carretera, en un punto intermedio de los 12 km de obra. Tras retirarse la tierra vegetal y rle-

narse, ha sido posteriormente restaurado acogiendo un volumen total de, aproximadamente, 200 000 m³.

Además de la base y subbase granular, el afirmado ha consistido en la extensión de mezcla bituminosa en caliente tipo AC22-Bin S y AC16-Surf-S, aprovechándose en gran parte del trazado el firme existente y ejecutándose recrecidos de firme con mezcla bituminosa en caliente sobre la calzada actual.

Otras características destacables dentro del Proyecto

Obras de drenaje transversal

Al tratarse de una carretera localizada en un entorno bastante rural y discurrir prácticamente paralela al río Bayas, son numerosos los arroyos y cauces de pequeña entidad que cruzan en perpendicular la carretera buscando desaguar en el río, lo que ha traído consigo tener que actuar sobre 40 obras de drenaje transversal, algunas de las cuales han sido también adecuadas como pasos de fauna mediante la ejecución de escalones laterales, plantaciones y cierres cinegéticos.

Las características geométricas de estas obras de drenaje varían a lo largo de la traza en función de las condiciones hidrológicas de la zona, existiendo desde tubos de hormigón de diferentes diámetros hasta obras de fábrica con sección en bóveda, de hasta 6 m de altura.

Reordenación de accesos

El carácter agrícola del entorno atravesado ha implicado la reordenación de los accesos a las fincas, para lo que se han construido caminos de servicio e impuesto servidumbres de paso, concentrando los accesos a la carretera en los puntos de mayor visibilidad.

Urbanización de travesías

En su recorrido, en el tramo que nos ocupa de la carretera A-3314 atraviesa tres núcleos urbanos: Subijana Morillas, Zuhatzu-Kuartango y Anda, travesías sobre



Travesía de Anda

las que además de mejorar el trazado y ampliar la sección, también se ha actuado con el objetivo de hacerlas más amables y seguras, dotándolas de un acondicionamiento peatonal en las márgenes, y respetando siempre la estética típica del lugar, utilizando para la reposición de los muros de cierre existentes los mismos mampuestos originales y siempre de acuerdo a lo dispuesto por las Normas Subsidiarias vigentes en cada término municipal.

Muros y obras de fábrica

Para conseguir la anchura suficiente y poder ejecutar la sección de proyecto, se han ejecutado diversos muros tanto de hormigón armado como de escollera hormigonada a lo largo de la traza, siendo alguno de ellos en voladizo.

Medidas correctoras de impacto ambiental

Para conseguir la integración de la obra en el entorno, se han adoptado importantes medidas encaminadas a paliar los impactos producidos tanto por las instalaciones auxiliares de la obra como por los propios elementos funcionales de la carretera, siempre atendiendo al programa de vigilancia ambiental que ha estado vigente durante todas las obras. Se ha llevado a cabo una revegetación selectiva del entorno, recuperando la tierra vegetal y realizando tratamientos en taludes de desmonte, terraplén y bermas, mediante hidrosiembra, siembra

y plantación específica, utilizando para ello especies autóctonas tendentes a conseguir la recuperación vegetal y la restauración de los hábitats afectados, con especial atención a las márgenes del río Bayas, así como a la restauración del vertedero y a los tramos de carretera abandonados.

Mejora de las intersecciones y señalización

Se han adecuado y reordenado las intersecciones de acceso a los núcleos de Aprikano, Zuhazo de Kuartango, Urbina-Eza, Etxabarri-Kuartango, Sendadiano, Kattadiano y Andagoia.

Las obras han finalizado con la colocación de la señalización, el balizamiento y los sistemas de contención de vehículos, que incluyen las barreras de protección para motoristas de acuerdo con las Órdenes Circulares 18/2004 y 18bis/2008.

Cumplimiento del objetivo inicialmente propuesto

Para concluir, podemos decir que, sin duda alguna, las comunicaciones del valle de Kuartango con el exterior serán a partir de ahora mucho más cómodas y seguras, dándose por cumplido el objetivo de ir progresivamente mejorando la red secundaria que da servicio a los núcleos rurales del Territorio Histórico de Álava, mejorando su accesibilidad y fomentando el equilibrio territorial. ❖

Principales unidades de obra	
Movimiento de tierras	
Volumen excavación	294 875,07 m ³
Volumen terraplén	37 373,60 m ³
Mejora de explanada	20 703,48 m ³
Malla triple torsión	19 485,02 m ²
Obras de fábrica	
Obras de drenaje transversal	40 ud
Ampliación de sección de túnel	240 m
Muros	600 m
Firmes	
Zahorra artificial	33 095,90 m ³
Mezclas bituminosas en caliente	28 718,56 t

Cuadro de características generales	
Características geométricas	
<i>Longitud</i>	
Total	12 156 m
Túnel	240 m
<i>Velocidad de proyecto</i>	
60 km/h, excepto tramos concretos en los que se reduce a 50 km/h	
<i>Perfil longitudinal</i>	
Pendiente mín.	0,5 %
Pendiente máx.	7%
<i>Sección transversal</i>	
Tronco principal	6/7 más bermas de 0,5 m
Sección en túnel	6/7 más aceras de 0,75 m

Ficha técnica

Promotor:

Diputación Foral de Álava.
Dpto. de Obras Públicas y Transportes

Dirección del proyecto de construcción:

D. Miguel Ángel Ortiz de Landaluze,
ICCP. Jefe del Servicio De Carreteras

Proyecto:

SAITEC S.A.

Dirección de las obras:

Dña. Ana Mtnez de Antoñana Quintana
ICCP

D. Diego Sagastuy Sagastuy
ITOP

Empresa constructora:

UTE Sacyr S.A.U., Febide S.A. y
Cavosa Obras y Proyectos S.A.

Jefe de obra:

D. Juan Pablo Durán Ruiz
ICCP

Presupuesto adjudicado:

10 056 357,06 €

Plazo de ejecución:

17 meses



Nos importa mucho un pimiento si

DISEÑO GRÁFICO REPROGRAFÍA IMPRENTA
PAPELERÍA MATERIAL ESCOLAR Y OFICINA
JUEGOS DIDÁCTICOS Y RECREATIVOS NIÑOS
EDICIÓN LIBROS Y REVISTAS PUBLICIDAD



con el viento de popa y fijado el rumbo

sic@sicrd.es - www.sicrd.es
C/. Eduardo Costa, 21, L8
Minicentro El Bulevar Torreldones ESTACIÓN
28250 MADRID Apdo. Correos 116
Tels: 918 591 112 - 609 693 592
Fax: 918 592 402

OFITAS DE SAN FELICES & CERRO SILLADO



En Ofitas
seguimos
trabajando...



... para que nada se pare



Ofitas de San Felices
Barrio de San Felices, s/n. 26200 Haro (La Rioja) • Tel.: 941 303 600 • ofitas@osf.es

Ofitas de Cerro Sillado
Ctra. Guadix, 41. 18518 Cogollos de Guadix (Granada) • Tel.: 958 675 367 • ofitas2@wanadoo.es





Historia

El Grupo Puentes, fundada en 1977, es una compañía formada por un grupo de empresas de ámbito internacional con presencia en los distintos campos del sector, y que lleva más de treinta años de trayectoria dedicada a la construcción. Su espíritu de crecimiento y su capacidad de diversificación, junto con la aportación de soluciones técnicas que son referencia en la obra pública, así como la prudencia en la gestión financiera, la han situado como una de las empresas más pujantes del sector.

Sus referencias han sido la preocupación por el medio ambiente, la máxima calidad y seguridad, la formación continua del capital humano y la búsqueda constante de la innovación, y de la excelencia.

El Grupo que se fundó en 1977 como Puentes y Calzadas Empresa Constructora, en 1994 abrió la entrada a nuevos accionistas, diversificando su actividad y entrando en nuevos mercados. Por ello, en 1995 nació *Estructuras y Montaje de Prefabricados*, y en 1997 se constituyó *Inmobiliaria de Puentes*.

Continuando con esa expansión, en el año 2000 adquiere *Norpresa* (grandes prefabricados de obra civil), en 2002 compra *Construcciones Exisa, S.A.* y *H.L.E.* (edificación y rehabilitación), y *Hormimeco* (obra civil y edificación). Se funda así *Prethor* (Prefabricados Tecnológicos de Hormigón).

En el 2005, nace *Puentes Concesiones* (licitación y explotación de concesiones) y en 2006 se constituye *Puentes Infraestructuras* para desarrollar la actividad de construcción de obra civil. Es precisamente en este año cuando se constituye formalmente el Grupo Puentes, continuando su expansión con la adquisición en 2009 del *Grupo Marcor* lo que le posicionaba en el sector de las obras hidráulicas, medioambientales y de gestión de residuos.

Además, en estos dos últimos años, ha sido reconocida por la ejecución de parte

Empresa:

Grupo Puentes

Direcciones:

Ctra. de la Estación s/n
15888 Sigüeiro (A Coruña)

Tfno.: +34 981 68 89 01

Fax: +34 981 69 16 01

info@puentes.com

www.grupopuentes.com

Año fundación:

1977

Volumen de negocio:

Año 2009: 383,3 millones de euros

Año 2010: 403,1 millones de euros

Recursos humanos:

Año 2009: 711 personas

Año 2010: 841 personas

Sectores:

Grandes infraestructuras de obra civil; puentes y viaductos; obras hidráulicas, medioambientales, de gestión de residuos y regadíos; edificación y rehabilitación; diseño, producción y montaje de grandes prefabricados de hormigón; explotación de concesiones; inmobiliaria.

de la línea de AVE de Levante, en la que el viaducto sobre el Embalse de Contreras fue galardonado con el “Premio Internacional Puente de Alcántara 2010”, y también con el de la Fundación de la Ingeniería Civil de Galicia. Así mismo, el Premio Construmat 2011 de Ingeniería Civil (Línea de alta velocidad de Levante, tramo embalse de Contreras, Cuenca Villargordo del Cabriel, Valencia), y el “Premio San Telmo 2011” a la mejor obra de ingeniería ferroviaria de Galicia, por el viaducto sobre el río Ulla, en la línea de AVE a Galicia.

Finalmente, y en el ámbito internacional, el Grupo Puentes ha consolidado su posición en Rumanía con la adjudicación de nuevas obras, lo que respalda su apuesta por el proceso de internacionalización.

Empresas que forman el Grupo

- **Puentes Infraestructuras:** Creada en 2006, como consecuencia de una reestructuración interna a partir de la rama de construcción de la empresa matriz del Grupo, es la heredera directa de toda su experiencia constructiva, de su Clasificación de Contratista del Estado y del personal altamente especializado, que construye, coordina y controla la ejecución de obras públicas para las distintas Administraciones y organismos públicos.

