

RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

Nº 143
MARZO
ABRIL
2011

EN PORTADA

Entrevista a
D. Agustín Hernández Fernández de Rojas
Conselleiro de Medio Ambiente, Territorio e
Infraestructuras de la *Xunta* de Galicia

RUTAS TÉCNICA

Utilización de pavimentos sostenibles
en obras de conservación

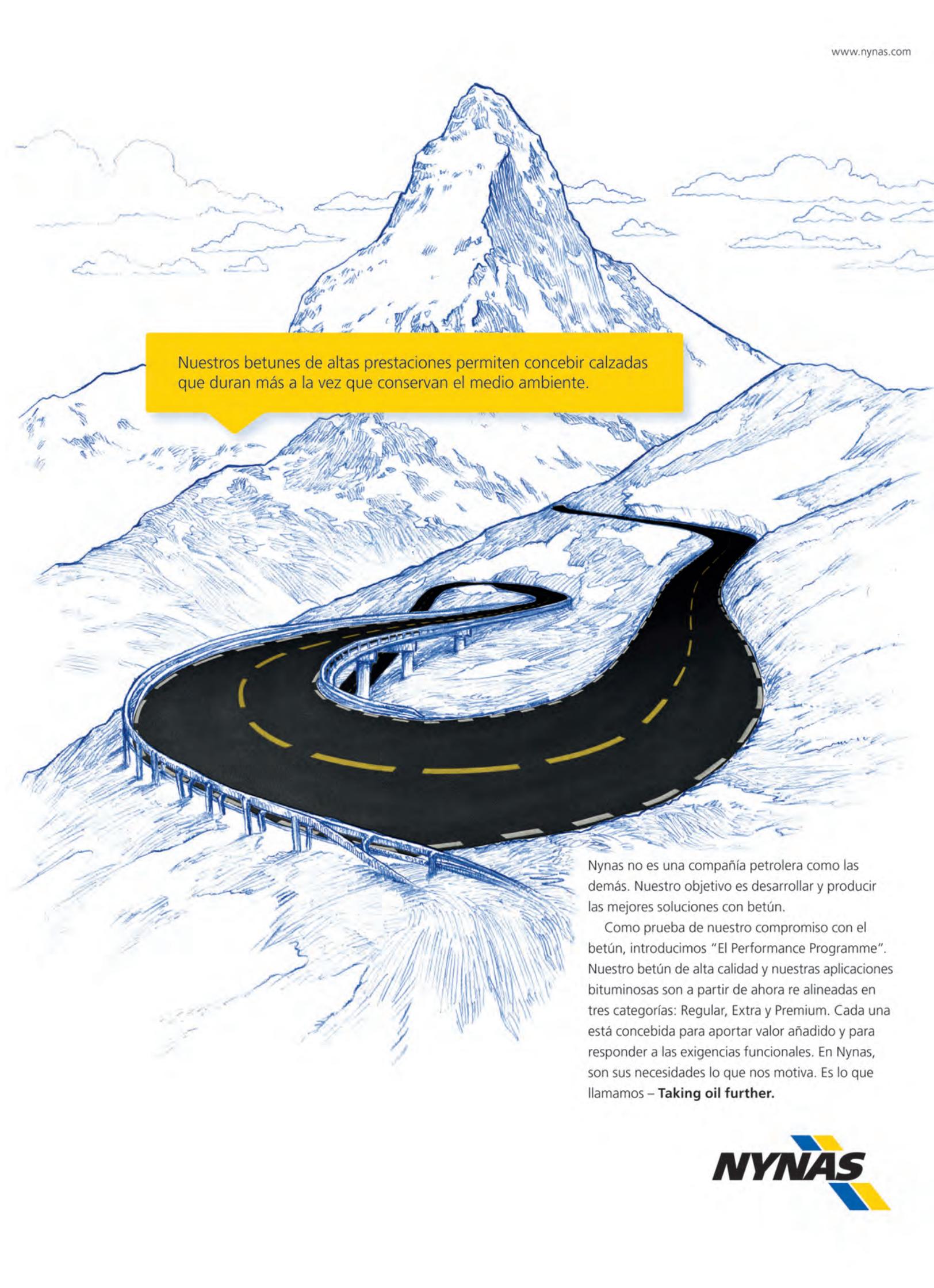
Excavación mecánica de ataque
puntual en túneles con máquina
rozadora. Conceptos básicos

Rehabilitación estructural del puente
de la A-6 sobre la Senda Real (Madrid)

SIMPOSIOS Y CONGRESOS

Jornada Técnica sobre
Inspecciones de puentes

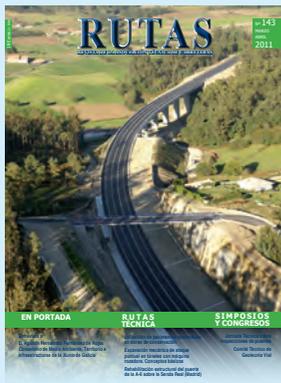
Comité Técnico de
Geotecnia Vial



Nuestros betunes de altas prestaciones permiten concebir calzadas que duran más a la vez que conservan el medio ambiente.

Nynas no es una compañía petrolera como las demás. Nuestro objetivo es desarrollar y producir las mejores soluciones con betún.

Como prueba de nuestro compromiso con el betún, introducimos "El Performance Programme". Nuestro betún de alta calidad y nuestras aplicaciones bituminosas son a partir de ahora re alineadas en tres categorías: Regular, Extra y Premium. Cada una está concebida para aportar valor añadido y para responder a las exigencias funcionales. En Nynas, son sus necesidades lo que nos motiva. Es lo que llamamos – **Taking oil further.**



Nº 143 MARZO-ABRIL 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:
Cortesía de Ingeniería del Noroeste S.L. Corredor
Brión-Noia, tramo Brión-Martelo (A Coruña).

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 **Sistemas de Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales en conservación de carreteras**
Belén Monercillo Delgado

En Portada

- 04 **Entrevista a D. Agustín Hernández Fernández de Rojas**
Conselleiro de Medio Ambiente, Territorio e Infraestructuras de la Xunta de Galicia

Opinión

- 09 **Libertad, responsabilidad y técnica**
Manuel G. Romana García

Rutas Técnica

- 12 **Utilización de pavimentos sostenibles en obras de conservación de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento**
Adolfo Güell Cancela

- 18 **Excavación mecánica de ataque puntual en túneles con máquina rozadora. Conceptos básicos**
Laureano Cornejo

- 32 **Rehabilitación estructural del puente de la A-6 sobre la Senda Real (p.k. 6). Madrid**
Ernesto Serrano Játiva

Infraestructuras Viarias

- 40 **Finalizado el acondicionamiento de la carretera Vallehermoso-Arure (La Gomera)**
Adolfo Hoyos-Limón

- 46 **Inaugurado el Corredor Brión-Noia (A Coruña)**
Ricardo López Escapa

- 52 **El inicio de una nueva conexión con Portugal. Autovía del Norte de Extremadura. Tramo: Plasencia-Galisteo**
Emilio M. Arévalo Hernández

Empresa y Tecnología

- 58 **Geobrugg Ibérica, S.A.U.**

Simposios y Congresos organizados por la ATC

- 64 **Jornada técnica sobre Inspecciones de puentes**

Actividades de los Comités Técnicos de la ATC

- 66 **Comité Técnico de Geotecnia Vial**

Premios y distinciones

- 68 **Premio Jóvenes Profesionales**
Asociación Técnica de Carreteras

Fomento informa

- 70 **Fomento informa y boletín de suscripción**

esinor

Sistemas de Ahorro
Energético & Telegestión
de **Alumbrado Exterior**

2010
2011

computer
craft

En iluminación
un **60%**
de ahorro
energético
es mucho



Gestión y ahorro de energía

918 593 877 - www.actioaedilitas.es - info@actioaedilitas.es

actio
aedilitas

➤ Instalación de Alumbrado de Infraestructuras Ferroviarias, Aeroportuarias y Puertos



Electrónica de mando TLX gestiona el funcionamiento de la instalación.



Software INGEMA es la aplicación de centralización para la configuración y gestión de las instalaciones.



Balastos electrónicos RT20/RT30 para V&A y H&H, respectivamente con potencia regulable y comunicación por onda portadora.

Línea de Energía Eléctrica (sin hilo de mando)

Sistemas de Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales en conservación de carreteras

Belén Monercillo Delgado
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Directora Técnica de la Revista Rutas

En el estudio "Análisis de la mortalidad por accidente de trabajo en España" con datos de los años 2005 – 2007, publicado por Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, se reflejan unos datos que, a día de hoy, resultan todavía preocupantes, ya que se demuestra que el porcentaje de accidentes mortales en el sector de la construcción es con gran diferencia el más significativo, con un 52% de los accidentes estudiados a la hora de realizar el documento, frente a un 5% de los sectores clasificados en segundo y tercer lugar, que engloban la fabricación de productos siderúrgicos y la agricultura. Esto supone que, aunque el sector se encuentra muy concienciado, todavía queda mucho por avanzar en materia de prevención de riesgos laborales.

Es necesario matizar que, para que en un futuro estos porcentajes se reduzcan significativamente, es necesario que se impliquen activamente todos los miembros que componen el sistema, como son, las empresas constructoras, los trabajadores, y por supuesto los gobiernos y autoridades.

La Prevención de Riesgos Laborales en el sector de la construcción resulta, por razones de tipo operativo, una tarea mucho más ardua que en cualquier otro sector. El riesgo que conllevan los trabajos a grandes alturas, los trabajos con líneas de alta tensión, la interacción con el tráfico rodado y el manejo de materiales que, o bien por sus condiciones de puesta en obra o por sus características intrínsecas resultan peligrosos para la salud del trabajador, etc., es considerablemente mayor que en otras actividades empresariales. Es necesario considerar también la poca formación que presentan los trabajadores no cualificados de este sector.

Trabajar por tanto en el sector de la construcción implica un riesgo muy alto para los trabajadores que durante mucho tiempo han sufrido accidentes de gravedad considerable con el sufrimiento social que generan dichos percances, teniendo en cuenta además que, lo que en otros sectores puede ser causa de lesiones a largo plazo, en el sector de la construcción supone accidentes graves con lesiones severas o muerte, por lo que su impacto social es mucho mayor.

En este contexto, el año 2009 se cumplieron 10 años desde la aparición de la Norma OHSAS 18000, que consiste en un documento elaborado por organismos internacionales, que a priori, no conocen las particularidades en materia de prevención en los diferentes países en los que se va a aplicar, pero que, por supuesto, tienen claro que sin una adecuada integración de la gestión en materia de prevención en las empresas no es posible llevar una política de prevención adecuada en ninguna organización.

Debe quedar claro que la certificación según la Norma OHSAS 18001 tiene carácter voluntario y que supone una ayuda a la organización para cumplir adecuadamente la normativa vigente en materia de prevención, pero nunca constituirá una solución sin la concienciación de todos los agentes implicados.

Esta Norma ha tenido, en estos 10 años desde su aparición, un recorrido importante con motivo de la demanda de las empresas por obtener ayuda en la implantación adecuada de la gestión de la prevención.

La certificación de las empresas, según la Norma OHSAS 18001, permite desarrollar e implementar un sistema de Gestión de la Seguridad

y Salud en el Trabajo muy completo, con unos objetivos que tengan en cuenta los requisitos legales y toda la información existentes sobre los riesgos. En materia de conservación y explotación de carreteras donde existe un modelo de gestión definido, con un documento guía, "Sistema de gestión de las actividades de conservación ordinaria y ayuda a la viabilidad, GSM", del Ministerio de Fomento (1996), la integración con el sistema de gestión de la prevención se convierte en una tarea sincronizada y eficaz, adaptada completamente a la actividad de la empresa que ayuda a reducir de manera continua los riesgos propios de la conservación y explotación de carreteras.

El objetivo inicial de la Norma OHSAS 18001:1999 fue promover la publicación de una especificación sobre Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud en el trabajo normalizada por ISO; este objetivo a día de hoy no se ha cumplido.

Sin embargo otros objetivos, como desarrollar una especificación o norma sobre Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud en el trabajo, extensamente adoptada y utilizada, u ofrecer apoyo a los organismos nacionales y a las organizaciones e instituciones en el fomento del desarrollo de Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud están sobradamente cumplidos debido en gran parte a la excepcional demanda existente en la actualidad, por parte de las empresas, de implantar este tipo de sistemas para minimizar en la medida de lo posible los riesgos laborales.

El incremento de organismos incluidos en el Grupo de Proyecto OHSAS y el aumento de la demanda de las empresas por este tipo de sistemas hizo necesaria una revisión, y en la actualidad se encuentra vigente la versión OHSAS 18001:2007. Las empresas que lo han implantado, según el documento OHSAS 18001:1999, tuvieron un plazo de 2 años que acabó el 30 de junio de 2009 para adecuarse a los cambios.

También se encuentra vigente en la Norma OHSAS 18002 que consiste en una guía para la aplicación de la especificación OHSAS 18001.

En la actualidad está pendiente la aprobación de un documento OHSAS para PYMES y un documento OHSAS 18003 como guía para realizar las auditorías de Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el trabajo.

Los datos a nivel mundial expresan que España en la actualidad ocupa el 6º lugar la obtención de certificados OHSAS, teniendo en cuenta que ocupa el 4º lugar a nivel mundial en certificados ISO 9000 y el 3º por certificados ISO 14000 se demuestra que las empresas aplican este sistema de gestión.

De una encuesta mundial, que realizó Grupo de Proyecto OHSAS a empresas que habían obtenido el certificado según OHSAS 18001, se obtuvieron unos resultados muy significativos: más del 55% informó sobre una gran mejora en su capacidad de respuesta ante los cambios legislativos, y, sobre todo, alrededor del 30% informó de una mejora significativa en la reducción de incidentes asociados a riesgos laborales.

Este último porcentaje tiene una especial importancia en empresas con actividades COEX, teniendo en cuenta la gravedad de los accidentes que conlleva su actividad, por lo que constituye una razón de peso muy importante para obtener el certificado. ❖



Entrevista a

D. Agustín Hernández Fernández de Rojas, *Conselleiro* de Medio Ambiente, Territorio e Infraestructuras de la *Xunta* de Galicia

Desde su nombramiento, ¿qué objetivos cree que ha conseguido y cuáles son los retos futuros más importantes que se plantea como *Conselleiro*?

El año 2010 puede considerarse como histórico para la ordenación del territorio, ya que, después de varios intentos y de 15 años del inicio de la redacción de las Directrices de ordenación del Territorio, la Comunidad Autónoma cuenta con dos documentos claves para vertebrar, proteger y mejorar el territorio de Galicia: las Directrices de Ordenación del Territorio y el Plan de Ordenación del Litoral. Me gustaría explicarles que, si bien había un retraso considerable en Galicia en materia de ordenación, la Comunidad gallega dio un paso firme el pasado año con la aprobación de las directrices y del plan del litoral.

Como saben, el 16 de diciembre se aprobaron las Directrices de Ordenación

del Territorio (DOT). Es la aprobación provisional del inicio de un camino hacia una ordenación real del territorio gallego y es el primer instrumento de ordenación territorial de carácter autonómico que se aprueba en la Comunidad. Respecto al Plan de Ordenación del Litoral (POL), que fue expuesto durante un período de 3 meses y entró en vigor el 24 de febrero, constituye un hito histórico hacia la protección integral y efectiva del litoral gallego, protegiendo, mejorando y ordenando un ámbito de 215 359 hectáreas, que equivale al 7,27% de la superficie de Galicia.

Por otro lado, el POL es un documento necesario para la consecución de un marco normativo estable que proteja de forma efectiva el litoral de la Comunidad Autónoma, marcado por dos objetivos básicos y esenciales: establecer un marco de referencia para la ordenación urbanística de la zona litoral mediante un conjunto de criterios, principios y normas generales; y aprobar la normativa de conservación,

protección y puesta en valor de las zonas costeras.

También la aprobación de la *Lei de Augas* y la reestructuración de los ámbitos de gestión en materia de aguas e infraestructuras es un objetivo conseguido.

De cara a las metas futuras, me gustaría destacar la nueva Ley del Suelo, sobre la que deseamos que se consiga el apoyo de todas las fuerzas políticas representadas en la Cámara, y el desarrollo del plan de residuos, así como el resto de planificaciones de la *Consellería*.

¿Cómo se estructura su *Consellería*?

La *Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Infraestructuras* está formada por tres secretarías generales y tres direcciones generales, además de los organismos de *Augas de Galicia*, el *Instituto Galego da Vivenda e Solo*, y la *Axencia de Protección da Legalidade Urbanística*. La clara reduc-

Nacido en 1961, es Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Madrid, en la especialidad de Cimientos y Estructuras. Además es Funcionario del Cuerpo Facultativo Superior de la *Xunta* de Galicia y diploma de Directivo en la Escuela Gallega de Administración Pública.

A lo largo de su vida profesional, desempeñó diversas funciones técnicas en la empresa Cubiertas y MZOV, S.A. como Ingeniero y como Subjefe del Departamento nº 3 en Pontevedra. De 1992 a 1994 asumió diversas funciones facultativas dentro de la *Xunta* de Galicia, siendo nombrado este último año Jefe del Servicio de Construcción de la Subdirección General de Infraestructuras Hidráulicas, y, posteriormente, Subdirector General del mismo departamento. En 1996 fue nombrado Jefe del Departamento de Gestión del Dominio Público Hidráulico del organismo autónomo *Augas* de Galicia. Más adelante, y hasta su nombramiento como *Conselleiro*, se responsabilizó sucesivamente de las direcciones de Obras Públicas de la *Xunta*, de Construcción de Sercoysa Proxectos e Obras, S.A., de Desarrollo del Grupo Puentes, y en 2008 de Infraestructuras de la Diputación de Pontevedra.

ción y simplificación de los órganos que se constata es consecuencia de la fusión de las anteriores *consellerías* de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible y Política Territorial, Obras Públicas y Transportes.

En ese sentido, este departamento redujo una secretaría general, una dirección general y cuatro subdirecciones generales, así como cuatro jefaturas de servicio.

Con el diseño del nuevo organigrama de la *Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Infraestructuras*, el Gobierno gallego ahorrará cerca de 7 millones de euros a lo largo de esta nueva legislatura, respecto de la anterior estructura. Con esta decisión, la *Consellería* de Medio Ambiente cuesta un 17,84% menos al año a las arcas públicas, ya que por cada año de la presente legislatura se ahorrarán 1 718 176 euros.

¿Cómo se estructura y qué longitud tiene la red de carreteras de su competencia? ¿Qué cambios se van a producir o se están produciendo en su clasificación?

En materia de *estradas*, Galicia presenta una extensa red formada por más de 5 400 km con la siguiente clasificación (establecida en el Decreto 308/2003 de 26 de junio): vías de alta capacidad (334), primaria básica (1 404), primaria complementaria (1 442) y de la red secundaria (2 254).

La *rede de estradas* de la *Xunta* de Galicia actúa como difusora del tráfico de larga distancia por la RIXE (*Rede de Interese Xeral do Estado*) y posibilita las relaciones interiores entre las distintas comarcas y la conexión de los núcleos del tamaño medio.

En esta materia Galicia presenta una extensa red, gestionada por distintas Administraciones (Estado, *Xunta*, Diputaciones provinciales y municipales), que en la actualidad alcanzan los 17 738 km. Esta cifra sitúa a la Comunidad Autónoma por encima de la media estatal, tanto en lo que se refiere a la longitud de la red por superficie territorial (604 km/km² de superficie, frente a los 327 km de la media del Estado), como en la relación de su población (639 km por 100 000 habitantes, frente a los 382 km de la media estatal).

¿Qué actuaciones recientes destacarías de las finalizadas o en fase de construcción?

De las actuaciones finalizadas, destaca la Variante de Outes, puesta en servicio por el presidente de la *Xunta* en enero de este año, por lo que tenemos una muestra más de que en la *Xunta* se está apostando por el progreso, por la racionalidad y por la tranquilidad, con el objetivo de salir de la crisis económica en la que estamos viviendo estos últimos años.

También iniciamos las obras de la variante de Noia. Un puente sobre la ría que enlazará a la VAP Brión-Noia con el vial AC-550, dirección Porto do Son, sin tener que pasar por el centro del municipio.

Dentro de este año iniciaremos las obras de la Autovía Vilagarcía-Pontevedra, entre Curro e Baión, con el objetivo principal de incrementar la capacidad de la estrada PO-531, para lo que se dispondrá de una inversión de 82,36 millones de euros. También en la provincia de Pontevedra, venimos de iniciar las obras de la duplicación de calzada de la carretera Pino Bora-O Pino (PO-542), que hará posible la conexión al nuevo hospital público desde la ciudad de Pontevedra. Esta actuación, que está recogida en el Plan MOVE, tiene un importe de ejecución de 4,7 millones de euros.

Tenemos el compromiso de terminar este año el proyecto de mejora de la carretera Pontevedra- Baión (PO-531), cuya ejecución implicará una inversión de 10 millones de euros. Hemos adjudicado las obras de construcción del primer tramo (Enlace de Curro- Enlace de Costa), de la Autovía Pontevedra- Vilagarcía, por un importe de 13,2 millones de euros. Creemos que las obras de construcción de este tramo comenzarán en el segundo trimestre de este año 2011.

Otras actuaciones importantes son la autovía entre Ourense y Celanova que tendrá cerca de 19 km, que incluye tres viaductos sobre los ríos Arnoia, Rego de Oporto y Ourille, y en ella se le prestó especial atención a la permeabilidad para garantizar la comunicación entre sus márgenes, contando con trece pasos superiores y dieciséis inferiores. En su conjunto, la autovía supone una inversión de más de 110 millones de euros.

Como ve, apostamos tanto por la verte-

bración de las provincias del interior como del litoral, y muestra de ello es la Autovía de la Costa da Morte. Esta actuación supone la ejecución de una nueva Vía de Alta Capacidad entre el municipio de Carballo (AG-55) y el de Vimianzo (Berdoias), discurriendo además por los municipios de Coristanco, Cabana de Bergantiños y Zas, con una longitud de 42 km. Tal y como se había comprometido el Gobierno gallego, esta infraestructura fue licitada el pasado día 30 de diciembre por un importe de 784 millones de euros.

¿Y en cuanto a accesos a grandes ciudades?

También se apuesta por proyectos que ordenen los accesos a las ciudades como la Tercera Ronda. A lo largo de 2011 se impulsará esta obra: una nueva vía de 6 carriles (3+3) y una longitud de 4,5 km que tiene como objeto dar comunicación a toda la zona oeste de la península de la ciudad, permitiendo la conexión con la AC-552, AG-55 y AC-14 (nuevo acceso del Ministerio de Fomento a ciudad de A Coruña) sin pasar por el centro de la ciudad. Con el último tramo de la Tercera Ronda, que supone la conexión con la futura autovía AC-14 en Lonzas (tramo III), la *Xunta* de Galicia finaliza los trámites necesarios para llevar a cabo a finalización de la infraestructura. Las obras implican una aportación económica de 18 362 073,53 euros que, sumados a los presupuestos de las actuaciones de los tramos anteriores, eleva la aportación del Gobierno gallego a más de 82 millones de euros.

Otra actuación destacada es la Vía de Altas Prestaciones de Costa Norte, que une San Sadurniño con San Cibrao, y el importe al que se eleva la materialización de esta vía es de 460 millones de euros. Para llevarla a cabo, se segmentó su trazado en 10 tramos que implican la construcción de 83,21 km de vía de altas prestaciones

¿Con qué presupuesto cuenta para 2011 y cómo se desglosa? ¿De qué forma le ha afectado la actual situación de ajuste presupuestario?

En portada

El presupuesto de este año se eleva a 968,2 millones de euros, esa cifra representa la capacidad inversora de la *Consellería* y de los entes adscritos a ella (*Augas de Galicia, Instituto Galego de Vivenda e Solo, Xestures, Sogama e APLU*), además de la anualidad correspondiente a las obras encomendadas a la Sociedad Pública de Inversiones (120,6 millones de euros, un 31% más que en el 2010) y la anualidad de ejecución de obra extra-presupuestaria, que se eleva a 128 millones de euros, un 62% más que en el año pasado.

El presupuesto que dirige las actuaciones del departamento para este año 2011 está marcado por una doble exigencia: la que se deriva de un escenario económico de fuerte carácter constrictivo y la que responde a la decisión del Gobierno gallego de mantener la austeridad y las políticas sociales y de bienestar, como prioridades de su acción.

El objetivo de la *Consellería* es hacer rentables al máximo las disponibilidades presupuestarias, bajo la premisa de no detener ninguna actuación iniciada y no rescindir ninguno de los contratos actualmente en vigor.