Sus actuaciones comprenden obras tan diversas como: tramos de autovía, grandes nudos de comunicaciones, urbanizaciones, infraestructuras ferroviarias, ejecución de redes de saneamiento, recuperaciones de litorales marítimos y fluviales, o sellados de vertederos y construcción de puntos limpios, así como un largo etcétera de actividades.

En los últimos años se ha afianzado la *Dirección Internacional*, encargada de conseguir y gestionar los contratos de obras y concesiones más allá de nuestras fronteras.

En cuanto a los sistemas de gestión certificados tiene los de Gestión de Calidad, conforme UNE EN ISO 9.001:2008; Gestión Ambiental, conforme a UNE EN ISO 14.001:2004; Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, conforme a OHSAS 18.001:2007; Gestión I+D+i, conforme a UNE 166.002:2006; así como los Certificados de contenido de proyectos de I+D+i, conforme a UNE 166.001:2007 y RD

1432/2003.

- **Marcor:** Ejecución de obras hidráulicas y medio ambiente para obra civil. Incorporada al Grupo Puentes desde 2009, está formada por tres empresas principales: Marcor Ebro, OPM (Obras Públicas y Medio Ambiente) y Anvima (Andalucía Viaria y Medioambiental).

- **Exisa:** Ejecución de obras de edificación, públicas y privadas, tanto de nueva planta como de rehabilitación integral, y restauración del patrimonio histórico-artístico. Entre sus reconocimientos se pueden citar dos Premios “Europa Nostra”; dos Premios Surbisa; Premios de Urbanismo, Arquitectura y Obra Pública del Ayuntamiento de Madrid; varias nominaciones a los Premios FAD de arquitectura y los Premios Aproin y Coavn.

- **Estructuras:** Construcción de puentes y viaductos tanto en las distintas redes de carreteras como en infraestructuras ferroviarias. La empresa es pionera en la utilización de soluciones tecnológicas innovadoras aplicadas a la fabricación “in situ” de tableros de grandes estructuras, tanto para las distintas redes de carreteras, como para las infraestructuras ferroviarias. Entre sus medios auxiliares propios se destacan: cimbra autolanzable, carros de dovelas, lanzavigas, carros de losa y especiales, encofrados autotrepantes, cimbra Fungiforme y porticada entre otras.

- **Prethor:** Diseño, producción y montaje de grandes elementos prefabricados de hormigón, tanto para obra civil como para edificación. Dispone de plantas de producción en Galicia, Madrid, Andalucía y Cataluña, y está ampliando su actividad mediante la creación de parques móviles de prefabricación, orientados a la elaboración “in situ”, en obras relevantes situadas en ámbitos geográficos distantes de sus centros permanentes. Esto supone un ejercicio



Viaducto 10.1. Autopista Alto de las Pedrizas-Málaga

de producción con las más sofisticadas tecnologías, lo que les sitúa en la posición más competitiva del mercado nacional e internacional del prefabricado de hormigón. La tipología de sus prefabricados va desde las vigas de los más variados tipos, P.B.A. integral y biarticulado, bóvedas prefabricadas y especiales, y el sistema estructural RETIPLAC®: sistema de construcción de forjados reticulares con aligeramiento de bloques perdidos de poliestireno expandido, basado en la utilización de placas prefabricadas con armado unidireccional, que sirven de encofrado, y, a su vez, tienen función resistente en la dirección principal del prefabricado.

- **Puentes Concesiones:** Licita y explota las concesiones de las Administraciones Públicas, con el único objetivo de alcanzar la viabilidad técnica y económica dentro de un mercado competitivo y en crecimiento. Está presente en el ámbito de los hospitales, autopistas, aparcamientos y gestión de residuos, entre otros. Entre sus últimas adjudicaciones se encuentran el nuevo



Autovía de Acceso a A Coruña y Conexión con el aeropuerto de Alvedro. Tramo: Zapateira-Autovía A-6

complejo hospitalario universitario de Vigo (Pontevedra) y la adjudicación de 96 megavatios en el concurso eólico gallego. Además tiene en explotación: la Autopista del Salnés (Pontevedra), la gestión de depuradoras en la comarca de Los Monegros (Monegros Depura), la gestión de residuos industriales en Zaragoza (RINZA), el Palacio de Congresos (Vigo, Pontevedra), los aparcamientos mixtos en Jaca y Monzón (Huesca), y los aparcamientos en Genaro de la Fuente y Avenida de Castelao (Vigo, Pontevedra). Finalmente, tiene las siguientes concesiones en construcción: Depuradoras Zona 3 en Huesca, Aparcamientos Mixtos en Rosalía de Castro (Vigo, Pontevedra), Aparcamiento Rotación en "Quixote CREA" (Toledo) y la Gestión de Residuos Industriales en Teruel (RINTE).

- **Puentes Inmobiliaria:** Promoción inmobiliaria residencial e industrial en todas sus fases, desde el desarrollo del suelo a la comercialización, pasando por una cui-

data gestión de proyectos y obras. Entre sus principales promociones en venta se encuentran: Edificio de Oficinas QuercusIP, (Santiago de Compostela); los complejos residenciales Mirador de Compostela Fase I y II (Milladoiro, Ames), Lar de Pontenova y La Parda (Pontevedra), Mirador de Padín (Riveira) y un edificio de viviendas en Pontepedriña (Santiago de Compostela).

Empresas Participadas

Luso Galaica de Traviesas, S.A. Constituida en el año 2003, tiene por objeto la fabricación de traviesas de hormigón para tendidos ferroviarios. La planta de fabricación se sitúa en el Parque Empresarial de Carballiño (Ourense), ocupando las instalaciones 23 000 m² de superficie. El sistema de fabricación adoptado es el sistema DSR (*Dywidag - Spann - Rahmen System*),

considerado en la actualidad el más avanzado tecnológicamente, destacando por su fiabilidad, su precisión y su versatilidad.

Infraestructura viaria

Entre sus últimas realizaciones en infraestructura viaria se pueden citar sus intervenciones en los siguientes tramos y vías, aunque comenzaremos con una realización muy celebrada en su día, como lo fue el Puente sobre el río Lérez.

Puente Atirantado sobre el Río Lérez (1993-1994). Píloso de gran esbeltez con geometría de atirantamiento "tipo arpa". Tablero a base de dovelas ejecutadas mediante carro de voladizos sucesivos. Las dovelas son de 6,00 m de longitud y 2,00 m de canto, con un peso máximo de 123 t. El tablero del puente tiene una longitud de 137,19 m.

Autovía del Cantábrico (A-8). En esta autovía se destaca el tramo *Las Dueñas-No-*

vellana (2007-2009), que supuso la ampliación de un viaducto ya existente y cuya ejecución se realizó sin cortes de tráfico. Núcleo inferior y jabalcones metálicos colocados mediante el empleo de carros específicos con dicho fin. Además, actualmente participa en el tramo *Lourenzá-Vilamar*, en el que, a lo largo de sus 4,6 km de longitud, se destaca la construcción de cuatro pasos de mediana y seis estructuras de diferente tipología, entre ellas los viaductos de Canteira, de 620 m de longitud, y de Río Batán, de 390 m, así como 2 pasos inferiores y 2 superiores.

Autovía del Salnés. Construcción (2007-2009) y explotación. Conversión en autovía de la VRG-4.1. Tramo: *PO-531 - Sanxenxo* (Pontevedra), que supone una inversión de más de 57,64 millones de euros, con un volumen de negocio de 3,48 M€ año y un periodo de concesión de 30 años.

Autovía de Acceso A Coruña y Conexión con el Aeropuerto de Alvedro. Tramo: *Zapateira - Autovía A-6* (2007-2010). Tiene por objeto la construcción del tramo Zapateira - Autovía A-6 de la Autovía de Acceso a A Coruña (6,02), situado entre la carretera CP-3006 de la Diputación de A Coruña en el lugar de Zapateira y la A-6, y el ramal de acceso al Aeropuerto de Alvedro (2,86 km). Destaca por la construcción de 3 viaductos, 4 falsos túneles, 8 pasos superiores, 10 pasos inferiores, 2 enlaces, 2 glorietas y 45 obras de drenaje.

Con este proyecto se dota a la ciudad de un nuevo acceso que aliviará el intenso tráfico de la Autopista del Atlántico A-9 y conectará a una vía rápida otras zonas como la Universidad y los polígonos industriales del Sur y el Este. Además se resuelve el problema de la mala comunicación de la ciudad con su aeropuerto.

Autovía A-63. Cantabria-Meseta. En esta autovía hay que destacar 2 tramos ordenados cronológicamente. El primero de ellos, *Torrelavega - Aguilar de Campo*. Subtramo: *Corrales de Buelna (sur) - Mollado* (2003-2004). Puente de 233 m y 239,80 m de longitud, según calzadas, de tipo viga cajón prefabricada. Arco de 141 m de luz ejecutado con dovelas prefabricadas en avance sucesivos posicionados con los carros de lanzamiento y atirantamiento provisional del tablero. Tablero de viga cajón prefabricada colocado con los carros de

lanzamiento. El segundo, *Salas - La Espina* (2006-2008). Construcción de puentes Bordenaya I, II y III con longitudes que varían entre 237 y 160 m, de tipo viga cajón prefabricada, construidos en 2008.

Autovía Ferrol – Vilalba. Tramo: *Enlace Casco Urbano As Pontes – Cabreiros*. Construcción de un puente (2006-2007) con tablero, de 850,80 m de longitud, formado por dos vigas artesas asimétricas adosadas, cosidas transversalmente y montadas con carro lanzavigas. La anchura del tablero es de 23,80 m en calzada única y obtenido mediante la colocación de jabalones prefabricados.

Autovía de Granada N-323, de Bailén a Motril. Tramo: *Izbor - Vélez de Benaudalla* (2004-2007). Puente de voladizos sucesivos con jabalones en vano central y cimbra autolanzable con jabalones en vanos de acceso. La longitud total del tablero es de 926,63 m.

Ejecución de vanos de acceso. En 1ª fase de tablero, con cimbra autolanzable hasta una anchura de 9,30 m. En 2ª fase, mediante jabalones prefabricados, se amplía el ancho del tablero a 24,00 m. Trazado de planta curva de 500 m de radio en viaducto principal, formado por dovelas de 4,75 m de longitud y 150 t de peso. Segunda fase de losa ejecutada mediante prelosa sobre jabalones.

Autovía del Mediterráneo A-7. Tramo: *Muro de Alcoy - Puerto de Albaida*. La autovía se ha construido como duplicación de la actual N-340, si bien se han realizado mejoras en planta (variantes del río Albaida y del Naixement) y en alzado. El trazado está muy condicionado por la ladera de la Sierra de Benicadell y el Naixement, cabecera del río Albaida, que circula en paralelo al trayecto.