Esto significa que los presupuestos que manejamos para el presente año participan de las limitaciones económicas que son inherentes al conjunto de las Administraciones públicas españolas, en un contexto de crisis generalizada, y con el agravante para Galicia de tener que devolver los anticipos realizados conforme al sistema de financiación autonómica, y la merma de la capacidad de endeudamiento y de los recursos del modelo de financiación.

En este escenario, las cuentas públicas pretenden dar respuesta a las necesidades más urgentes del país en materia de movilidad, de ambiente, de ordenación territorial y de vivienda y suelo empresarial. Se trata de contraponer estas limitaciones con el máximo rendimiento de cada euro a favor de acciones productivas que tiendan a multiplicar los efectos de la inversión pública.

Durante este ejercicio, se primará la optimización de la capacidad de gestión del departamento con la creación de la Agencia Gallega de Carreteras y con la reformulación del organismo *Augas de Galicia*, y se procederá a adecuar un buen número de normas que van a contribuir a la mejora de



Vista de la variante de Outes en fase de construcción e inaugurada en enero de 2011

la eficacia en diferentes ámbitos, como la de la Movilidad (con iniciativas legislativas para el transporte marítimo o el ente público ferroviario) o aquellas dirigidas a la Vivienda (como el nuevo decreto para la rehabilitación en el rural y en los núcleos históricos o la nueva Ley de Vivienda).

Para seguir con el tema de las infraestructuras viarias, debemos remitirnos al Plan MOVE. ¿Nos puede informar sobre este Plan?

El *Plan de Mobilidade e Ordenación Viaria Estratégica* de Galicia 2010-2015 (Plan MOVE) es un proyecto ambicioso que planifica y ordena, por primera vez de una manera global, la movilidad del conjunto de personas y mercancías en Galicia. Prevé una inversión total de 3 645 millones de euros hasta 2015, en una planificación global del territorio, y una movilización de 70 000 puestos de trabajo en el mismo horizonte.

Además y sobre este tema, quiero recordar que el pasado mes de septiembre tuvimos que revisar este plan y ajustar los presupuestos al nuevo ejercicio presupuestario como consecuencia de los ajustes impuestos. A pesar de ello, mantenemos intactos los compromisos con las grandes infraestructuras. Y también me gustaría recordar que la nueva planificación es necesaria como consecuencia del poco rigor presupuestario de los ejercicios 2008 y

2009. Por ello, el ajuste de las actuaciones sólo tiene una causa: la errática gestión de la crisis por parte del Gobierno de España y la exigencia a la *Xunta* de devolver 2 500 millones de euros.

La *Xunta* está trabajando con seriedad, transparencia y responsabilidad para garantizar la continuidad de la obra pública en Galicia pese a los recortes impuestos por la Administración Central. El Gobierno gallego pretende mantener el nivel de ejecución del programa de vías de altas prestaciones, la de mayor peso dentro del plan, en el que ya se está trabajando en más de 423 km, el 73% de los previstos. De estos, se encuentran en obras o en servicio a día de hoy un total de 166 km, el 30% del total. Considero que es un grado de ejecución muy satisfactorio para un plan que acaba de cumplir su primer año de vida.

En cuanto a las vías de altas prestaciones, se garantiza la ejecución en plazo de un total de 12 autopistas, además de mantener la práctica totalidad de las VAP en los horizontes previstos en el Plan MOVE. De estas actuaciones, 9 estarán listas en el horizonte de esta legislatura y las 3 restantes en el horizonte de 2015.

Además hay que puntualizar que el proyecto incluye un conjunto de actuaciones como la creación de nuevas vías, conservación de carreteras y aumento de la seguridad viaria, de flexibilización de los peajes para los usuarios habituales de las autopistas de titularidad autonómica, y de



En 2011 se impulsarán las obras de la tercera ronda, que tendrá una longitud de 4,5 km

planificación de aparcamientos disuasorios a la entrada de las ciudades

El MOVE incluye, como actuaciones imprescindibles para definir la red de titularidad del Estado en Galicia, la autovía Lavacolla-Guitiriz, como continuación natural de la autovía A-8 hasta la capital de Galicia; la autovía Pontevedra-Cerdedo-Lalín-Lugo, como eje transversal para vertebrar el noroeste de la provincia de Pontevedra; la autovía Chantada-Monforte, que aunque estaba en el Plan Galicia, a día de hoy no estaba incluida en el PEIT; y la autovía de circunvalación este de Ourense.

En el apartado de actuaciones en la red viaria autonómica, las actuaciones van orientadas a diferentes aspectos: en primer lugar, solventar las deficiencias de la red de carreteras, pues aún existe un número importante de kilómetros de red de carretera autonómica que no reúne las condiciones idóneas, tanto en lo que es su trazado en planta como en alzado. Al tiempo, es necesario completar los tramos de vías de altas prestaciones y vías suplementarias que permiten el acceso a esas vías de altas prestaciones. Es necesario eliminar muchas de las travesías existentes en nuestras carreteras, donde aún existen 104 km de travesías en los 5 434 km de red autonómica, y lo que es más importante: aún hay casi 300 km de travesías donde la intensidad de vehículos es muy importante y está muy por encima de los 8 000 vehículos por día.

Siguiendo con los planes de actuación, ¿nos puede informar sucintamente qué es el “Plan de Aforos”, en qué consiste y de qué forma se está llevando a cabo?

El objetivo básico del vigente Plan de Aforos es el conocimiento del tráfico que circula por las distintas carreteras de la red, definido por una serie de parámetros característicos como la intensidad media diaria o el porcentaje de vehículos pesados y sus variaciones a lo largo del tiempo. Estos parámetros se utilizarán como base para regulaciones de tráfico, y para el planeamiento y explotación de la red viaria.

Habida cuenta de la amplitud de la red de carreteras que se pretende controlar con el Plan de Aforos y la escasez de los equipos disponibles, se hace necesaria una optimización de los recursos materiales y humanos que hay que utilizar. Para eso es necesario realizar una selección muy cuidadosa de las secciones en las que se realizarán los aforos, de tal manera que todas las vías de la red queden representadas.

¿Y el Plan de Seguridad Vial de Galicia? A nuestro entender también se trata de un proyecto muy ambicioso....

Recientemente, el Gobierno gallego presentó *Plan de Seguridad Viaria 2011-*

2015. La inversión total del Gobierno gallego en las acciones vinculadas al plan asciende a cerca de 2 450 millones de euros.

El objetivo primordial de este plan es reducir el ratio de fallecidos en accidentes de tráfico por millón de habitantes, de suerte que Galicia se sitúe en el contorno del promedio español (59 fallecidos por millón de habitantes). Se trata de un reto ambicioso porque Galicia es la cuarta comunidad autónoma en kilómetros de carreteras pero, tal y como señalé en su día: la seguridad viaria es una cuestión capital para la Xunta de Galicia.

¿Cómo calificaría la actuación de la Consellería con respecto a la recientemente terminada campaña de vialidad invernal? ¿Qué problemas se han planteado y cómo se han resuelto?

El Plan de Viabilidad invernal permite actuar para mejorar las condiciones de circulación ante los efectos adversos que la meteorología genera en el período invernal. Las medidas y actuaciones se dividen en dos grandes grupos: aquellas que permiten anticiparse a los posibles problemas que puedan surgir y las que garantizan la viabilidad, e incrementan la seguridad en las carreteras. La Xunta de Galicia protege más de 5 000 km (5 434) de la red de carreteras de la Red Autonómica con un operativo especial de invierno de cerca de 3,5 millones de euros.

El plan de viabilidad implica la puesta a disposición de diferentes medios en cada provincia, como los materiales (centros operativos, reservas de fundentes de sal y maquinaria) y medios humanos. Se realiza a través de los agentes de los servicios de infraestructuras de cada provincia, contratos de conservación integral y de las vías de alta capacidad. Esto implica la puesta en marcha de 32 centros operativos, 44 reservas fundentes, 141 máquinas y casi 500 personas.

En definitiva, se trata cumplir con el objetivo de garantizar la mejora de las condiciones de vialidad, que se pueden ver dificultadas en invierno por la presencia de fuertes lluvias, la formación de placas de hielo, o la aparición de nieve. Cuando

aparece hielo o nieve en las carreteras el principal problema para la conducción es la pérdida de “agarre” de los vehículos, lo que puede provocar deslizamientos, pérdidas de control, y, como última consecuencia, un accidente.

El Medio Ambiente también figura de forma primordial dentro de sus competencias. ¿Cuál es su importancia? ¿Cuáles han sido sus logros más importantes y cuáles son los retos u objetivos actuales que se han planteado?

En el actual marco de globalización, la Unión Europea ha venido asumiendo desde hace décadas un papel de liderazgo mundial en plantear políticas ambientales en diversos ámbitos como la reducción de la contaminación del entorno, la lucha contra el cambio climático o el tratamiento de residuos, con una perspectiva integradora y de coordinación de las políticas de los estados miembros inherente a su carácter de entidad supranacional.

Partiendo de este contexto general, la aplicación de las políticas europeas en materia ambiental está suponiendo un evidente efecto positivo para Galicia, permitiendo la integración de los aspectos ambientales en la definición de proyectos, planes, programas y políticas públicas. Así se fomenta que empresas y particulares asuman como propia la responsabilidad de desarrollar conductas compatibles con el ambiente desde una perspectiva que, trascendiendo el clásico planteamiento limitado a la preservación de unos valores naturales del entorno, pase a constituirse como un factor necesario para el bienestar y el desarrollo de la sociedad y de los ciudadanos que la integran.

No obstante, es preciso realizar un esfuerzo continuo y sostenido para adaptar estas políticas a nuestra concreta realidad y garantizar su cumplimiento bajo criterios de eficiencia ambiental y económica.

Nuestra gestión también se ha centrado en la aprobación de dos proyectos importantes e imprescindibles para mejorar el medio ambiente son: la nueva *Lei de Augas* y el nuevo Plan de gestión de residuos urbanos de Galicia 2010-2020. El plan de residuos fue aprobado en enero de este

año y es un documento vital para Galicia, pues establece las bases para impulsar la gestión de residuos urbanos hacia un nuevo escenario más sostenible y acorde con la jerarquía de residuos marcada por la normativa, haciendo especial hincapié en la prevención, la valorización de los residuos y la concienciación y participación ciudadana.

Por primera vez, se define un objetivo cuantitativo ligado a la prevención y valorización. En el caso de la prevención, el plan prevé estabilizar la generación en una primera fase y conseguir una reducción del 10% en 2020 de la generación per cápita respecto de 2009 (que se situó en 1,216 kilos por habitante). Además, sus objetivos concretan un incremento de la valorización (recuperación de materiales gracias al reciclaje) desde el 10,3% conseguido en 2009, a un mínimo del 30% de valorización material total en el 2020.

La *Lei de Augas*, que entró en vigor el pasado 18 de diciembre, pretende dar cumplimiento a la Directiva Marco del Agua (DMA), lo que significará un cambio de modelo de gestión de la Administración hidráulica gallega. El texto se trasladará ahora al Parlamento de Galicia para su debate y aprobación.

Con esta nueva norma se conseguirá un modelo de gestión que establece 3 líneas estratégicas principales: la ambiental, que es conseguir el buen estado ecológico de las aguas en el año 2015 atendiendo a un uso sostenible y racional del agua; la económica, que supone aplicar el principio de recuperación de los costos de los servicios relacionados con el agua y del principio de austeridad en la Administración hidráulica; y la social, que buscará garantizar la participación del público en general en la gestión de los recursos hídricos.

Me gustaría reiterar que, en virtud de esta ley, los usuarios que tengan captaciones propias, como pozos o manantiales, no tendrán que pagar el canon del agua. La propia Ley de Aguas establece una bonificación del 90% para estos supuestos, lo que en la práctica implica que no tengan que pagarlo por resultar antieconómico para la Administración. Por este motivo, la mayor parte de las “traídas” vecinales tampoco abonarán el tributo.

Esta ley es un instrumento necesario para lograr el doble objetivo de regular

un uso racional y sostenible del recurso y garantizar agua en calidad y cantidad a la ciudadanía. También se contempla que los usos agrarios, ganaderos y forestales, que representan un elevado porcentaje de consumo de agua en las “traídas” vecinales, quedan exentos del pago del canon, y tampoco se exige para estos casos el deber de instalar contadores. Dado que la realidad gallega en lo rural es que no haya contadores instalados, la propia Ley permite la posibilidad de determinar el canon del agua por métodos de estimación objetiva.