El itinerario se inicia coincidiendo con el final del tramo Cocentaina-Muro de Alcoy, y adopta una alineación curva de 540 m de radio, para dirigirse en dirección norte y subir al Puerto de Albaida, en un tramo de 2 000 m de longitud. Desde el puerto sigue en dirección este, para bajar al final en el enlace de Albaida.

Este tramo discurre entre la falda de la montaña por la izquierda y el barranco del Naixement por la margen derecha. Entre el p.k. 5,600 y el 6,300, se rectifica con alineación recta un trazado de curvas que presenta la N-340, por lo que se proyectan

dos viaductos que cruzan el río.

En la parte final el tramo conecta con Albaida y con la CV-617 mediante un enlace, finalizando el trazado en la conexión con el siguiente tramo de autovía. El plazo de ejecución es de 40 meses.

Conexión del Corredor Brión - Noia con la carretera AC-550 en Taramancos (Noia) (2009-2011).

En total, el corredor tiene una longitud total de 18,2 km, de los 9,3 pertenecen al tramo Brión-Martelo y 8,9 al tramo Martelo-Noia, que dan continuidad a la autovía AG-56 de Santiago a Brión y discurre en paralelo a la carretera autonómica AC-543. Se establecen tres viaductos, 17 pasos superiores y 11 inferiores.

Infraestructura ferroviaria

Plataforma del nuevo acceso de Alta Velocidad de Levante

Tramo: *Seseña - Aranjuez*. El tramo tiene una longitud de 8,62 km y discurre por los términos municipales de Seseña y Aranjuez, en la provincia de Madrid. Como elementos singulares hay que destacar dos viaductos sobre el ferrocarril Aranjuez-Alcázar de San Juan, de 150 m de longitud, cuya solución estructural está formada por una losa pretensada aligerada, de canto constante ejecutada in situ, y un viaducto sobre el río Tajo de unos 1 000 m de longitud, de sección variable, con losa ejecutada in situ. Además, el túnel de la Dehesa Nueva del Rey, con una sección útil de 95 m² y 1 439 m de longitud y el puesto de banalización de Seseña. El plazo de ejecución es de 20 meses.

También se destaca dentro del Nuevo Acceso y en el mismo tramo la construcción



Viaducto de río Ulla. Premio San Telmo 2011

para ADIF de otro puente (2007-2009), con una longitud total de tablero de 1 052,08 m, de tipo viga artesa prefabricada.

Tramo: *Minglanilla - Embalse de Contreras*. Este tramo, de 7,9 km, tiene como elementos singulares en su trazado la construcción de tres viaductos: sobre el barranco de Rodenillo (con una longitud de 657 m), sobre el Arroyo de las Huertas de Mateo (995 m) y sobre el Barranco de la Peinera (520 m). Así mismo se contemplan dos túneles: de Minglanilla, de 520 m de longitud, y otro túnel de 746 m de longitud bajo la Autovía de Levante A-3. El plazo de ejecución es de 26 meses.

Tramo: *Ontígola-Ocaña*. El tramo, con una longitud de 7,4 km, discurre por los términos municipales de ambos municipios, en la provincia de Toledo. Como elementos singulares en el tramo, destacan la construcción del viaducto de la Cuesta Perdida, de 110 m de longitud, formado por 4 vanos (los dos vanos centrales tienen 42 m y los dos laterales 33 m de luz, respectivamente) y el túnel artificial de Los Rincones, con una longitud total de 372,8 m y una sección libre de 110 m². El



Palacio de Congresos de Vigo

plazo de ejecución es de 24 meses.

Tramo: *Embalse de Contreras - Villargordo del Cabriel* (2007-2009). **Récord de Europa en puente con arco de hormigón para AVE** en el momento de su construcción. Arco singular de 261 m de luz, ejecutando el arranque sobre cimbra porticada hasta pila provisional, continuando con dovelas sucesivas atirantadas provisionalmente (pilono metálico). Dovelas variables en longitud, ancho y canto, de 3,00 a 3,66 x 8,23 a 6,00 x 3,15 a 2,80 m, con un peso máximo de 111 t. En el tablero se realizan los vanos de acceso mediante cimbra autolanzable y los vanos sobre el arco con cimbra porticada apoyada sobre el mismo. Punto fijo en estribo. El viaducto de Contreras ha sido premio **Puente de Alcántara 2010** por «*el empleo de técnicas novedosas de ejecución, la pureza de líneas de la estructura y la belleza e integración lograda en el paisaje*». La longitud total del tablero



Viaducto de Contreras. Premio "Puente de Alcántara" 2010

es de 589,75 m. Se trata de una cimbra autolanzable de canto constante.

También es este último tramo, se cita una obra ejecutada mediante cimbra autolanzable especial, siendo la de mayor capacidad del país en ese momento, postesado de tablero realizado en dos fases. El tablero tiene 832 m de longitud y también es una cimbra autolanzable de canto constante.

Corredor Norte - Noroeste de Alta Velocidad. En este corredor se destacan la participación de Puentes en cuatro obras.

Tramo: *Lalín - Santiago* (2006-2008). Arco apuntado cuyos semiarcos son ejecutados mediante encofrado trepante en posición vertical y abatidos hasta suposición final. El punto fijo del viaducto se sitúa en la clave del arco. El tablero tiene una longitud de 1 226,40 m. Cimbra autolanzable de canto variable.

Tramo: *Lalín - Santiago*. Subtramos: Silleda (Dornela) - Vedra, y Vedra - Boqueixón (2006-2008). De tipo cimbra autolanzable de canto variable, su tablero mide 1 487,80 m de longitud. Punto fijo: pila en v invertida y ejecutada in situ. También en este subtramo se destaca el **arco ferroviario más alto de España** (120,00 m) en el momento (2008-2011) de su ejecución. Arco apuntado de 180,00 m de luz, ejecutado mediante carro de dovelas y con atirantamiento provisional a pilas y tablero. Dovelas de 5,00 x 7,70 m y 127 t de peso. Diseño de carro especial con doble funcionamiento trepante - voladizo. El table-

ro tiene una longitud total de 631,5 m y el viaducto es de tipo cimbra autolanzable de canto constante.

Tramo: *Túnel Urbano de Valladolid - Nudo Norte de Valladolid* (Plazo de ejecución de 12 meses). De 2,3 km de longitud diseñado para doble vía de alta velocidad con ancho internacional o UIC (1 435 mm), discurre por los términos municipales de Valladolid, Santovenia de Pisuegra y Cabezón de Pisuegra, en la provincia de Valladolid, y forma parte de la LAV Valladolid-Burgos-Vitoria / Frontera francesa.

El proyecto incluye la construcción de un viaducto de 52 m de longitud sobre la Ronda Exterior Este y una pérgola de 93 m que permite el cruce a distinto nivel de las conexiones Valladolid-Burgos y la Variante Ferroviaria Este de Valladolid.

Las obras han consistido en la construcción de la plataforma y vía, así como las actuaciones necesarias para la ejecución de las obras de infraestructura.

Nuevo Acceso Ferroviario al Norte y Noroeste de España. Tramo: *Soto del Real - Miraflores de la Sierra* (2004-2006). Viaducto de AVE con mayor longitud de vano ejecutado hasta la fecha. El punto fijo del viaducto se materializó en la clave del arco, ejecutado mediante el abatimiento de los semiarcos realizados anteriormente en posición vertical. El tesado de cada vano se ejecutaba en dos fases. Esta obra recibió el **Premio Acueducto de Segovia** y fue **récord de Luz con cimbra autolanzable** en España y tercero en el mundo en el momento de su ejecución. Su tablero tiene una longitud total de 1 758 m.

Corredor de Alta Velocidad Orense - Monforte - Lugo. *Viaducto Variante San Julián* (p.k. 2+000) (2009-2010). De tipo viga artesa prefabricada y variable, la longitud total de su tablero es de 329,5 m.

Estructuras en el Ramal Castellbisbal / Papiol - Mollet - Sant Fost (2010). Adecuación de la línea para tráficos de ancho internacional y ancho ibérico. Siete estructuras de viga en U prefabricadas y variables, con longitudes de tablero que varían entre los 140,84 y los 563,55 m.

Resto de líneas de negocio

Así mismo y con el ánimo de no ser exhaustivo cabe destacar, dentro de la di-

	2010 MM €	2009 MM €	Variación
VENTAS*	403,1	383,3	5,2%
B.A.I.**	11,2	13,1	-14,6%
FONDOS PROPIOS**	69,0	64,3	7,4%
CARTERA	1 428,0	1 132,3	26,1%
PLANTILLA***	841	711	18,3%

* Cifras agregadas

** Cifras consolidadas

*** En el año 2010 se incorpora el personal del Grupo Marcor

I+D+i

La innovación, investigación y desarrollo son para Grupo Puentes uno de los motores que impulsará su crecimiento y consolidación en los ámbitos de actuación del sector de la construcción.

Bajo criterios de rentabilidad y sostenibilidad, las empresas que constituyen Grupo Puentes desarrollan proyectos, incentivando la generación interna de ideas, con el fin de asegurarse una mejora competitiva constante.

Bajo los criterios de las normas UNE 166001 y 166002 se despliegan las líneas estratégicas que seguir, definidas desde las distintas empresas que forman Grupo Puentes. Son fundamentales, para la investigación que realizan, las colaboraciones con Universidades y empresas especializadas. De igual manera, colaborando en foros y grupo de trabajo en los que fermentan el intercambio de ideas y la distribución de los nuevos conocimientos adquiridos.

	Ventas agregadas MM €	Ventas consolidadas MM €	Porcentaje	Cartera MM €
OBRA CIVIL	162,2	160,4	48,8%	247,04
EDIFICACIÓN	57,9	57,4	17,5%	119,98
PUENTES Y VIADUCTOS	86,8	65,3	19,9%	74,07
PREFABRICADOS	83,2	32,9	10,0%	60,77
INMOBILIARIA	12,3	12,0	3,7%	4,72
CONCESIONES*	0,6	0,6	0,2%	921,37
TOTAL	403,1	328,5	100,0%	1 427,95

* Cartera a largo plazo

Calidad y Medio Ambiente

El Grupo Puentes aboga por la calidad en todas las actividades que desarrolla en sus líneas de negocio, aplicando a la gestión criterios de excelencia y un compromiso férreo de mejora continua en sus procesos. Por ello, todas las empresas que constituyen el grupo se basan en un modelo empresarial sostenible, asumiendo obligaciones y responsabilidades con el entorno que nos rodea, tanto de forma externa como interna, impulsando la sensibilización de su personal y de todas las actividades en sus líneas de negocio.

Situación económica

Entre sus principales magnitudes, el Grupo Puentes tuvo unas ventas en 2010 de 403,1 millones de euros, un 5,2% más, con respecto al año anterior. En el año 2010 disponía de una cartera de 1 428 millones de euros, lo que supuso un incremento del 13,1% sobre el año 2009.

Por sectores, las ventas se repartieron de la siguiente forma: Obra civil (49%), Puentes y viaductos (20%), Edificación (17%), Prefabricados (10%), Inmobiliaria (4%) y Concesiones (1%). ❖

versificación de actividades del Grupo, la construcción de los edificios Zal de Gibraltar (Algeciras) y QuercusIP, así como El Mirador (Santiago de Compostela), el Edificio Social Caixanova, el complejo residencial La Parda (Pontevedra), la reforma del edificio de la Plaza de las Beatas o la construcción del la Biblioteca Tirant Lo Blanc en Barcelona.

Además también se pueden destacar la construcción del Azud para la Expo de Zaragoza y la gestión de residuos industriales de la citada capital, la conservación forestal en Las Hurdes (Extremadura), la estación de Bombeo del Páramo Bajo, y, por citar uno más, el Palacio de Congresos de Vigo.

Para finalizar con este apartado, cabe decir que la adjudicación en consorcio para la construcción y explotación del complejo hospitalario de Vigo, el mayor de Galicia, ha dado un fuerte impulso a su negocio concesional y de edificación.

Colaboración social y laboral

Socialmente, el Grupo Puentes ha fomentado convenios de colaboración con diferentes organismos, apoyando la inser-

ción laboral de los recién titulados y de colectivos en riesgo de exclusión social; y apoyo económico a diferentes organizaciones para la mejora social, etc. De esta forma, premia los mejores proyectos fin de carrera de Caminos y de Obras Públicas de la E.T.S. de A Coruña (*Premios Puentes 2009/2010*); colabora con la asociación *Ingeniería Sin Fronteras* en programas desarrollados en Tanzania, Nicaragua y Perú; y se ha adherido (año 2009) al *Pacto Mundial (Global Compact)*: una iniciativa internacional de compromiso ético promovida por Naciones Unidas, cuyo objetivo es fomentar la conciliación de las demandas civiles con las empresariales.

Así mismo, el Grupo Puentes ha establecido distintas colaboraciones y convenios con Universidades, Centros de Formación Profesional y Escuelas de Negocios, que fomentan la integración de jóvenes sin experiencia laboral.

Además, para el Grupo, la formación es uno de los aspectos clave para el desarrollo profesional. Por ello, anualmente se establece un plan de formación que trabaja distintas áreas: gestión administrativa, seguridad, calidad y medioambiente, producción, etc.

Jornada técnica sobre Inspecciones de puentes



Mesa que presidió la inauguración de la jornada

Álvaro Navareño Rojo
Presidente del Comité de Puentes de la ATC

El pasado 9 de mayo de 2011 y en el Salón de Actos de la Fundación Bancaja, de Valencia, tuvo lugar esta jornada promovida por el Ministerio de Fomento y organizada por la Asociación Técnica de Carreteras con la colaboración de la Generalitat Valenciana, el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Technimed y la empresa consultora Civil Mateng, S.L.

El acto de inauguración fue presidido por el Director General de Carreteras de la Comunidad Valenciana, **D. Ismael Ferrer Domingo**, acompañado en la mesa por **D.**

José Vicente Pedrola Cubels, *Jefe de la Demarcación de Carreteras del Estado del Ministerio de Fomento en la Comunidad Valenciana*; **D. Sandro Rocci**, *Vicepresidente de la ATC*; **Dña. Mercedes Aviñó**, *Decana del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en la citada Comunidad*; y **D. Álvaro Navareño**, *Presidente del Comité de Puentes de la ATC y Director técnico de la jornada*.

La jornada comenzó con la presentación de la ponencia "**Consideraciones sobre las inspecciones de puentes**", de **D. Álvaro Navareño**, *Consejero técnico de la Subdirección de Conservación, de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento*, quien comentó la importancia

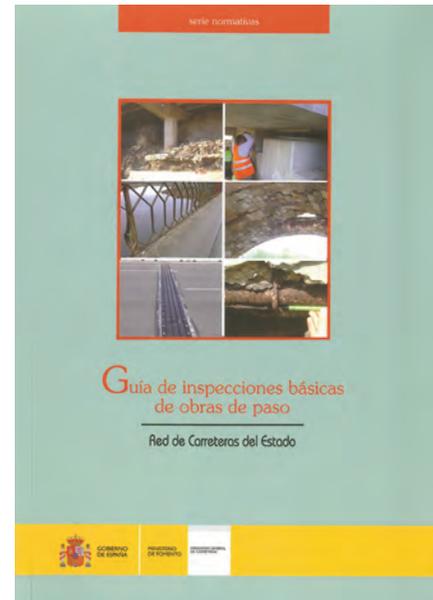
de realizar una adecuada Gestión de las Estructuras por parte de cualquier entidad o administración gestora. Esto pasa por tener un Sistema de Gestión de Puentes implementado; y uno de los componentes fundamentales, junto con el inventario de puentes (cuya Guía metodológica publicó hace un año el M^o de Fomento), es la inspección o sus distintos niveles. Esto no es óbice para que la gestión empiece desde el mismo momento en que se concibe cada estructura y en coherencia con lo que las normas actuales EHE-08 o EAE-10 señalan acerca de la obligatoriedad de incorporar un **plan de mantenimiento** cuando se realiza el proyecto de la obra. La gestión ha de ser por tanto completa en todas las etapas de



la obra: concepción-proyecto, construcción y conservación. El ponente pasó por los distintos niveles de inspección existentes en el SGP de la Red del Estado: *Inspecciones Básicas*, imprescindibles dado el parque de puentes tan extenso existente, tanto para un nivel operativo de mantenimiento como preventivo; *Inspecciones Principales*, realizadas por expertos cada 5 años; y *Especiales*, en las que se analizan ya con detalle de proyecto las patologías, si las hay, o la capacidad de carga de algunos puentes. Destacó también la importancia de las inspecciones porque nos permiten evaluar el estado del puente, determinar la capacidad de soporte de la estructura en cuestión o su nivel de seguridad, algo ciertamente complejo si se tiene en cuenta, entre otras cosas, que los documentos de cálculo o diseño no están siempre disponibles. Existen muchos tipos de materiales, gran variedad de tipologías y diversidad de procedimientos constructivos. Además, algunos cambios normativos se han introducido mediante “circulares” o “notas técnicas” para mejorar o corregir problemas encontrados, que no han supuesto una revisión completa de la normativa o de las instrucciones, lo cual afecta negativamente a la “trazabilidad” de las regulaciones o normas. Finalmente destacó que *la manera en que un puente aparenta resistir las cargas de tráfico no significa que su nivel de seguridad sea adecuado*. Puede tener una “capacidad de soporte” o “de carga” inapropiada o defectos latentes.

Sesión 1. Inspecciones sistemáticas de obras de paso

Moderada por **D. Emilio Criado**, del Ministerio de Fomento, comenzó con la inter-



acción de **D^a. Ana Belén Menéndez**, de *J. G. Gestión de Estructuras, Geocisa*, que expuso “*Inspecciones básicas – COEX*”. En ella empezó definiendo las inspecciones básicas (o rutinarias) como las efectuadas por las personas encargadas de la conservación de la carretera con la misma frecuencia que se realizan labores de vigilancia en ella. Su objetivo es hacer un buen seguimiento del estado de las estructuras, para detectar lo antes posible fallos aparentes que podrían originar gastos importantes de conservación o reparación, si no son corregidos a tiempo. Se muestra en el gráfico un *esquema resumen* de la metodología de una campaña de inspecciones básicas.

También se remitió a la nueva **Guía de Inspecciones Básicas de Obras de Paso** en la que se recogen todos los procedimientos, criterios y fichas que han de seguirse para este tipo de inspecciones.

Una contribución importante a la mejora de la mencionada coordinación y eficacia de los trabajos ha sido la creación de una **página Web**, en servicio desde 2009, que ha ayudado a mejorar la calidad de los trabajos en todos sentidos. La mejora de la

eficacia del método de trabajo ha permitido realizar fructíferamente una campaña de inspecciones básicas de unas 33 000 obras de paso de la Red en dos meses, a través de todos los sectores de conservación.

Más adelante y con la ponencia “*Inspecciones principales*”, **D. Tomás Ripa**, de *LCA Ingeniería*, expuso que el objetivo de las inspecciones principales es establecer el índice de condición o estado del puente, a partir de la identificación rigurosa, sistemática y exhaustiva de todos los deterioros existentes en él. En el SGP, implementado en la Dirección General de Carreteras del M^o de Fomento, el Índice de Estado o de condición de la estructura adopta un valor entre 0 y 100 (perfecto y muy mal estado, respectivamente). Este índice, para cada estructura, se determina tras una inspección principal por una doble vía: por un lado, el inspector *estima* el índice de condición, basándose en la magnitud y gravedad de los deterioros observados; por otro lado, el *programa informático* de tratamiento de los datos de inspección, que se describe posteriormente, *calcula* el índice de condición de la estructura a partir de la cuantificación de cada deterioro: naturaleza del deterioro, extensión y evolución probable. En todo caso, el índice calculado por el programa siempre puede ser corregido, al alza o baja, según el criterio del inspector.

Para garantizar la debida objetividad en la inspección es fundamental que se realice por personal cualificado, generalmente ingenieros con formación en estructuras y que reciben, adicionalmente, un curso específico de formación en patología de estructuras. Además de ello, a tenor de la ex-



Simposios y Congresos organizados por la ATC



Vista panorámica de la sala durante la inauguración de la jornada

perencia adquirida en los trabajos llevados a cabo, es necesaria la revisión completa y rigurosa de las inspecciones por parte de ingenieros en gabinete, a modo de supervisores de los trabajos, con el fin de asegurar la uniformidad de criterios, la calidad de los trabajos y la precisión en la evaluación de los índices de condición.

El desarrollo de la inspección es una verdadera *auscultación* visual de todos y cada uno de los elementos de la estructura, por lo que debe llevarse a cabo de forma sistemática para que no se produzcan errores ni omisiones. Se establece una secuencia de inspección según la cual se inspecciona primero el tablero por su cara superior y posteriormente la inferior en zig-zag, abarcando todos y cada uno de los elementos del puente. *La sistemática abarca también la caracterización de los deterioros. Para ello se han tipificado los deterioros característicos, agrupándolos en deterioros por material y deterioros por elementos del puente.*

Posteriormente, **“Inspecciones de cauces”** fue el tema propuesto por **D. Gonzalo Arias**, de *Ines Ingenieros* y **D. Francisco Vallés**, de la *UPV*. La Universidad Politécnica de Valencia ha desarrollado en los últimos años, con la colaboración de Ines Ingenieros, una metodología que permite cuantificar la situación de cada uno de los puentes, de forma que pueda establecerse una priorización de las actuaciones en función del riesgo, identificando los puntos débiles del conjunto puente-cauce y que está siendo empleada actualmente por el Minis-

terio de Fomento.