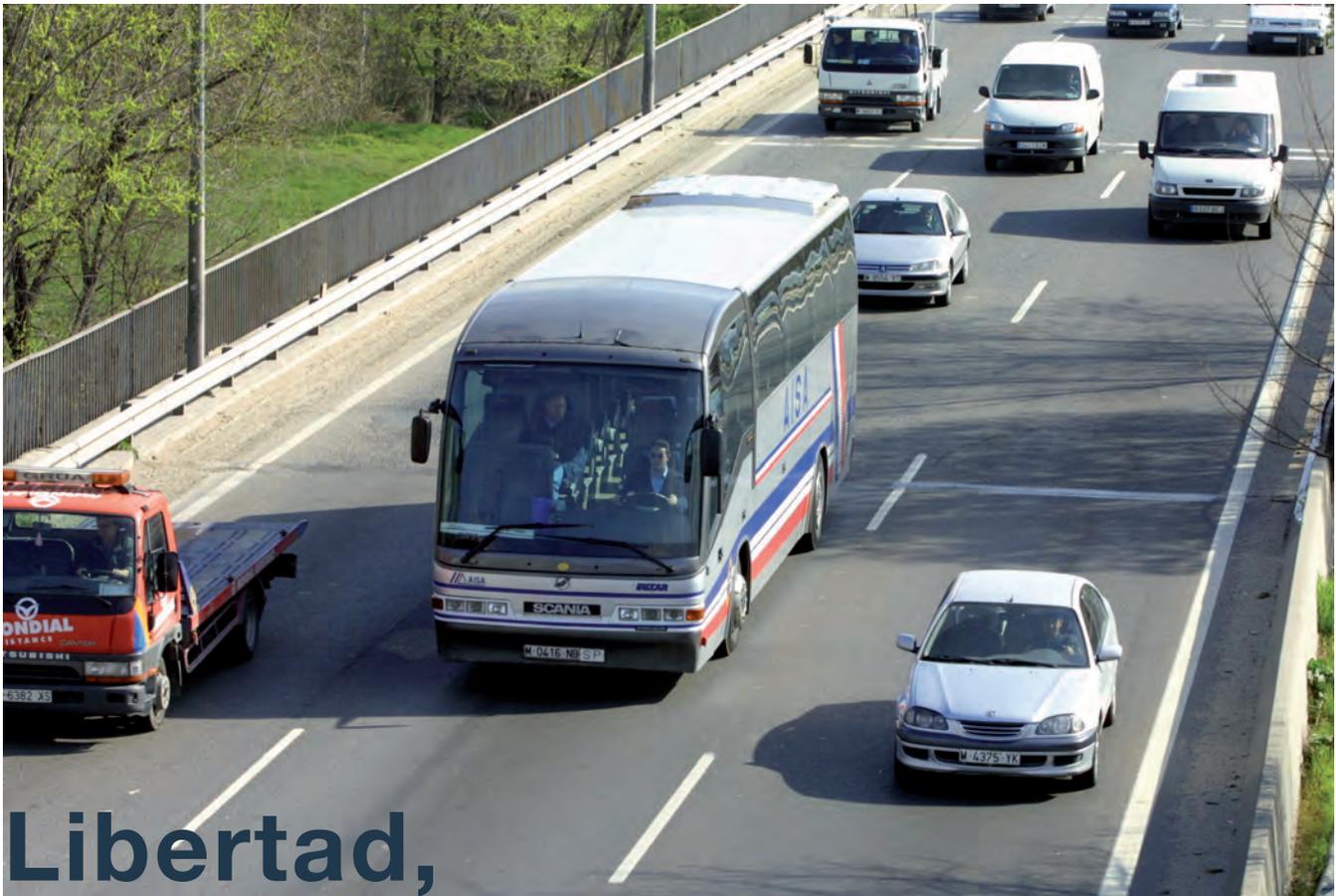
¿Qué otras actuaciones en otros sectores destacaría brevemente?

En materia de Territorio, las prioridades de la *Xunta* de Galicia para el año 2011 estarán marcadas nuevamente por la ordenación del territorio y la vertebración de Galicia. Trabajaremos para poner un nuevo elemento a favor del territorio, con el inicio de la tramitación de la nueva *Lei do Solo*. Esta nueva ley será un documento más sencillo, más claro y espero que consiga el consenso, a ser posible, de las fuerzas políticas, por lo que, al igual que hicimos con el POL y con las DOT, invitamos a los grupos a trabajar desde la cooperación y el diálogo social.

Este proyecto pretende favorecer un desarrollo equilibrado, la sostenibilidad ambiental, y la legalidad, la redistribución y la transparencia. En mi opinión, el urbanismo debe ser un elemento básico de organización social, velando por la legalidad de las actuaciones.

Otra línea de acción que se mantendrá será la agilización en la tramitación de planes generales, pues se podrá incrementar hasta un 25% el número de ayuntamientos con plan general de ordenación, respecto de los tramitados en la anterior legislatura; es decir, unos 40 ayuntamientos contarán con plan de ordenación. Nuestra pretensión es que los ayuntamientos vean el urbanismo como una oportunidad, en lugar de un problema.

Y sin más que añadir, agradecemos al *Conselleiro* la atención dispensada a nuestra revista. ❖



Libertad, responsabilidad y técnica

Manuel G. Romana

Escuela de Ingenieros de Caminos
Universidad Politécnica de Madrid

¿Qué han hecho los ciudadanos que se desplazan en coche para que tantos grupúsculos, grupos, organismos y medios estén empeñados en restringir este estupendo modo de desplazamiento? ¿Están justificados tantos ataques? ¿Hay recursos técnicos para ordenar la situación, ajustando la libertad a sus límites y dando y pidiendo responsabilidades a los conductores, a otros actores y a la Administración?

Para empezar, necesitamos términos nuevos. *Acompañante* no es un término correcto para un viajero que no conduce. Parecería que, no teniendo nada mejor que hacer, se mete en el coche con el conductor (un estudio reseñado en La Vanguardia afirma que el 33,3% % de los desplazamientos de las mujeres catalanas se hacen en coche, pero ellas prefieren viajar sin conducir). Por su parte, *conductores* son unos cuantos, pero esto queda bastante lejos de todos los que manejan un coche. La misma denominación de conductor trae a

la cabeza a alguien cuyo primer objetivo es conducir, y esto no suele ser cierto: es desplazarse con otro motivo, no es pasear en coche sin más. *Cochero* no parece un término adecuado. *Viajero individual* tampoco. Pero necesitamos que el lenguaje refleje la realidad: los que llamamos conductores son viajeros, o pasajeros (aunque no compren un pasaje).

Para seguir, la práctica totalidad de las personas hacen parte de sus desplazamientos en coche, parte que aumenta en el caso de la población activa, que no sólo va a trabajar sino también a comprar. Y esto lo hacen en coche todos los que pueden, al menos para compras de cierto volumen. Las compras grandes ahorran tiempo. Para ir al trabajo es relativamente sencillo convencer a muchos usuarios de que renuncien al coche. La compra es otro tema, como se aprecia viendo los aparcamientos de zonas y centros comerciales. ¿Cuántos centros conoce usted sin aparcamiento?

Claro, también tienen transporte público. No hay por qué discriminar.

Manejando información parcial, y escudándose en nociones como el apego de las personas a sus coches y otras cosas similares (que, sean verdad o mentira, no son aplicables al caso de conducir muchos días al año para trabajar, comprar o ir al cine), continúan multiplicándose las maniobras que buscan aplicar políticas restrictivas del uso de la carretera y del automóvil. Basados en principios no siempre claros ni ciertos, se parte de una posición contra el transporte en automóvil, y suele concluirse que lo mejor es restringir de uno u otro modo su uso. Además, desde las diferentes Administraciones se insiste en que en esta situación actual de crisis no será posible acometer mejoras en las redes de carreteras, y es probable que los ataques al coche encubran excesivos recortes del presupuesto, que pagaremos religiosamente cuando las carreteras se deterioren. Hay



Hay que cuidar y vigilar todos los medios, atendiendo a su diferente utilidad. Sin prejuicios

muchas personas rezando para que no se degrade el patrimonio viario.

Convendría contrastar las ideas antes de abrazarlas. El comentario viene a cuento porque en los últimos años se han adoptado medidas que reducen la utilidad del coche, partiendo de posiciones políticas, ideológicas o puede que propagandísticas, pero sin tener en cuenta la técnica, que permite evaluar justamente la efectividad y el rendimiento de las distintas iniciativas. Por ejemplo, la reducción de la velocidad en las autopistas en el entorno de Barcelona; la cancelación de la subvención a una investigación uno de cuyos frutos podría ser la justificación de aumentar la velocidad máxima en autopistas; la publicación de un estudio de la diferente movilidad de hombres y mujeres; y la campaña de cámaras puesta en marcha por el Ayuntamiento de Madrid, que sigue a la del control de la velocidad. Las medidas son tomadas por toda índole de Administraciones y todos los partidos. Veamos estas iniciativas, y algunas otras.

Hay que contemplar en su conjunto la responsabilidad y la libertad, la necesidad de financiación de la sociedad, y el justo pago de los costes de cada cosa. Para todo ello tenemos una herramienta simple y poderosa: la técnica, que se basa en conceptos científicos para lograr un conjunto de razonamientos repetibles y suficientemente objetivos como para llegar a acuerdos y evaluar situaciones.

Pues bien, en cuanto a la restricción de velocidad en Barcelona, la medida fue publicitada como muy exitosa incluso antes de

implantarla. Resulta que una comunicación presentada al IX Congreso de Ingeniería de Transportes (CIT), celebrado recientemente, demuestran que esta medida no resulta beneficiosa, precisamente por fijar un límite de 80 km/h. Las mejoras de capacidad y estabilidad son claras en situaciones de congestión: se producen menos emisiones y el coste por demora es también menor. No ocurre lo mismo cuando la circulación es fluida. Entonces las emisiones son muy similares a 80 y a 100 km/h para casi todos los vehículos, y la limitación provoca demoras que cuestan a la sociedad mucho más. Globalmente, los autores afirman que "Para los escenarios evaluados con la misma demanda, la rentabilidad social de la medida ha sido negativa, ya que ha supuesto un aumento de costes". Por tanto, la medida fue bienintencionada pero arbitraria, y ha sido necesario que el gobierno autonómico que la aprobó perdiera las elecciones para que sea revisada. Claro que ya está siendo mitigada en la práctica, ya que "en referencia a los escenarios con datos reales, la rentabilidad (social) obtenida es positiva, fruto principalmente de un cumplimiento laxo de la medida".

La Administración aceptó subvencionar un proyecto de investigación para examinar la posibilidad de revisar la velocidad máxima en función de las circunstancias. Pero alguien cayó en la cuenta de que sus resultados podrían emplearse para justificar unos límites de velocidad algo más elevados en condiciones favorables del clima y del historial relacionado con la seguridad

vial. Después de un avance de presentación a una reunión de Directores Generales, la subvención de este proyecto fue cancelada con fútiles pretextos, imposibilitando su continuación. Nadie se ha hecho eco de esta cancelación, probablemente porque la idea de ir más deprisa no es "políticamente correcta".

El universo no se acaba en una biblioteca, ni en un despacho ni, me atrevería a decir, en una redacción. En los últimos años, la velocidad máxima se ha aumentado en EE.UU. en autopistas fuera de poblado. En California, por ejemplo, se recomienda a los conductores que pasen en ámbar (no en rojo, claro, y también hay cámaras). En Alemania no existe velocidad máxima en ciertos tramos de autopista. Todos estos ejemplos son claramente anteriores a las medidas que se han ido tomando en España.

El estudio de movilidad por sexos es de un cierto interés sociológico como un retrato de la sociedad catalana (ámbito del estudio). Su título es "Mujeres, movilidad, tiempo y ciudades", de una profesora de la Universidad Autónoma de Barcelona. Se basa en datos de la Encuesta de movilidad cotidiana de 2006, en el ámbito catalán. En este contexto lo más interesante es recoger las bases de evaluación de la movilidad. Su reseña periodística cita parte del estudio, afirmando que "antes se primaba la distancia y ahora lo que más cuenta es el tiempo, y no sólo cuantitativo, también cualitativo (por ejemplo, si podemos viajar sentados leyendo un libro) e incluso emocional (si se hace de manera cómoda, segura...)". Por ello, prosigue la geógrafa, "la movilidad es el reflejo de nuestra vida cotidiana". Es claro desde hace décadas que lo que importa es el tiempo; pero, ¡claro! como cada uno se mueve por un entorno cuya velocidad no varía demasiado, la distancia puede sustituir al tiempo de forma segura. Hay que sumar un coste, porque para determinadas personas el coste de un desplazamiento largo en coche les hace desistir de este modo, especialmente si hay que sumar un coste monetario o de tiempo apreciable por aparcar. Además, es obvio que todos preferimos ir seguros y leyendo. Pero esto sólo puede ocurrir en el transporte colectivo, y en muchos casos se invierte más tiempo en el caso de optar por estos medios frente al vehículo. La misma profesora afirma

que las mujeres que tienen coche lo usan para el 69,9% de los desplazamientos, por un 78,1% de los hombres. Esta escasísima diferencia lleva al periodista a afirmar que “El coche no seduce a las mujeres o lo hace de otro modo”. Caramba, entre el 70 y el 78, y con la variabilidad implícita en estas encuestas, estamos ante un cambio de paradigma. La afirmación está escasamente soportada por los datos, pero ahí queda.

Cambiamos de ámbito geográfico. En Madrid se ha comenzado a implantar una red de cámaras para vigilar el cumplimiento de la obligación de detenerse ante un semáforo en rojo. Nuevamente se hace en nombre de los conductores y los ciudadanos. Pero se aplica, al revés que en Barcelona, con un celo máximo: se multa a los que cruzan en ámbar. Se produce así la paradoja de que, si el vehículo está antes del semáforo, puede tener que reducir de 50 km/h a 0 en un segundo. Ya se ve que no es la comodidad ni la seguridad de los viajeros lo que el Ayuntamiento persigue.

No se sabe de estudios que avalen la medida en España, sabiéndose como se sabe que los frenazos bruscos no suelen ser buenos para la seguridad vial, y que un semáforo verde pasa a ámbar sin previo aviso. La respuesta del viajero es clara: a cierta velocidad en un instante, detenido en el instante siguiente, si la mala fortuna le encontró junto a la marca vial de detención. Y en semáforos sobresaturados esta situación se da en todos y cada uno de los ciclos. No poseo información sobre si sólo se está tomando la medida en semáforos no saturados.

La Comisión de Transportes del Colegio de Ingenieros de Caminos también contribuyó al CIT con una comunicación sobre el cambio climático. En su punto quinto se incluyen las medidas mitigadoras de la emisión de gases de efecto invernadero en los transportes. Se reproducen a continuación las correspondientes a la gestión de la demanda, añadiendo el autor en cursiva a qué medios de transporte afecta:

- 1) Gestión de la demanda de transporte.
 - a. Imposiciones fiscales al combustible (*carretera, y en especial vehículo particular*).
 - b. Imposiciones fiscales al vehículo (*ídem*).
 - c. Fijación del precio por utilización de

la infraestructura (*actualmente carretera, aunque en teoría son todos*)

- d. Fijación de precios a las emisiones (*en teoría todos, en la práctica casi nunca se atribuyen los costes de generación de energía eléctrica al ferrocarril*).
- e. Limitaciones del transporte en áreas sensibles (*vehículo particular en áreas metropolitanas*)
- f. Mejora de la planificación del territorio (*todos, o más bien ninguno*)

Es decir, contra el coche. Sin embargo, el transporte colectivo tiene una ocupación media en general baja, por lo que sus costes ambientales son mayores que los que normalmente se cuenta o, alternativamente, hay que reducir las frecuencias de paso (lo que suele favorecer el uso del vehículo particular). Sin embargo, medidas como compartir el coche serían muy eficaces (no tanto la de sustituir vehículos de combustibles fósiles por eléctricos: sigue siendo necesario producir la electricidad y, además, tienen problemas de puesta en marcha y parada muy superiores a los de los coches “normales”, ya que los combustibles fósiles pueden ser ambientalmente terribles, pero conservan la energía con una puesta en marcha muy económica).

Y, sobre todo, se echa en falta una identificación clara de qué situaciones son las que contribuyen más o menos al cambio climático, para incidir en ellas. Claro que como se concluya que los desplazamientos de fin de semana deben ser obstaculizados para reducir las emisiones, ya veremos qué pasa con el sector turístico en general, y las casas rurales en particular.

Finalmente, los usuarios madrileños pagarán con tarifas más elevadas y plazos de concesión más largos los errores e imprecisiones de Ministerio y concesionarias, sumadas al criterio legal establecido por los tribunales acerca de las expropiaciones (que pagarán las concesionarias) en las autopistas radiales de Madrid. Baeza y Vassallo (2010) resumen bien su situación en otra comunicación al CIT: o se elige ampliar la concesión, incidiendo sobre los viajeros, o se rescatan las autopistas, acudiendo al bolsillo maltrecho de los administrados y sus haciendas.

Todos queremos que nos den libertad para manejar nuestros asuntos, incluidos

nuestros desplazamientos. La gente vive donde quiere (siempre dentro de un compromiso entre ingresos y costes) y trabaja donde puede, maximizando su utilidad entre sueldo, tiempo, comodidad e inconvenientes del trabajo. El precio de la libertad es la responsabilidad, y probablemente los impuestos son el precio de una sociedad desarrollada menos injusta y arbitraria. Ello obliga, evidentemente, a tomar medidas de intervención y regulación en un sistema sumamente complejo, en el que los que participan tienen voz y voto, gracias a Dios, y un cierto grado de información. Y es bueno que se tomen, incluso equivocándonos a veces. La técnica permite que evaluemos las medidas y tomemos decisiones basadas en datos, y no en opiniones, prejuicios, ideologías o excusas.

Justo al entrar en prensa llega la noticia de que el Alcalde de Getafe, presidente de la Federación Española de Municipios, propone cerrar al tráfico los centros de las ciudades; y, simultáneamente, descentralizar los ministerios y consejerías, repartiéndolos por la periferia. No se sabe si lo mismo se aplicaría a las concejalías: la moda hoy es hablar de lo que deberían hacer los demás. Es fácil ver que la descentralización obligará a modificar la red de transporte público, o aumentará los recorridos en coche para hacer las gestiones que invoca el Alcalde de Getafe: si los edificios se reparten por un territorio de unos 25 km de diámetro, los destinos, de media, quedarán más lejos. Ir al centro es en transporte público es relativamente sencillo, ir a otra periferia extremadamente lento e ineficaz. La manía al coche les ciega.

Así pues, antes de alabar o condenar una medida, acométase un análisis de precedentes, unos programas piloto y una evaluación de sus resultados. Si se hace con objetividad se ve que la reducción arbitraria de la velocidad en autopistas seguras va en contra de los intereses de los administrados, y tampoco es mejor ambientalmente. Que no se implante igual en otras ciudades españolas. Y, por favor, que alguien haga lo propio para el ferrocarril, que se llevará la inversión que todos los modos necesitan (también el ferrocarril), y no contabiliza entre sus costes sociales la generación de la energía que consume, vaya el tren lleno, mediado o casi vacío. ❖

Utilización de pavimentos sostenibles en obras de conservación de la Dirección General de Carreteras



Caso práctico: Rehabilitación del firme en la A-52, p.k. 112+200 al 137+000

Adolfo Güell Cancela
ICCP. Ministerio de Fomento

Resumen

La actual preocupación de los Gobiernos por reducir los efectos del constante progreso y tender hacia un desarrollo sostenible que no comprometa el futuro de las nuevas generaciones tiene como consecuencia un gran esfuerzo técnico y económico por encontrar materiales y tecnologías, que minimicen impactos y reduzcan la producción de residuos y el consumo de materias primas, así como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, compromiso adquirido con la firma del Protocolo de Kioto.

En particular, desde la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento de España, este esfuerzo se materializa en la ejecución de obras respetuosas con el medio ambiente.

Éste es el caso de los betunes de baja temperatura de fabricación y extendido, que permiten reducir la temperatura de

ejecución de las mezclas bituminosas del orden de 30 °C y en consecuencia reducir las emisiones de gases generadas en la fabricación. Es lo que se conoce como mezclas semicalientes. Esta reducción implica directamente la reducción de la radiación térmica en la puesta en obra, por lo que se favorece las condiciones de seguridad en el trabajo de los operarios.

Los betunes que incorporan caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU) representan una doble ventaja: por una parte, se recicla un elevado porcentaje de los neumáticos envejecidos generados en España anualmente; y, por otra, se mejoran las propiedades de los ligantes respecto a los betunes asfálticos, lo que se refleja finalmente en la calidad y durabilidad de las mezclas bituminosas.

En el artículo que se presenta se realiza un resumen de las actuaciones llevadas a cabo en una obra de la Dirección General de Carreteras, con la aplicación y estudio de estos nuevos materiales respetuosos con el medio ambiente.

PALABRAS CLAVE: experimental, sostenible, ligante, caucho, temperatura.

1. Introducción y antecedentes

En línea con los compromisos adquiridos con el medio ambiente y el desarrollo sostenible, desde la Dirección General de Carreteras se está realizando un gran esfuerzo, tanto económico como técnico, para ejecutar nuevos tramos de carreteras y rehabilitar los existentes con materias primas cada vez más respetuosas con el medioambiente, con los trabajadores y con los usuarios. Al mismo tiempo se están redactando normativas que regulen el uso de estos materiales y garanticen la calidad del producto final.

Entre esas materias primas se destacan los betunes de baja temperatura de fabricación y extendido y los betunes mejorados o modificados con polvo de neumáticos fuera de uso (NFU). Los primeros son ligantes que permiten reducir la temperatura de trabajo de las mezclas bituminosas del orden de 30 °C. Es lo que se conoce como mezclas semicalientes. Los betunes que incorporan caucho procedente de NFU presentan varias ventajas: medioambien-

Tabla 1. Localización de las mezclas semicalientes en la obra

Tipo de mezcla	Ubicación
AC16 BT	A-52. Ramales. Calzada derecha, enlace 132 (entrada/salida)
AC22 BT	A-52. Tronco. Calzada derecha, p.k. 136+500 al 137+000
BBTM11B BT	A-52. Tronco. Calzada derecha, p.k. 134+000 al 137+000

almente, permiten reciclar los neumáticos envejecidos y constituyen una alternativa a la acumulación en vertedero, prohibida en España desde el año 1998 por la Ley 10/1998 de Residuos (1). Desde el punto de vista técnico, el caucho modifica las propiedades de los betunes asfálticos de partida y, en consecuencia, las propiedades de los aglomerados: mayor resistencia a la fatiga y al envejecimiento y menores deformaciones plásticas.

El empleo y estudio de estos materiales se promueve desde la Dirección General de Carreteras a través de la ejecución de tramos experimentales en las vías españolas, en los que se realiza un control y seguimiento exhaustivo de la formulación inicial y la ejecución en obra, así como la evolución de las propiedades en el tiempo. Prueba de ello ha sido la ejecución entre 2008 y 2009 de la obra "Conservación del firme. Tramo Experimental. Rehabilitación del firme en la Autovía A-52, entre los pp. kk. 112+200 al 137+000. Provincia de Ourense", con un presupuesto total de 10 196 663,34 €, siendo la empresa adjudicataria Obras, Caminos y Asfaltos, S.A. (OCASA). En esta actuación se han empleado estos dos nuevos materiales.

2. Betunes de baja temperatura de fabricación y extendido

2.1. Introducción

Con la firma del Protocolo de Kioto sobre el cambio climático, España se obliga a contribuir al objetivo internacional de reducir las emisiones de los seis gases que causan el calentamiento global, entre ellos el dióxido de carbono (CO₂), en el periodo 2008-2012, en comparación con las emisio-

Tabla 2. Resumen de la formulación inicial de las mezclas semicalientes

	AC16 BT	AC22 BT	BBTM11B BT
% betún en mezcla	4,8	4,3	5
% polvo mineral aportación	5,5	3	6
relación polvo mineral/betún	1,2	1,1	1,2
% huecos en mezcla	5,3	5,7	18,3
% huecos en árido	16,5	16,2	28,4
estabilidad (kN)	12,8	12,2	-
deformación (mm)	2,6	3,5	-
% pérdida por abrasión en seco	-	-	3,5
% pérdida por abrasión en húmedo	-	-	11,5
T ^a áridos (° C)		140	
T ^a betún (° C)		140	
T ^a salida mezclador (° C)		138	
T ^a mínima de comienzo de extendido (° C)		125	
T ^a mínima de comienzo de compactación (° C)		120	

Nota: Las temperaturas indicadas son las recomendadas en laboratorio y empleadas en la formulación inicial.

nes del año 1990. Las actuaciones deben hacerse desde todos los sectores productivos, modificando los patrones de comportamiento e introduciendo nuevas tecnologías y nuevos materiales que permitan reducir las emisiones.