Su aplicación en la inspección de puentes permite obtener un valor numérico final que expresa de manera realista la vulnerabilidad del puente frente a la acción del cauce, identificando los aspectos débiles del conjunto puente-cauce para cada caso, de forma que se pueda actuar sobre ellos, sin necesidad de aplicar previamente complejos y caros análisis hidrológico-hidráulicos. Además, su metodología permite identificar el o los subconjuntos de puentes en peor situación.

En una inspección de estas características se toman en campo entre 37 y 54 datos diferentes (parámetros). Aunque todos ellos tienen su razón de ser, existen algunos datos especialmente relevantes por la influencia que tienen en la evaluación final que se realiza, como sucede con el tipo de cimentación, la anchura de cauce, los relativos a la caracterización de las medidas de protección existentes, tanto del lecho y de las márgenes como de la subestructura.

Los datos contemplados en la inspección suponen la consideración de todos los factores anteriormente aludidos y permiten, mediante la aplicación automática de la metodología, obtener tanto los tres descriptores principales como el DGP, estimador final único y realista de la vulnerabilidad del puente.

Sesión 2: Inspecciones especiales de puentes

La segunda sesión, que fue modera-

da por **D^a. Carmen Andrade**, de *CISDEM (CSIC-UPM)*, comenzó con la exposición de las **“Principales patologías asociadas a puentes de carretera”**, de **D. Ignacio Pulido**, de *IDEAM*. En ella señaló que la experiencia adquirida por las diferentes Administraciones y empresas consultoras especialistas en la realización de inspecciones de puentes –básicas, principales y especiales– han puesto de manifiesto la presencia de daños sistemáticos en muchas estructuras en función de su tipología, en numerosas ocasiones de difícil y costosa solución.

Muchos de estos daños y patologías no se detectan únicamente en puentes antiguos sino en puentes modernos, incluso de menos de 5-10 años.

En relación con los puentes de fábrica, algunos de los principales daños se localizan en la *cimentación*, bien por existencia de socavación o bien por pérdida de apoyo, produciéndose giros o asentamientos no controlados. También destacan los problemas por circulación de agua. En cuanto a los puentes de vigas, hay que subrayar los problemas en los aparatos de apoyo, normalmente asociados a la mala funcionalidad de la solución o malos detalles de proyecto. También los daños por circulación de agua son habituales: falta de impermeabilización o falta de estanqueidad de las juntas.

Con carácter general, en puentes de hormigón pueden presentarse problemas por corrosión en sus distintas vertientes o problemas por ataques químicos: sulfatos, cloruros, carbonatos, ataques por ácidos, o reacciones árido-álcalis, ciertamente con una frecuencia mayor de la deseable. *La detección a tiempo de este tipo de reacciones expansivas en el hormigón y la aplicación de medidas correctoras adecuadas suelen ser primordiales para la posible protección y conservación de los puentes.* También es cierto que aparecen problemas costosos de resolver en las zonas de apoyos a media madera, así como en las zonas de aligeramientos por el denominado “flotamiento” durante la construcción y la falta acusada de recubrimiento. Finalmente, respecto a los puentes metálicos y mixtos, resulta primordial un buen diseño de los detalles constructivos y de su ejecución, evitándose siempre zonas de acumulación de agua, siendo la corrosión el principal problema

para la durabilidad de estos puentes.

A continuación, **D. Jorge Ley Urzaiz**, de **INTEMAC**, intervino con el tema “**Campañas de ensayo y auscultación**” en la que trató, en primer lugar, las etapas más comunes para la evaluación estructural de un puente: inspección preliminar “in situ”; recopilación y análisis de la documentación existente, incluyendo historia de cargas, operaciones de mantenimiento y eventuales reparaciones, y ampliaciones o refuerzos; realización de campañas de ensayos y medidas; análisis de los datos obtenidos para definir la capacidad estructural del puente y sus condiciones de durabilidad; y la toma final de decisiones. Comentó que la complejidad del proceso radicaba en la alta especialización necesaria, y citó una relación de técnicas de ensayo más habituales, en función de la propiedad o ensayo que se deseara verificar. También trató el tema de la inspección ocular sistemática para la recopilación de daños, señalando la necesaria experiencia y cualificación del personal que las realiza, así como la complejidad en muchas ocasiones del acceso a las zonas que inspeccionar, lo que hace necesario muchas veces medios auxiliares costosos.

A continuación hizo un repaso de los principales métodos para conocer las características de los materiales, desde el punto de vista de la durabilidad como de la resistencia, y trató con mayor profusión acerca de las “calas” en puentes de hormigón y de las campañas geotécnicas necesarias cuando se evidencian problemas en la cimentación. Finalmente también comentó la utilización de pruebas de carga como medio para caracterizar estructuralmente los puentes.

Con la “**Inspección de tirantes en puentes**”, **D. Patrick Ladret**, de **Freyssinet, S.A.**, repasó exhaustivamente los componentes de un tirante, su vida útil y los distintos planes de inspección de tirantes que pueden plantearse para obras nuevas o antiguas. También describió los daños más habituales en los tirantes: fatiga de los materiales; corrosión de los aceros; desgaste y deterioro de protecciones superficiales, así como de los materiales de sellado y de relleno; envejecimiento de los plásticos; y deterioro de los materiales compuestos.

En cuanto a las técnicas particulares de inspección destacó que existen una serie



De izquierda a derecha, Sr. Vallés, Sra. Menéndez y Sres. Criado, Ripa y Arias

de técnicas no destructivas, complementarias al examen visual, que permiten obtener información sobre el estado de los cables. Las características del puente, su tipología, el sistema de cable empleado y las limitaciones presupuestarias determinarán la elección de las técnicas en cada caso. Describió los métodos más empleados: Pesaje de Tirante (Método Lift off), Cuerda vibrante, Vibración Libre amortiguada, Medición por ultrasonidos, Flujo Magnético y Medición del Potencial de la corrosión. Todos ellos por haber proporcionado datos fiables y útiles para medir la fuerza de los tirantes y el grado de corrosión en los cables, y así detectar fisuras y roturas en los aceros.

En cuanto a la monitorización de los tirantes señaló que los aspectos más importantes que se deben instrumentar son: a) evolución de la fuerza de los tirantes, mediante la disposición de unas células de carga; b) Vibraciones de los tirantes (mediante la incorporación de acelerómetros sobre el tirante); y c) detección de rotura de alambres.

Destacó además que en la valoración de las operaciones de mantenimiento debe hacerse tomando en cuenta: los estudios económicos y técnicos, las interferencias provocadas por la circulación y la perturbación del uso de la estructura. Podemos hablar de cuatro tipos de mantenimientos: *rutinario, especializado, preventivo y curativo* (en este caso, incluiríamos la sustitución de un tirante)

El ponente también señaló la importancia del “manual de mantenimiento” como un documento que el fabricante e instalador de los tirantes debe entregar al contratista principal al finalizar la obra. Las principales funciones del manual son: planificar las inspecciones (periodicidad, responsabilidad, medios necesarios, etc.), indicar los defec-

tos y anomalías que pueden aparecer en los tirantes, cómo deben detectarse y reportarse, y las acciones de mantenimiento recomendadas para cada evento.

Más adelante y con la ponencia “**Proyectos de rehabilitación: Singularidades**”, **D. José Simón-Talero**, de **Torroja Ingeniería**, defendió que los proyectos de rehabilitación de puentes se diferencian de los de obra nueva en aspectos fundamentales, entre los que cabe destacar:

- El objeto sobre el que se actúa existe, pero tiene aspectos desconocidos importantes, que afectan tanto a su definición como a su estado de conservación. En muchas ocasiones no se dispone del proyecto de ejecución que sirvió para su construcción. En consecuencia es normal que el proyecto de rehabilitación se inicie con una campaña de toma de datos de la estructura existente para poder caracterizarla correctamente.
- Las obras que se deben definir afectan, en mayor o menor medida, tanto al puente existente como a su entorno. Así, habitualmente, es necesario mantener el tráfico rodado sobre la estructura mientras se acometen los trabajos de rehabilitación, lo cual puede llegar a condicionar enormemente el proyecto de rehabilitación.
- La verificación de la validez de la solución que se proponga no puede ser efectuada, a priori y en términos generales, aplicando los mismos criterios que los que se utilizan habitualmente para las obras de nueva construcción. Los dos aspectos más singulares de las afecciones de las actuaciones de rehabilitación son los que se producen cuando se trata de ensanchar un puente. Por ello, se estudia: a) el reparto de las cargas entre la estructura existente y la

Simposios y Congresos organizados por la ATC



De izquierda a derecha: Sres. Ladret, Pulido, Criado, Sra. Andrade y Sres. Ley y Simón-Talero

parte nueva (refuerzo, ensanche...); y b) la conexión de los nuevos elementos estructurales a los ya existentes.

- La ejecución de la obra de rehabilitación conlleva, en general, el empleo de materiales y de procedimientos particulares, a veces motivados por el proceso de ejecución de la rehabilitación. Muchas veces, una actuación de rehabilitación se ve totalmente condicionada por la “accesibilidad” del elemento sobre el que hay que intervenir. Tal es el caso, por ejemplo, de casi todos los procesos de sustitución de apoyos en los que en el correspondiente proyecto original no se consideró tal posibilidad.

Finalmente expuso los casos singulares de la reparación de tres puentes: el “Puente de San Telmo” (Sevilla), el “recalce de las pilas” del Puente sobre el río Duero (Boecillo (Valladolid), y la rehabilitación del Puente de Santa Teresa (Elche).

Sesión 3: Mejora y rehabilitación de puentes de carretera

Esta tercera sesión fue moderada por **D. Ángel Susaeta Llombart**, de la *Generalitat Valenciana*. El turno de intervenciones comenzó con la exposición de la “**Rehabilitación y supresión de restricciones al tráfico en el puente de Algar de Palancia (N-225a)**”, de **D. José Ignacio Suárez**, del *Ministerio de Fomento*, en la que explicó las principales reparaciones realizadas en el puente de la N-225a, p.k. 3+200: protección de las cimentaciones frente a la socavación; refuerzo estructural de los arcos; reparación de fisuras y desconchones de los elementos estructurales del puente;

pasivación de armaduras y aplicación de materiales anticorrosivos; protección mediante morteros de alta resistencia de los paramentos de hormigón del puente; impermeabilización del tablero; sustitución de aceras, juntas y barreras de protección en el tablero. En cuanto a los condicionantes de la obra citó: respetar las características del puente, mantener en todo momento libre el paso de agua del río Palancia, y la posibilidad de cortar durante 5 meses el tráfico en el puente ante la posibilidad de desvío por la N-225. Una de las principales singularidades de la reparación fue el recrecido de la sección del arco con un hormigón autocompactable (HAC-35/F/12 IIa).