Tradicionalmente las mezclas bituminosas en caliente se han fabricado a elevada temperatura, entre 160 y 175 °C. La fabricación del aglomerado lleva implícita la producción de emisiones de CO₂ a la atmósfera, entre otros gases. En los últimos años han surgido técnicas que tratan de disminuir las temperaturas de trabajo, en busca de una reducción de las emisiones generadas, y, en consecuencia, una mejora de las condiciones de trabajo de los operarios al exponerse a menores radiaciones térmicas.

Por otra parte, la reducción de temperaturas implica un ahorro energético asociado a la disminución del consumo de los combustibles en la planta de aglomerado. En este sentido las conocidas como *mezclas semicalientes* permiten rebajar la temperatura de fabricación alrededor de 30 °C.

En la obra de referencia se han empleado dos tipos de betunes de baja temperatura, ambos con propiedades reológicas modificadas respecto de los betunes convencionales por la adición de ceras. Este sistema disminuye la viscosidad del ligante a la temperatura de trabajo, y, por tanto, rebaja las temperaturas de fabricación y extendido de las mezclas semicalientes. El empleo de estas mezclas presenta las siguientes ventajas: reducción de la tem-

peratura de trabajo alrededor de 30 °C, reducción de la radiación térmica, reducción del consumo de combustibles y reducción de las emisiones gaseosas (CO₂, NO₂, SO₂) entre un 20 y un 50%.

2.2. Formulación inicial

La denominación de las mezclas semicalientes ha sido la siguiente:

- AC16 SURF BBTFE 50/70 S: mezcla semidensa (tipo S-12) en capa de rodadura con betún convencional de baja temperatura tipo B 50/70 (abreviadamente AC16 BT).
- AC22 BIN BBTFE 50/70 S: mezcla semidensa (tipo S-20) en capa intermedia con betún convencional de baja temperatura tipo B 50/70 (abreviadamente AC22 BT).
- BBTM 11B BBTFE PMB BM-3b M: mezcla discontinua (tipo M-10) en capa de rodadura con betún modificado de baja temperatura tipo BM-3b (abreviadamente BBTM11B BT).

La ubicación de las mezclas en la traza de la obra fue la indicada en la *tabla 1*.

Los áridos empleados, de naturaleza corneana, cumplen las especificaciones de la normativa española destacándose como más relevantes el índice de lajas (14,3%), el desgaste de Los Ángeles (13,2%) y el coeficiente de pulimento acelerado – CPA (58,0).

La *tabla 2* resume los datos de la formulación inicial de las mezclas semidensas empleadas.

Tabla 3. Resumen de las temperaturas de trabajo

	T ₀	T ₁	T ₂	T _{0 ref}	Reducción media en fabricación
AC22	145,0	132,0	116,4	170,0	25,0
AC16	145,0	128,6	121,4	170,0	25,0
BBTM11B	144,5	126,2	121,9	172,0	27,5

Nota: Valores en °C.

Tabla 4. Ensayos sobre AC16 BT

PARÁMETROS AC16 BT: valores medios						
% b/m	% b/a	f/b	Estabilidad kN	Deformación (mm)	% huecos en mezcla	% huecos en áridos
	(mín.4,51)	1,3	(>12,5)	(2-3,5)	(4-6)	(≥15)
4,7	4,9	1,0	13,3	3,200	5,396	17,082

Tabla 5. Ensayos sobre AC22BT

PARÁMETROS AC22 BT: valores medios						
% b/m	% b/a	f/b	Estabilidad kN	Deformación (mm)	% huecos en mezcla	% huecos en áridos
	(mín.3,8)	1,2	(>12,5)	(2-3,5)	(4-6)	(≥15)
5,0	5,3	1,0	12,8	2,800	5,709	17,339

Tabla 6. Ensayos sobre BBTM11B BT

PARÁMETROS BBTM1 1B BT: valores medios					
% b/m	% b/a	f/b	% huecos en mezcla	% pérdida por abrasión en seco	
	(mín.4,75)	(1,-1,3)	(≥12)	(≥15)	
4,7	5,3	1,4	15,607	5,900	

Las especificaciones de los betunes de baja temperatura de fabricación y extendido son en cada caso los indicados por la normativa de aplicación de los betunes convencionales, artículo 211 del PG-3, y los betunes modificados, artículo 215 del PG-3 (2).

2.3. Ejecución de mezclas semicalientes y control de emisiones

Considerando las recomendaciones de la formulación inicial y la situación real de la obra (distancia planta de aglomerado-obra, tiempo de transporte 90 minutos), se emplearon temperaturas de trabajo ligeramente superiores a las indicadas en la formulación inicial para asegurar en todo momento que la temperatura se mantuviese en la llegada a la obra y principalmente en el comienzo de la compactación. Bajo estas condiciones, la temperatura de almacenamiento en planta de los betunes de baja temperatura fue de unos 145 °C. La fabricación se realizó a una temperatura media variable entre 140 y 145 °C y el aspecto de las mezclas fue correcto en todo momento.

En obra el aspecto fue también correcto y la medición de temperaturas concluyó los valores medios recogidos en la *tabla 3*.

T₀ = temperatura de fabricación

T₁ = temperatura de llegada a obra y comienzo de extendido

T₂ = temperatura en el momento de comenzar la compactación

T_{0 ref} = temperatura de fabricación de mezclas bituminosas en caliente

La pérdida de temperatura en el transporte varió entre 12 y 19 °C. La reducción mínima de temperatura en la fabricación fue

de 25 °C y se registraron máximas de 30 °C. Los resultados de los ensayos sobre mezclas fabricadas son los de las *tablas 4, 5 y 6*.

En las mezclas semidensas se produjo una disminución de la estabilidad, pero siempre dentro del rango indicado por la normativa. Los huecos en mezclas resultaron ligeramente elevados en el caso particular de la mezcla AC16 BT. Los resultados sobre la mezcla discontinua fueron en todo caso correctos.

Durante la fabricación de las mezclas semicalientes se realizó la medida de emisiones de gases en los dos focos de la planta de aglomerado: chimenea y caldera. Tomando como punto de partida las 3 últimas mediciones realizadas durante la fabricación de mezclas bituminosas en caliente, se concluyó que en ambos focos la reducción de la concentración de CO₂ fue considerablemente menor: disminución de un 47% en la chimenea y de un 62% en la caldera. Adicionalmente se obtuvieron emisiones de NO_x (ppm) y concentración de SO₂ mucho más reducidas, un 78% y 96% en la chimenea y un 94% y 76% en la caldera, respectivamente. Finalmente puede concluirse que la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero es efectiva al emplear estos nuevos betunes.

3. Betunes mejorados con caucho

3.1. Introducción

En España anualmente se generan del orden de 300 000 t de neumáticos fuera de uso (NFU). El destino de estos residuos viene dictaminado por la Ley 10/1998 (1) y por los Planes Nacionales de neumáticos



Foto 1. Medición de temperaturas en la mezcla

fuera de uso (PNNFU). Una de las formas prioritaria para su reciclaje es el empleo en la obra pública, con especial incidencia en la fabricación de mezclas bituminosas para las carreteras, por dos motivos: por una parte el caucho es un modificador de los ligantes alternativo a los productos convencionales (polímeros), y por otra, el volumen de aglomerado producido implica un elevado consumo de NFU.

Las técnicas de incorporación de polvo de NFU se distinguen por la forma en que se añade el caucho a las mezclas bituminosas: incorporado como una fracción más de árido, previamente a la mezcla con el betún (*vía seca*), implica la modificación del aglomerado; mezclado directamente con el betún (*vía húmeda*), consigue una modificación de las propiedades del ligante, en mayor o menor grado, en función de varios parámetros: tipo y naturaleza del betún, granulometría y proceso de obtención del caucho, proporciones de ambos componentes, sistema de fabricación y condiciones del proceso. La vía húmeda puede realizarse en la central de fabricación de betunes, y transportarse a la planta de aglomerado para su empleo, o fabricarse directamente en la planta con una instalación específica. El porcentaje de caucho añadido por vía húmeda da lugar a tres tipos de betunes: *betunes mejorados BC* (8-12%), *betunes modificados BMC* (12-15%) y *betunes modificados de alta viscosidad BMAVC* (15-22%) (3). Los elementos que gobiernan el proceso de modificación del betún in situ son la proporción de caucho, el tiempo y temperatura de la reacción-digestión. La normativa española que regula los nuevos materiales que incorporan caucho



Foto 2. Detalle de la compactación de la mezcla con BBTFE; nótese la ausencia total de humos

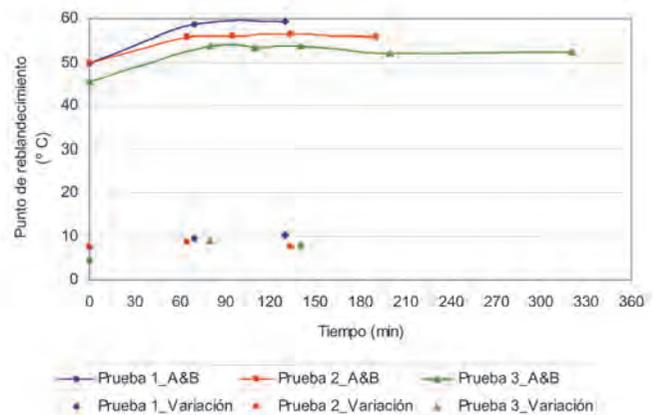
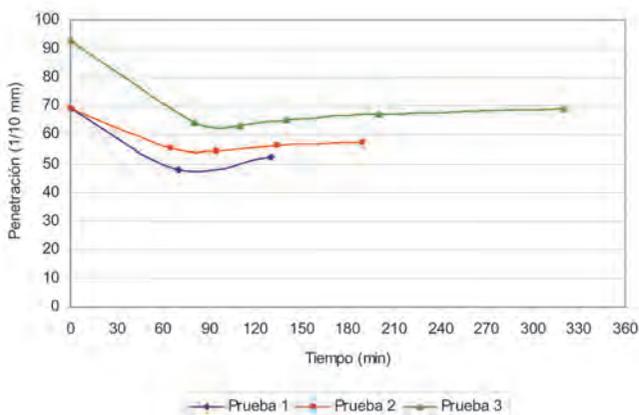
son la O.C. 21/2007 (4) y la reciente O.C. 21bis/2009 (5).

La modificación de las propiedades de los betunes convencionales por la adición de caucho se debe a la reacción que tiene lugar a elevada temperatura entre las partículas de caucho y el ligante, conocida como digestión. Gracias a esta reacción, los betunes mejorados con caucho muestran una disminución de la penetración respecto al betún base, mejores puntos de reblandecimiento y fragilidad, ampliando el intervalo de temperaturas de servicio del betún, y un aumento considerable de la elasticidad del ligante, permitiendo la reducción de la deformación permanente de la mezcla. Por contrapartida se penaliza la ductilidad del ligante, al incorporar discontinuidades en el seno del betún que facilitan la rotura prematura. El aumento de la viscosidad

provocada por la reacción de digestión permite películas de betún más gruesas en los áridos, sin escurrimientos ni exudaciones, lo que implica un ligero aumento de la dosificación de betún en mezcla, mejorando su resistencia al envejecimiento.

En la obra indicada se han empleado betunes mejorados con caucho fabricados in situ con una planta móvil de modificación de betunes, adaptada a la reciente O.C. 21bis/2009 (5). Esta tecnología permite modificar los betunes en la propia planta de aglomerado, sin necesidad de transportar el producto ya preparado y evitando en todo caso problemas de estabilidad en el caso de distancias de transporte elevadas. Por esta misma razón tampoco es necesario el empleo de aditivos que mejoren la estabilidad del betún con caucho.

Se muestran en las *figuras 1 y 2* varios



Figuras 1 y 2. Evolución de la penetración y el punto de reblandecimiento

ejemplos de la evolución de la penetración y el punto de reblandecimiento de los betunes base por la adición de un porcentaje de caucho del orden del 10%. Este estudio fue realizado durante la ejecución de la obra indicada.