Por su lado, **D. José Yuste Maicas**, del *Ministerio de Fomento*, expuso la “**Rehabilitación y supresión de restricciones al tráfico en el puente de Cofrentes (N-330. Valencia)**”. El puente sobre el río Cabriel fue construido en el año 1911 y tenía la calzada muy estrecha, con un ancho de 4,50 m, no permitiendo el cruce simultáneo de dos camiones. Además, tenía una limitación en el tonelaje de los vehículos que podían circular sobre él, señalizándose dicha limitación para vehículos de 10 t.

Para mejorar esas limitaciones se redactó el proyecto de “Sustitución de tablero de puente sobre el río Cabriel y adecuación de accesos en la carretera N-330 en Cofrentes (Valencia)” que disponía mantener en lo posible la tipología del puente, y realizar la obra sin interrumpir el tráfico de la N-330.

La intervención consistió en el zunchado de pilas y estribos mediante muro de hormigón armado adosado a éstos, realizándose el hormigonado, en parte, bajo el nivel del agua mediante submarinistas. Además, la

ejecución de tirantes de barras corrugadas Ø 32 tesadas con tensión de servicio 30 t que atraviesan por completo el estribo, así como la ejecución de pilares y ménsulas de apoyo, y el gunitado de paredes verticales y techos en arcos. Así mismo, se sustituyeron las piezas metálicas y apoyos en mal estado y se procedió al pintado del tramo metálico. Con las obras ejecutadas se consiguió ampliar el ancho del tablero y eliminar la restricción de carga, obteniéndose una calzada formada por 2 carriles de 3,40 m de ancho y sendas aceras de 1,25 m de ancho libre. El ancho total del tablero es de 10,00 m.

A continuación y con el tema “**Actuaciones en la Comunidad Valenciana**”, **D. Arturo Llorca Acebedo**, de la *Generalitat Valenciana*, hizo un repaso por las numerosas rehabilitaciones que se habían realizado en los últimos años en puentes de la Comunidad Valenciana. Sin aumentar prestaciones se citaron los puentes sobre las carreteras: CV-35 Chelva – Tuéjar, CV-60 Ollería-Gandía y CV-650 Aielo de Malferit, así como los puentes metálicos sobre el río Xuquer en Alzira y Cullera, el medieval de Bocairent sobre el río Clariano y el puente de Santa María de la Diputación Valenciana en Ontinyent. Por lo que se refiere a los que se les aumentaron sus prestaciones, el ponente citó los puentes sobre las carreteras CV-81 (Bocairent), CV-35 (Casinos), CV-500 (Gola de Puchol – El Saler), CV-560 (Villanueva de Castellón-Diputación de Valencia), CV-667 (Belgida) y CV-230 (Soneja), así como Pont Nou en Ontinyent. Finalizó comentando que actualmente están a punto de comenzar las obras en el puente de la CV-500 sobre el nuevo cauce del Turia.

A continuación intervino **D. Rafael Pérez Arenas**, de *Abertis*, con la ponencia “**Actuaciones de reparación en la AP-6**”, en la que empezó describiendo algunos datos de la citada autopista de peaje, que fue una de las primeras concesionadas en España. Entre otras singularidades presenta un tramo que se puede catalogar de “alta montaña” (cotas 950 y 1 300), lo que obligó a diseñar y construir una serie de viaductos de gran longitud en un tramo de aproximadamente 35 km, entre los pp.kk. 46 y 80. Tras hacer un repaso de las actuaciones realizadas a lo largo de la concesión, con-

cluyó comentando las líneas de trabajo actuales:

En las fases de *proyecto y obra de rehabilitación*, con el diseño de mejores materiales (hormigones con más compacidad, empleo de aditivos y pinturas pasivantes), mayores recubrimientos de las armaduras y más exigencias en los controles de obra.

En la de *diseño*, de una mejor impermeabilización y drenaje de las estructuras como medida eficaz para paliar la entrada de aguas contaminadas con sales en las estructuras. En la elaboración de un inventario detallado y un plan de inspecciones adecuado a las circunstancias existentes, focalizando en la detección precoz de las patologías. En el estudio de *sistemas de protección* catódica por ánodos de sacrificio, corrientes impresas o mixtos. En el estudio de la *monitorización* de los procesos de deterioro de los elementos estructurales. En la causa propia de la *patología* mediante el estudio de fundentes alternativos, sistemas de aspersión o microdifusión localizada de fundentes, sistemas de calorifugación de superficies, firme radiante o "road-heating" por vía electrotérmica o geotérmica. Y, finalmente, en la labor de realizar el *seguimiento* de las actuaciones realizadas siendo crucial la optimización de los planes de inspección.

A continuación y con la "**Reparación del viaducto sobre la Rambla de Valdeoblos, N-234**", **D. Jesús Antoñanzas**, del *Ministerio de Fomento*, hizo una recapitulación de las medidas correctoras adoptadas en el mencionado viaducto, incidiendo especialmente en los daños singulares y causas que los provocaron, así como la solución adoptada para su reparación.

Como conclusión final, determinó que los daños en este puente fueron el resultado de la unión de dos circunstancias: el relleno de la estructura, que era un material proveniente de vertedero, muy heterogéneo, sin compactación ni trabazón; y que el aporte continuo de un flujo de agua, que discurría libremente por el paquete de firme, como consecuencia de una actuación de principios de los años 70 del siglo pasado en los que se realizó un refuerzo estructural de firme sin previamente haber ripado el existente, lo convertía en un canal cuyo depósito final era el puente, determinándose como actuaciones correctoras fundamentales:



De izquierda a derecha: Sra. Andrade y Sres. León, Esparza y Arias

la ejecución de los drenajes exteriores al puente y la consolidación interior mediante inyecciones de lechada de cemento.

Por tanto, el autor subrayó que se deben ejecutar las estructuras tal como vienen en proyecto; y, una vez puestas en servicio, cualquier actuación que se realice en su zona de influencia, independientemente del tipo que sea, se debe considerar de qué manera puede influir en ellas, y si es necesario realizar obras complementarias para evitar daños en éstas.

Posteriormente se celebró una mesa redonda sobre "**La formación de los técnicos y empresas en inspección y rehabilitación**", moderada por **D. Javier León**, de *Fhecor Ingenieros Consultores*, con la intervención de **D^a. Carmen Andrade**, de *CISDEM (CSIC-UPM)*; **D. Jordi Esparza**, de la *Generalitat Valenciana*; **D. Gonzalo Arias**, de *Ines Ingenieros*; y finalmente el propio moderador. Tras una sucinta presentación de los miembros de la mesa, el moderador dio la palabra a cada uno de ellos para tratar, en el ámbito de las inspecciones básicas, principales y especiales, cuestiones como:

- Formación previa exigible en materiales (antiguos y nuevos), estructuras (de todo tipo), mecánica de cauces, química, equipamiento de carretera o ferrocarril, construcción, auscultación, gestión de tráfico, mantenimiento básico y especializado, etc.
- Valoración de la experiencia previa.
- La educación del ojo clínico. Los catálogos de daños.
- La sistemática de la inspección y la calificación mediante índices.
- La homologación de inspectores. Una apuesta por profesionalizar, mejorar la calidad y la objetividad. Se produjo finalmente un debate sobre



D. Álvaro Navareño presentando las conclusiones

qué instituciones podían dar estos cursos de formación de inspectores y sobre la importancia de contar con expertos profesionales en este sector de la **Ingeniería del mantenimiento**.

Conclusiones y clausura de la jornada

Para finalizar hizo uso de la palabra **D. Álvaro Navareño**, *Director de la Jornada*, exponiendo una serie de breves conclusiones. Entre ellas, destacó la importancia de haber celebrado una jornada sobre inspecciones con gran éxito de participantes, lo cual demuestra el interés que suscita hoy día la conservación del patrimonio que tenemos.

Además comentó que quedan muchos temas que contar, que se están produciendo muchos avances en este sector y que la formación continua de todos, así como la especialización de nuevos profesionales son retos a corto plazo. Finalmente destacó que ha de transmitirse el mensaje a profesionales y usuarios de que "*importa la calidad de la infraestructura*". ❖



El XXIV Congreso Mundial de la Carretera

Ciudad de México, 26-30 septiembre 2011

El 26 de septiembre próximo se celebrará en México la XXIV edición del Congreso Mundial de la Carretera. Tras París en 2007, cita que marcó el centenario de la Asociación Mundial de la Carretera (AIPCR-PIARC) y reunió a más de 5 000 participantes y más de 50 ministros, supone el regreso de la celebración cuatrienal de este congreso mundial al continente americano.

La movilidad y el desarrollo sostenible, **“Caminos para vivir mejor”**, son los temas y el lema elegidos para este Congreso.

Los últimos cuatro años han estado marcados por grandes cambios en el sector de la carretera y el transporte por ella. En primer lugar, con la crisis financiera mundial, los planes de estímulo y después las restricciones presupuestarias han condicionado fuertemente las condiciones de inversión en las infraestructuras de carreteras. Así mismo, la seguridad vial ha adquirido finalmente un relieve a la altura de los costes sociales y económicos que representan los accidentes en la carretera.

Los impactos de los cambios climáticos,

sea cual sea su origen, ya no se consideran como una hipótesis de estudio, sino que invitan a la puesta en marcha de políticas de reducción de los impactos y de la adaptación al cambio climático. Las recientes grandes catástrofes naturales y antrópicas han impulsado de nuevo las reflexiones sobre la apreciación de los riesgos y su toma en consideración en los proyectos viarios. El modo de la motorización de nuestros vehículos cambia. Y, finalmente, en numerosos países desarrollados, las Administraciones de transporte han realizado transformaciones radicales, abandonando una organización estructurada en función de los modos de transporte por un enfoque más global de las necesidades de movilidad.

Nuestro entorno social, económico y natural evoluciona rápidamente, y el Congreso Mundial de la Carretera es una ocasión única para tomar la medida a los cambios producidos en el mundo, conocer cuáles son las políticas y medidas puestas en marcha, e intercambiar opiniones de viva voz con los responsables y expertos de los diferentes países.

El Congreso de México se presenta bajo los mejores auspicios con la celebración de 35 sesiones de media jornada, además de la Sesión de Ministros y de las sesiones plenarios, para abordar los temas esenciales que influyen sobre nuestra movilidad. En él numerosas organizaciones internacionales como el Banco Mundial, la OCDE, la Organización Mundial de la Salud, la Unión Europea, Transparencia Internacional, la FISITA, ERTICO, etc., presentarán sus análisis complementando los trabajos de los Comités técnicos de la Asociación y los casos de estudio presentados por los países.