3.2. Aplicación a las mezclas bituminosas

La aplicación del betún mejorado con caucho se realizó en capa intermedia tipo AC22 BIN BC 50/70 S (abreviadamente AC22 BC). Las especificaciones del betún BC 50/70 fueron las indicadas en la O.C. 21/2007 (5) y los áridos empleados, de naturaleza grauwaca, cumplieron las especificaciones de los Pliegos españoles. La determinación inicial del contenido de ligante se realizó mediante el Método Marshall (NLT-159) y se observó una deformación relativamente baja en todas las probetas ensayadas, lo que fue corroborado por el control en obra sobre las mezclas fabricadas.

Los ensayos de inmersión-compresión, según la norma NLT-162, y de pista de laboratorio, según la norma NLT-173, mostraron resultados satisfactorios. Particularmente se destaca la reducida deformación obtenida en el ensayo de pista (velocidad de deformación ($\mu\text{m}/\text{min}$): $V_{105/120}=1$). Las densidades sobre testigos de aglomerado se obtuvieron de acuerdo a la norma NLT-168, con valores medios de $2,38 \text{ gr}/\text{cm}^3$. La adherencia entre capas se determinó en base al ensayo de corte LCB (Laboratorio de Caminos de Barcelona) (6). El valor mínimo exigido entre capas intermedias y bases según este método es de $0,40 \text{ MPa}$ (6), alcanzado en todos los casos. Se evaluó el efecto del agua sobre la cohesión de la mezcla bituminosa, de acuerdo con el método UNE-EN 12697-12, obteniéndose un ITRSR (%) medio de 86,1.

La ejecución del extendido y compactación se realizó de manera similar a la de una mezcla sin caucho, controlando continuamente y exhaustivamente la temperatura del aglomerado y con la particularidad de mantener el compactador de neumáticos cerca de la extendidora para conservar la temperatura de las ruedas y evitar la adherencia entre el material y los neumáticos de la máquina, observada en la ejecución del tramo de prueba.



Foto 3. Instalación de fabricación de betún con polvo de neumáticos

4. Conclusiones

El esfuerzo técnico y económico realizado desde la Dirección General de Carreteras en la búsqueda de productos y tecnologías respetuosas queda demostrado en la ejecución de las nuevas obras, como la mostrada en este documento.

El empleo de betunes de baja temperatura permite reducir hasta un máximo de $30 \text{ }^\circ\text{C}$ la temperatura de trabajo de las mezclas bituminosas, manteniendo sus propiedades y reduciendo las emisiones de gases, particularmente CO_2 .

Los betunes que incorporan caucho procedente de NFU constituyen una solución doblemente ventajosa porque permiten reciclar parte del volumen de neumáticos desechados en España y modifican las propiedades de los ligantes y en consecuencia de las mezclas bituminosas que los incorporan, obteniendo firmes más duraderos y reduciendo finalmente los costes asociados a la conservación y mantenimiento de las carreteras.

5. Referencias

(1) Ley 10/1998 de Residuos. BOE nº 96,

22-04-1998, p. 13372-13384.

- (2) Ministerio de Fomento (2000 y 2004). Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3). Artículos 211, 542 y 543. BOE 19 22-01-00, p. 3014-3034; BOE 83 04-04-04, p. 14446-14509; BOE 126 25-05-04, p. 19394. Madrid.
- (3) Ministerio de Fomento, Ministerio de Medio Ambiente y CEDEX (2007). Manual de empleo de caucho de NFU en mezclas bituminosas. p. 3-23.
- (4) Ministerio de Fomento (2007). Orden Circular 21/2007 sobre el uso y especificaciones que deben cumplir los ligantes y mezclas bituminosas que incorporen caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU). Madrid.
- (5) Ministerio de Fomento (2009). Orden Circular 21bis/2009 sobre betunes mejorados y betunes modificados de alta viscosidad con caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU) y criterios a tener en cuenta para su fabricación in situ y almacenamiento en obra. Madrid.
- (6) Miró Recasens, R. (2009). Riegos de adherencia. Materiales y ensayos. Jornada Técnica ASEFMA, Madrid. ❖

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



Marca Sandvik MT-720
Peso: 130 toneladas
Potencia: 300 kW de cabeza de roza

Excavación mecánica de ataque puntual en túneles con máquina rozadora

Conceptos básicos

Laureano Cornejo, *Ingeniero de Minas*
Director General de Geoconsult

Resumen

La utilización de las máquinas rozadoras de ataque puntual en la excavación mecánica de suelos y rocas en túneles tienen un campo de utilización muy específico.

Es necesario conocer adecuadamente las características de los materiales que van a ser excavados y las condiciones de trabajo para decidirse por su utilización y tomar una decisión acertada sobre el tipo de máquina más adecuada. El desarrollo de este tipo de máquinas va hacia el incremento de la potencia de la cabeza de corte, 500 kW y 150 t de peso, para incrementar los rendimientos de excavación y aumentar el campo de utilización hacia rocas de mayores resistencias a compresión y de abrasividades no excesivamente elevadas.

Para tomar una decisión sobre su utilización y el tipo de máquina más adecuado, es necesario realizar ensayos específicos

que determinen los índices de abrasividad de la roca (CAI), el rendimiento medio de excavación (m^3/h) y el consumo medio de picas Ud/m^3 , para evaluar correctamente el costo económico ($€/m^3$) y el plazo de ejecución.

Puede no ser una decisión acertada utilizar rozadoras en frentes mixtos en los que se encuentran simultáneamente capas blandas de terreno con intercalaciones significativas de estratos rocosos muy duros ($\sigma_c \geq 120$ MPa) donde los desgastes o roturas de las picas sean muy elevados y los rendimientos de excavación muy bajos ($13-15 m^3/h$). Se consideran valores adecuados de excavación, con una utilización económica adecuada, rendimientos de $25-35 m^3/h$ sobre perfil.

En túneles en terrenos blandos arcillosos y/o limosos plásticos, con presencia de agua, pueden producirse reducciones importantes del rendimiento de excavación por atoramiento de la cabeza y del sistema de carga del material como consecuencia de la formación de pegotes de arcilla.

En túneles en suelos permeables con agua con cantidades significativas de arena, se dificultará en gran medida la carga del material excavado pudiendo producirse también problemas de movilidad de la máquina por reblandecimiento del piso de trabajo.

En algunos túneles del metro de Bilbao, en areniscas duras y abrasivas ($\sigma_c = 161$ MPa, CAI = 2,9) se ha utilizado la excavación con rozadora en situaciones límite para evitar la utilización de explosivos. Los rendimientos de excavación en estas circunstancias fueron $RE = 4 m^3/h$ y el desgaste de picas de $3,4 picas/m^3$.

El desgaste excesivo de las herramientas de corte y la reducción importante del rendimiento de excavación subsecuente es el principal elemento limitador de la utilización de las máquinas rozadoras.

Para incrementar la resistencia al desgaste de estas máquinas, una alternativa sería introducir como útiles de corte, en sustitución de las picas de ataque actuales, minidiscos similares a los cortadores

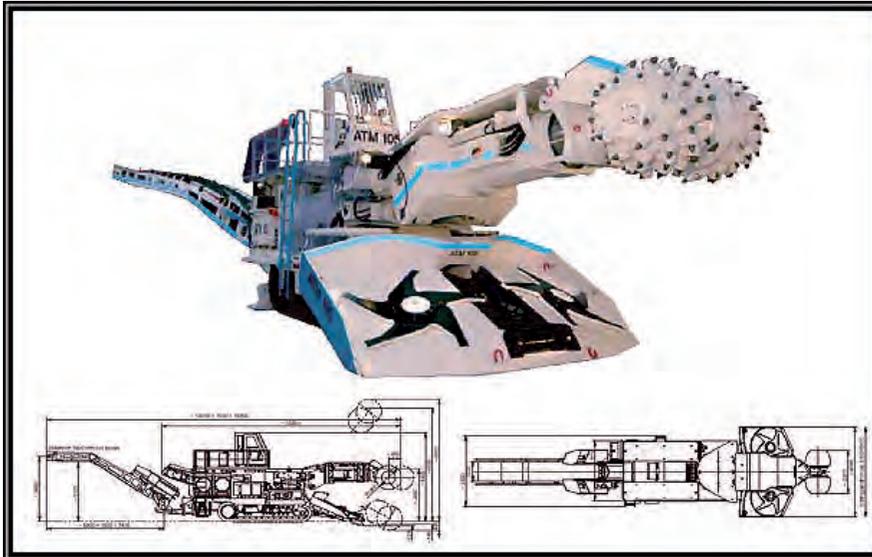


Figura 1. Rozadora Alpine, modelo ATM 105

utilizados en las tuneladoras para rocas duras.

PALABRAS CLAVE: Potencia de la cabeza de corte, potencia de la cabeza de peso, rendimientos de excavación, índices de abrasividad de la roca (CAI), consumo medio de picas, Metro de Bilbao, areniscas duras y abrasivas, minidiscos.

1. Breve historia

El primer desarrollo de este tipo de máquinas se produce en los años 1950 en las minas de carbón de Hungría y Gran Bretaña. La primera patente es húngara (Dr. Z. Ajtay, 1949).

Durante 50 años los diseños iniciales se han ido modificando, extendiendo su campo de utilización a la excavación de túneles en suelos y rocas blandas, mejorándose los diseños mediante el desarrollo tecnológico de partes esenciales de la máquina, como los sistemas de accionamiento de la cabeza de corte y de los materiales utilizados en la fabricación de los útiles de corte (picas)

La evolución de los diseños se ha centrado principalmente en un incremento continuado del peso, del tamaño y de la potencia de la cabeza de corte de las máquinas.

Se han mejorado también los diseños: del brazo, de los sistemas de extracción de escombros, de la cabeza de corte, de la disposición de las picas en ésta y de los sistemas hidráulicos y eléctricos de accionamiento.

El peso de las máquinas ha pasado de 17 t a más de 120 t, consiguiéndose máquinas más robustas y de funcionamiento más

estable, capaces de aplicar mayores fuerzas de empuje, necesarias para excavar rocas más duras, reduciendo las vibraciones durante su funcionamiento y, por tanto, los costes de mantenimiento.

En cuanto a la potencia de la cabeza de corte, ésta ha pasado de los 37 kW de las primeras máquinas, hasta cerca de los 500 kW de las máquinas actuales capaces por su envergadura de realizar excavaciones de hasta 100 m² desde una posición estacionaria.

En cuanto a la definición de este tipo de máquina, la terminología inglesa es difusa y las denomina con los términos: *road-header*, *road header*, *boom-type tunnelling machine*, *boom-type road header*, *road*

header machine. En italiano se denomina *fresa puntuali*, en francés *fraise-chargeuse*, *machines à attaque partielle* o *ponctuelle*. El término español de más frecuente uso para definir este tipo de máquinas es el de máquina rozadora; también puede definirse como máquina fresadora.

El término máquina rozadora, aplicado a la excavación de túneles, puede definirse como una máquina que realiza la excavación de un suelo o roca efectuando rozas sucesivas, es decir rozando el terreno.

2. Definición de rozadora

Es una máquina de ataque puntual que realiza la excavación mecánica de suelos y rocas mediante excavaciones parciales de la superficie del frente de avance.

Consta de un chasis sobre orugas para la traslación y soporte de la máquina, un brazo mecánico articulado, frecuentemente telescópico, en el extremo del cual lleva una cabeza de corte giratoria y provista de herramientas de corte que indentan la roca produciendo su desintegración por el efecto combinado del empuje de la máquina y el par de rotación del cabezal de corte.

La extracción del material excavado se realiza simultáneamente con la excavación, mediante una mesa de recogida y carga a una cinta blindada, solidaria con la máquina, que lo transfiere a los vehículos de extracción al exterior del túnel.