Tal está siendo el éxito de la convocatoria que se han recibido más de 800 propuestas en forma de ponencias y comunicaciones, de las que unas 350 ha sido seleccionadas por su interés y su actualidad, y serán presentadas durante el Congreso, cuyos idiomas oficiales serán el español, el inglés y el francés, con traducción simultánea durante todas las sesiones. Además, toda la superficie de la exposición ha sido reservada para pabellones nacionales de 18 países (entre ellos el de España) y más de 150 empresas y sociedades.

Finalmente, informar que tan sólo quedan algunos días para aprovechar las tasas de inscripción reducidas al Congreso, cuya fecha límite es el 1 de julio de 2011, y que toda la información útil sobre el Congreso y la inscripción *“on line”* están en la página web: www.aipcrmexico2011.org

Les esperamos en este multitudinario congreso en el que podrán realizar contactos profesionales, intercambiar experiencias y adquirir unos conocimientos en un cita mundial, única en su género, y sin parangón en el sector de la carretera. ❖

El Secretariado general
Asociación Mundial de la Carretera
www.piarc.org



66 Sesión de ministros. París 2007



Reunión de la Junta Directiva de la Asociación Técnica de Carreteras

El pasado lunes 20 de junio, en la sede de la Asociación, tuvo lugar la reunión de la Junta Directiva que anualmente, y coincidiendo con la Asamblea General, se celebra en estas fechas.

Debido a las especiales circunstancias económicas por las que pasa el sector, este año la reunión tenía un carácter especial al haberse incluido en el Orden del Día un punto relacionado con esta circunstancia.

Como es tradicional, se inició la reunión con el informe del *Presidente*, **D. Roberto Alberola**, en el que dio un repaso a las actividades del pasado periodo de la Asociación, tanto en el ámbito nacional como en el internacional. En este sentido, destacó la gran actividad de los Comités Técnicos, no solamente en lo que se refiere a reuniones de trabajo, sino también a la realización de Jornadas que han tenido un gran éxito de asistentes. Pidió que constara en Acta el agradecimiento de la Junta a la labor de todos los miembros de los Comités y, particularmente, de sus Presidentes.

Con relación al punto central de la reunión, el anteriormente señalado de medi-

das ante la situación económica nacional, el Presidente sometió a la aprobación de la Junta un plan de actuaciones con el que se espera garantizar la viabilidad futura de la Asociación, tanto en el aspecto económico como de mejora de sus infraestructuras, para facilitar la difusión de la tecnología de carreteras.

La parte que se refiere al ajuste económico, consiste en una reestructuración de los horarios del personal y de sus horas de trabajo que permite una reducción media del 30% en el coste de salarios, sin disminución del servicio a los socios y manteniendo la plantilla actual, con lo que la Asociación colabora en el principal problema nacional que es el paro. Con esta medida, los gastos generales anuales de la Asociación se acercan bastante a los ingresos por cuota de socios, lo que garantiza su futuro económico.

Respecto a la segunda medida: se propuso un reacondicionamiento de parte de las oficinas de manera que se obtienen dos nuevas salas, con capacidad para unas 50 personas cada una, que abre un nuevo

campo para organizar cursos, dar conferencias o facilitar los trabajos de los Comités Técnicos.

Ambas medidas fueron aprobadas por la Junta y celebradas por su oportunidad.

En otro orden de cosas, la Junta Directiva dio su aprobación a las cuentas auditadas correspondientes al pasado año 2010, que han superado positivamente los resultados previstos, y se explicó pormenorizadamente, por parte del *Tesorero* de la Asociación, **D. Pedro Gómez**, del seguimiento del presupuesto aprobado por la Junta para el presente año 2011.

A continuación de la reunión, y como es tradicional, los miembros de la Junta Directiva compartieron una comida a la que también asistieron los dos *Presidentes Honorarios* de la Asociación: el *Director General de Carreteras*, **D. José M^o Pertierra**, y el *Director General de Tráfico*, **D. Pere Navarro**. Ambos expresaron los mejores deseos para la Asociación y para el buen fin del XXIV Congreso Mundial de Carreteras que tiene lugar en México el próximo mes de septiembre. ❖

Premios y Distinciones

El acto se ha celebrado a petición de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC), Asociación Española de la Carretera (AEC), Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, y la Asociación de Empresas de Conservación y Explotación de Infraestructuras (ACEX)

Imposición de medallas de Hermanos del Santo de la Cofradía de Santo Domingo de la Calzada

El 10 de mayo de 2011 y en un acto presidido por el *consejero de Vivienda y Obras Públicas de La Rioja, D. Antonino Burgos*, tuvo lugar en Santo Domingo de la Calzada (La Rioja) el acto de entrega de las medallas Hermanos del Santo, de la Cofradía de Santo Domingo de la Calzada, a ocho reconocidos profesionales del ámbito de la Ingeniería de Caminos y del desarrollo de infraestructuras públicas.

En el acto el Consejero agradeció tanto a la Cofradía del Santo como a la AEC, ATC, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y ACEX el fortalecimiento del recuerdo de la figura de Santo Domingo con estas medallas, que no hacen sino reconocer el esfuerzo de aquellos ingenieros que han puesto su carrera profesional al servicio del desarrollo de infraestructuras.

El consejero subrayó que las carreteras "son un factor de progreso y desarrollo que une a las personas" aunque éstas se hayan convertido en "un motivo de preocupación social dada la siniestralidad que en ellas se producen". "Sin duda, con la ayuda del Santo", completó el titular de Obras Públicas, "y con vuestra voluntad de servicio público y profesionalidad, nuestras carreteras son y serán cada vez más seguras".

Las medallas de Hermanos del Santo reconocen la trayectoria profesional de ocho ingenieros de caminos, una de ellas se entrega a título póstumo, que han puesto todo su empeño profesional en un desarro-

llo "humano" de las infraestructuras.

Así, se han reconocido los esfuerzos de **Juan Francisco Lazcano**, presidente de la CNC y de la Fundación Laboral de la Construcción, cuyo desempeño profesional público ha estado ligado a la Junta de Castilla y León (fue director general de Obras Públicas) y al Ministerio de Fomento (director general de Carreteras entre 1996 y 2000).

El segundo de los galardonados es **Javier Manterola**, académico de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando y Premio Príncipe de Viana de la Cultura, que ha desempeñado su carrera profesional en el Instituto Eduardo Torroja y en Huarte. Su nombre está ligado a la creación del Cuarto Puente, en la capital riojana.

También se ha premiado la trayectoria profesional de **José Luis Manzanares**, presidente de Ayesa y catedrático de estructuras de la Escuela de Arquitectura de Sevilla. El Puente del Cachorro, el Circuito de Jerez o la cubierta del Estadio Olímpico de Sevilla figuran en su currículo profesional.

Además, se ha concedido la medalla Hermano del Santo a **José Antonio Torroja Cavanillas**, presidente del Instituto Eduardo Torroja (institución que toma el nombre

de su padre y que pertenece al Consejo Superior de Investigaciones Científicas). Torroja Cavanillas es el autor del Puente Internacional sobre el Miño y del Viaducto de Tamaraceite, en Las Palmas de Gran Canaria.



Edelmiro Rúa, presidente del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y del Consejo Mundial de Ingenieros Civiles, también ha sido galardonado al igual que **José María Pertierra de la Uz**, actual director general de Carreteras del Ministerio de Fomento, y de **Victoriano Sánchez Barcaiztegui**, secretario autonómico de Infraestructuras y Transporte de la Generalitat Valenciana.

El último de los galardonados ha sido **Björnulf Bounatian Benatov**. Su familia ha recogido, a título póstumo, los parabienes de sus compañeros de profesión por una vida dedicada íntegramente a la ingeniería y al arte. Nacido en París en 1937, se trasladó en 1965 a España donde fundó en 1968 Euroconsult, la mayor empresa del mundo en auscultación de estructuras.

La Cofradía de Santo Domingo de la Calzada

Fundada en el año 1106, por Santo Domingo, con el objetivo de prestar atención a los peregrinos jacobeos, es la cofradía más antigua de nuestro país, que a día de hoy sigue cumpliendo sus objetivos asistenciales, ratificados en los nuevos estatutos de 1990: "imitar las virtudes de su Patrón y Fundador, conservar y fomentar las tradiciones religiosas y populares de nuestra ciudad, y prestar un especial interés en la atención de los peregrinos jacobeos". ❖



ACEX entrega su VII Premio Nacional a la Seguridad en Conservación

El 2 de junio de 2011, la Asociación de Empresas de Conservación y Explotación de Infraestructuras (ACEX) entregó el VII Premio Nacional ACEX a la Seguridad en Conservación a dos proyectos innovadores: el primero, en la categoría de empresas asociadas, a un sistema de colocación segura de señales de tráfico, presentado por Audeca, S.L.U.; y el segundo, en la categoría general, a una innovadora baliza iluminada, que consiste en un sistema capaz de iluminar interiormente la tradicional baliza N-120/180, con lo que se logra aumentar su visibilidad y, sobre todo, el grado de atención que el conductor presta a un punto de la carretera, presentado por Indaxa-Audeca, UTE.

Entre los asistentes al acto cabe destacar la presencia del director general de Carreteras del Ministerio de Fomento, José María Pertierra, y el subdirector general de Gestión de Tráfico y Movilidad de la DGT, Federico Fernández, quienes hicieron entrega de la Mención honorífica de la Junta Directiva de ACEX a la Dirección Técnica de la D.G.C. del Ministerio de Fomento, “por su ingente labor en la elaboración de normativa propia y en la adaptación de toda la normativa europea, cuyo objetivo último



ha sido y es la mejora de la seguridad para los usuarios de las carreteras; normativa que sirve de referencia para el resto de las Administraciones públicas, y facilita la gestión diaria de los técnicos que centran su actividad en el mundo de las carreteras. Así mismo, por la realización de las campañas de auscultación de la red de carreteras del Estado, desde hace más de veinte años, en lo relativo a retroreflexión de la señalización, IRI y coeficiente de deslizamiento”.

José Luis Elvira, director técnico de la mencionada Dirección recogió el galardón y dirigió unas entrañables palabras al público, en las que recordó a todo su equipo, al igual que a los anteriores directores generales de carreteras, presentes en la sala, haciendo una especial mención a “su maestro” Enrique Balaguer.

Por su parte, **Federico Fernández**, subdirector general de Gestión de Tráfico y Movilidad de la DGT ha destacó “el papel fundamental de las empresas de conservación y explotación de infraestructuras, cuyo papel es singularmente importante, puesto que toca dos principios básicos: el derecho a la libre movilidad y el derecho a la vida”.

El director general de Carreteras, **José María Pertierra**, fue el encargado de clausurar el acto, y en su discurso ha reconocido que, en este momento, en que “alcanzamos

unas cuotas de patrimonio viario importantes ha llegado la hora de conservar” y “hay que evitar que se descapitalice el patrimonio viario”. Por ello, ha puntualizado, el objetivo claro de la Dirección General de Carreteras es “mantener las cotas de inversión en conservación”.

Formaron también parte de la mesa presidencial del acto destacadas personalidades del sector, como el presidente de la Confederación Nacional de la Construcción, **Juan Francisco Lazzano**; el presidente del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, **Edelmiro Rúa**; la directora del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, **Olga Fernández**; el vicepresidente del Colegio de Ingenieros de Obras Públicas, **Ernesto Domínguez**; y el presidente de ACEX, **Carlos M. Escartín**.

El Premio Nacional ACEX constituye un evento de referencia en el sector de la conservación que cuenta con una enorme acogida ente sus profesionales y una considerable repercusión mediática dentro del sector. Según el director gerente de ACEX, **D. Pablo Sáez Villar**, estos premios “son un reconocimiento anual por los méritos y esfuerzos de todos aquellos trabajadores, empresas y Administración, que vienen desarrollando actividades con destacadas consecuencias positivas”. ❖



In Memoriam

Björnulf Bounatian Benatov

*"Esforzarse en lo mejor. Volver a escribir.
Retocar, siquiera imperceptiblemente, alguna corrección"*

Marguerite Yourcenar



Este pensamiento era plenamente compartido por Björnulf Bounatian Benatov, que hizo del grado de esfuerzo a sí mismo y a los demás, en la búsqueda de la perfección, una constante en su vida y obra.

El pasado 23 de abril de 2011 falleció de forma repentina a los 74 años de edad en Miraflores de la Sierra (Madrid) D. Björnulf Bounatian Benatov, Presidente y Fundador de la empresa Euroconsult, Miembro de la Junta Directiva de la Asociación Técnica de Carreteras y de los Comités Técnicos de Firms, de Características Superficiales y, tras la fusión de ambos, del finalmente denominado “Comité Técnico de Firms”, liderando a lo largo de su trayectoria sendos grupos de trabajo de gran importancia técnica para el sector, e impulsando y promocionando la colaboración de sus ingenieros en los Grupos de Trabajo de los distintos Comités Técnicos de la Asociación.

Entre otras responsabilidades, el Sr. Benatov también fue Vicepresidente Primero de la Asociación Nacional de Auscultación y Sistemas de Gestión Técnica de Infraestructuras (AUSIGETI), Miembro de la Junta Directiva de Tecniberia, Consejero de la Asociación Española de la Carretera (AEC) y Patrono de su Fundación (FAEC).

Nacido en París, de padre ruso y madre noruega, obtuvo el título de Ingeniero Civil por la Escuela Politécnica de Zürich, trasladándose a España en 1965. En 1968, creó Euroconsult, que se constituyó por un grupo de ingenieros y de profesionales que habían participado en el estudio y adjudicación de la concesión de la autopista de peaje Bilbao – Behobia para la realización de la primera asistencia técnica de control y vigilancia de esa autopista, creando su primer laboratorio al que se le dotaría con los primeros equipos nucleares para la determinación de la densidad del terreno. Además, su empresa fue una de las primeras de Asistencia Técnica y Control de Calidad con laboratorios acreditados conforme a la primera Ley de homologación de laboratorios de ensayo.

Tras esas primeras responsabilidades, Björnulf B. Benatov participó en otras grandes obras de infraestructura en nuestro país a lo largo de su extensa actividad profesional, como los primeros accesos a Galicia, la autopista Vasco-Aragonesa, los puentes de Rande y Rontegui, la Torre Solar de Manzanares, el tren de alta velocidad Madrid-Sevilla, el aeropuerto de Barajas, el cierre Norte de la M-40, la M-50 o las autopistas radiales de Madrid. Todo ello y con el paso del tiempo hizo que se convirtiera en un reconocido experto en Control de Calidad, dirigiendo su actividad hacia un objetivo claro como lo es la sostenibilidad de las inversiones.

Apasionado de la lectura, pues contaba con una biblioteca de más de 7 000 volúmenes, del arte y de los coches, su vida estuvo caracterizada por su poder de comunicación, su cercanía en el trabajo y su gran capacidad emprendedora, así como por su permanente búsqueda de nuevas tecnologías para su implantación en España. Pero, además, y como se deduce de sus intervenciones públicas y entrevistas a lo largo de su vida, se pueden añadir otros valores que se sostenían en una forma de pensar nada común en un empresario de gran éxito. Para Björnulf B. Benatov se debía ser “exigente y tolerante con los errores”, pues de ellos se aprende mucho; y la “búsqueda de la excelencia está dentro de cada persona”. Ambas afirmaciones definen una forma de pensar que intentó que sus ingenieros adoptaran. No hace tanto y en un importante periódico nacional, expresó su pública satisfacción por “haber inculcado a mis ingenieros que la excelencia en la calidad y el liderazgo en nuestra profesión se consigue con la investigación, el desarrollo y la innovación en nuevas tecnologías”.

Pero no acaban ahí las palabras que decíamos que definían a este hombre, pues tan amante como era de su profesión y del arte, definió toda una filosofía de la vida en muy pocas palabras: “Hacer bien las cosas es un arte” y “nuestras infraestructuras necesitan de nuestra sensibilidad para hacerlas humanas”.

Ese compromiso social y humano le llevó también a crear AYCOP, una sociedad en la que trabajan profesionales discapacitados de alta cualificación, fruto de un compromiso social por y para la integración de discapacitados en el mundo empresarial. En definitiva, su constante inquietud humanista y profesional marcaron su vida, y, si un hombre se justifica por sus hechos, lo que hizo Björnulf B. Benatov ha dejado una huella indeleble en el mundo de la ingeniería y, lo que es más importante, en el corazón y en el recuerdo de todos cuantos tuvieron la fortuna de compartir su vida.

Esperamos que esa filosofía de vida, ese espíritu emprendedor y ese demostrado humanismo tengan continuidad para bien del mundo de la Ingeniería y, lo que es más importante, para cuantas personas viven y trabajan en ella. ❖

Roberto Alberola García
*Presidente de la
Asociación Técnica de Carreteras*

Licitaciones de obras

A-7

El Ministerio de Fomento licitó el 5 de julio de 2011 las obras del tramo La Gorgoracha-El Puntalón de la Autovía del Mediterráneo A-7, en la provincia de Granada. El presupuesto asciende a 54,73 millones de euros.

El tramo, que tiene una longitud total de 9,22 kilómetros, discurre por el término municipal de Motril. También se incluye el acceso este al puerto de Motril.

A lo largo del recorrido destacan los siguientes puntos singulares: los cruces sobre el Barranco de las Provincias, el cual se salva mediante un viaducto de 262 m de luz; y sobre el Barranco de Pontes, por medio de dos viaductos de 152 y 216 m de luz, respectivamente.

En el trazado proyectado se contemplan tres enlaces, denominados Motril, Puntalón y N-340, finalizando el tramo en conexión con el nuevo viario del Puerto de Motril mediante una glorieta.

La sección tipo del tronco de autovía será de dos calzadas de 7 metros, con arcenes exteriores de 2,50 m e interiores de 1 m, separadas por una mediana de 3 m.

En el presente proyecto se han previsto 4 estructuras de las cuales 3 son viaductos y uno es paso superior.

Finalmente, la actuación contempla las medidas de protección de la vega agrícola y de corrección de impacto ambiental mediante restauración paisajística y acústica.

A-2

Igualmente, el mismo 5 de julio de 2011, el Ministerio de Fomento también licitó las obras de duplicación de calzada de la carretera N-II para la finalización de la Autovía del Nordeste (A-2), en el tramo Sils-Caldes de Malavella.

El presupuesto de licitación de las obras asciende a 38,95 millones de euros.

La longitud total del tronco de la autovía es de 6 668 m y discurre por los términos municipales de Sils y Caldes de Malavella, dentro de la provincia de Girona.

Entre los trabajos que se llevarán a cabo están la finalización de las obras de construcción de la autovía como duplicación, la preparación de la autovía para una futura ampliación a tres carriles, el mantenimiento de la calzada lateral y caminos de servicio de acuerdo con lo establecido en la Declaración de Impacto Ambiental, así como la construcción de dos enlaces: Enlace de Les Mallorquines, con la GI-555, y Enlace de Caldes, con la GI-673.

Así mismo se contempla la reposición de los servicios existentes, la reordenación de la red de caminos de la zona, la disposición de señalización, balizamiento, defensas, postes S.O.S. e iluminación en la nueva variante, y, finalmente, la aplicación de medidas correctoras de impacto ambiental.

La sección transversal del tramo de autovía estará compuesta por dos calzadas de 7 metros de anchura, en las que se alojarán dos carriles de circulación de 3,50 m, arcenes exteriores de 2,25 m e interiores de 1,00 m ó 1,50 m. ❖

RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

REVISTA DE LA A.I.P.C.R. ESPAÑOLA

Para información y suscripciones pueden dirigirse a:

Asociación Técnica de Carreteras
Monte Esquinza, 24, 4.º Dcha. 28010 Madrid
Tel.: 913082318 Fax: 913082319
info@atc-piarc.com www.atc-piarc.com

Deseo suscribirme por un año a la revista RUTAS, cuyo importe es de 60,10 € para socios de la ATC y 66,11 € para no socios (+ 4% I.V.A. respectivamente)

Forma de pago:

Cheque

Domiciliación bancaria CCC nº _____

Transferencia a la CCC nº 0234 0001 02 9010258094

Nombre

Empresa

NIF

Dirección

Teléfono

Ciudad

C.P.

e-mail

Provincia

País

Año 2011

Fecha

Firma

Nota: En los envíos no nacionales se cobran los gastos de envío

Inventemos el futuro

REPSOL



Un camino sólido hacia el bienestar de todos.

Las infraestructuras viales y su constante mejora constituyen el motor del progreso que nos permite a todos aumentar nuestra calidad de vida, aportándonos seguridad, ahorro de tiempo y comodidad. Por eso trabajamos para facilitar la vida de las personas que recorren con nosotros el camino hacia el futuro y el bienestar.

REPSOL YPF Lubricantes y Especialidades, S.A.

Glorieta Mar Caribe, 1. 28043 Madrid.

Más información en repsol.com



**BETÚN DE BAJA TEMPERATURA DE PROAS:
LA MEJOR DIRECCIÓN HACIA EL AHORRO DE COSTES
Y EL RESPETO AL MEDIO AMBIENTE.**

Los **BETUNES** de **BAJA TEMPERATURA** de **PROAS** reducen la temperatura de fabricación y puesta en obra de las mezclas asfálticas hasta en **40°C*** lo que supone, en este caso, un ahorro energético y una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero de un **35%***. Sin duda, otra de las **INNOVACIONES** del Grupo **CEPSA** pensada para serte útil.

www.proas.es

PROAS

Innovando para ti

*Comparado con mezclas elaboradas con betunes 35/50 y 50/70.