Figura 2. Rozadora

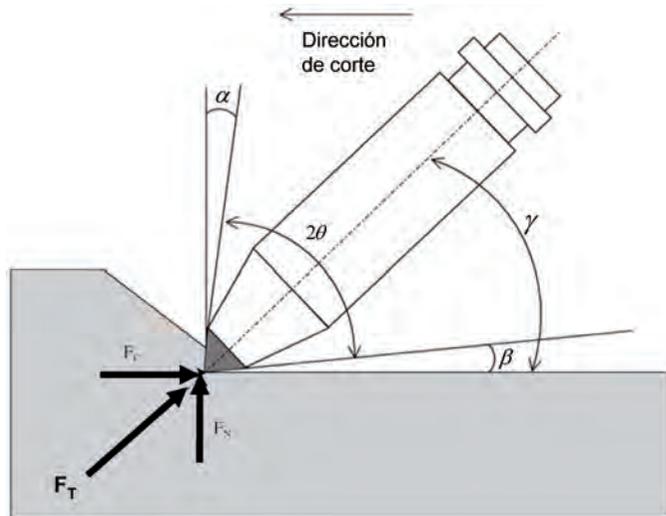


Figura 3. Geometría de una pica cónica. Fuerzas que intervienen

3. Mecanismo de excavación

La máquina rozadora transmite al terreno una fuerza de empuje a través del brazo y un par de rotación por el giro de la cabeza de corte. El efecto combinado de estas acciones produce una excavación por corte del terreno o de la roca. Para que esta excavación se produzca es necesario que, previamente, se produzca la indentación o penetración de las picas en contacto con el terreno. Esta indentación es producida por la fuerza de empuje F_N , componente perpendicular al frente de la fuerza total F_T ejercida por el brazo de la rozadora. La componente de la fuerza F_T en la dirección de corte es la fuerza de corte F_C . La geometría de una pica cónica y las fuerzas que intervienen en el proceso de excavación se indican en la figura 3.

- La pica penetra y origina una zona de roca pulverizada.
- Se incrementa la tensión en la roca.
- Se alcanza la tensión crítica. Se producen lascas de roca y se reducen las tensiones.

La fuerza F_N , necesaria para que se produzca la indentación, sigue una ley parabólica representada por la expresión

$$F_N = A \cdot p^b \quad (1),$$

en la que p se expresa en pulgadas (in), y A y b son coeficientes que dependen del tipo, peso y potencia de la máquina. La fuerza F_N aplicada depende de la separación entre picas; una mayor separación de picas origina una mayor fuerza F_N disponible en cada pica y una menor cantidad de éstas.

La eficacia del proceso de excavación depende del grado de interacción entre las picas contiguas; debe existir, por tanto, una separación óptima entre picas para que se produzca un óptimo rendimiento de la excavación.

Esta separación debe ser

$$S = \frac{w}{z} \left[1 + \left(1 + \frac{20}{K^2} \right)^2 \right] \text{ Evans 1972 (2).}$$

w = Anchura de la pica

$K = \frac{w}{d}$

d = Profundidad de corte

Los valores más habituales de la separación entre picas varían entre 25 mm y 60 mm.

Para determinar la fuerza de corte F_C , pueden emplearse diferentes expresiones:

$$F_C = \frac{16\pi R_t^2 d^2}{\cos^2 \theta R_C} \text{ Evans 1984 (3),}$$

considerando que la rotura de la roca se efectúa por tracción.

R_t = Resistencia a tracción de la roca

θ = Semiángulo de la pica cónica

R_C = Resistencia a compresión de la roca

$$F_C = \frac{4\pi R_t d^2 \text{sen}^2(\theta + \psi)}{\cos(\theta + \psi)}$$

Goktan (4); para un ataque de las picas teóricamente asimétrico.

ψ = ángulo de rozamiento entre la pica y la roca ($\approx 10^\circ$).

En la práctica, el ataque de las picas sobre la roca es asimétrico. La Universidad de Estambul, dentro del proyecto NATO-TU

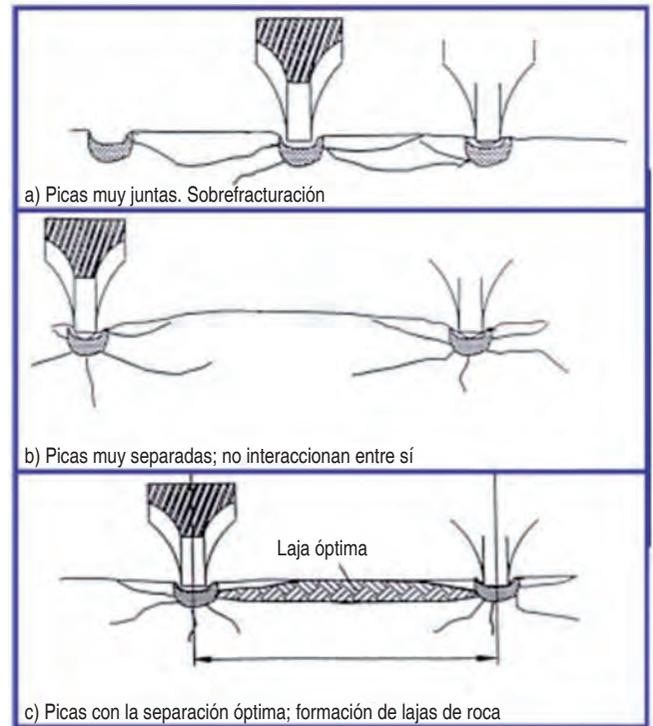


Figura 4. Mecanismo de rotura; formación de lascas

Excavation Project, ha desarrollado una formulación semi-empírica, a partir de la formulación teórica propuesta por Goktan, utilizando un equipo de corte sobre probetas a escala natural; resultado de este trabajo de investigación ha sido la expresión

$$F_C = \frac{12\pi R_t d^2 \text{sen}^2 [1/2(90^\circ - \alpha) + \psi]}{[1/2(90^\circ - \alpha) + \psi]} \text{ (kN)}$$

Goktan (5); para un ataque asimétrico. El valor de la fuerza F_C en una rozadora potente y pesada puede llegar hasta los 300 kN.

También se encontró la relación

$$F_C / F'_C \approx 3$$

α = Ángulo de inclinación

β = Ángulo libre

γ = Ángulo de ataque

F'_C = Fuerza media de corte

4. Sistemas de corte

Según la disposición en relación con el brazo y la forma de funcionamiento de la cabeza de corte, el ataque de la cabeza puede ser frontal (*ripping*) o lateral (*milling*).

4.1. Ataque frontal

Con la disposición de **Ataque frontal**, la cabeza de corte gira perpendicularmente al brazo soporte y las herramientas de corte

(picas) golpean la roca utilizando el peso de la máquina y la fuerza de corte F_c se aplica a la roca principalmente de un modo frontal. La cabeza de corte está situada perpendicularmente al brazo de la máquina y la cabeza gira alrededor de un eje paralelo al frente de la roza excavada. Las fuerzas de corte F_c son generadas por la rotación de la cabeza y por el empuje del brazo.

La disposición frontal o transversal permite obtener mejores rendimientos de excavación en rocas duras, según demuestran los ensayos realizados por Gherin.

4.2. Ataque lateral

Con la disposición de **Ataque lateral** la cabeza de corte gira coaxialmente con el eje del brazo y perpendicularmente al frente de la roza excavada.

Esta disposición del cabezal de corte es más adecuada para excavar rocas blandas y la de más frecuente uso en aplicaciones mineras.

5. Clasificación de las rozadoras

Hay varios criterios para clasificar las rozadoras.

- **Por su peso**, que está relacionado con su potencia de corte (Neil *et al* 1994).

Tabla 1. Clasificación de Neil 1994

Tipo	Peso t
0	<20 t
I	20-30 t
II	30-50 t
III	50-75 t
IV	>75 t

- **Por su fecha de aparición en el mercado** y las características técnicas que aporta (Böyükbasi 1986) (tabla 2).

Tabla 2. Clasificación de las rozadoras según su desarrollo tecnológico

	Peso	Potencia cabeza de corte	Tipo de roca	σ_c MPa
1ª Generación	9 t	30 kW	Rocas blandas	40
2ª Generación	22-37 t	30-100 kW	Rocas competentes poco abrasivas	85
3ª Generación	45-70 t	≥ 200 kW	Rocas duras poco abrasivas	100
4ª Generación	≤ 120 t	300 kW	Rocas duras poco abrasivas	100
			Rocas duras poco abrasivas con fracturación o estratificación favorable con valores bajos de RQD	160

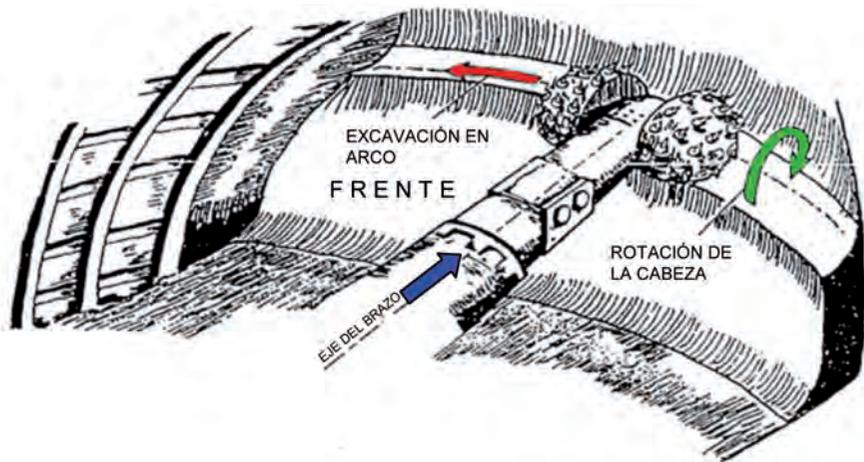


Figura 5. Rozado con cabezal de corte frontal

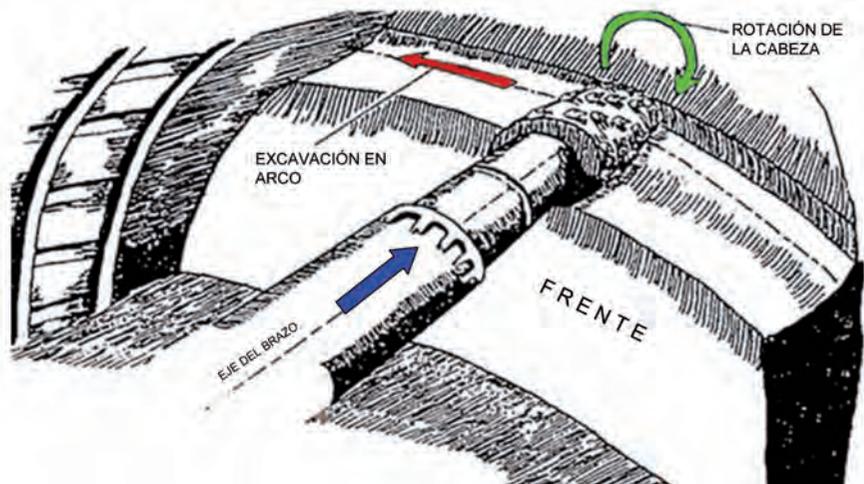


Figura 6. Rozado con cabezal de corte lateral

Se incluye otra clasificación en la que se consideran los principales fabricantes y los pesos y potencias de los modelos más representativos (ver tabla 3 en página siguiente).

6. Útiles de corte

Las herramientas de corte, que entran en contacto con el terreno transmitiendo la potencia de las máquinas, tienen una influencia muy importante en el rendimiento y en el costo del proceso de excavación con rozadora.

La calidad de los materiales y el adecuado diseño de las picas son características esenciales para la utilización económica del método de excavación con rozadora, principalmente en rocas duras y abrasivas.

Hay tres tipos de herramientas de corte (picas) (ver figura 7 en página siguiente):

- Radial; que se usa en rocas blandas.
- Ataque frontal para rocas blandas a medias.
- Ataque puntual para rocas medias a duras y rozadoras pesadas.

Las picas van provistas, en la punta o en el filo, de un inserto de material duro muy resistente a la abrasión y a los impactos; su diámetro varía entre 12 mm y 32 mm; los mayores diámetros son para rocas muy duras y abrasivas.

Las picas son recambiables y van alojadas en un bloque-portapicas solidario con la cabeza de corte.

El diámetro del vástago de las picas oscila entre 25 mm y 35 mm, y está relacio-

Tabla 3. Clasificación de los principales tipos de rozadoras

Tipo de Rozadora	Marca	Modelo	Peso	Potencia instalada	Potencia en cabeza de corte	Máx. altura de corte	Máx. anchura de corte	Presión de orugas en solera	Máx. sección (m ²)	σ _c Máx. de la roca	RQD (%)
Ligeras	ANTRAQUIP	AQM 50	13 t		41 kW						
	DOSCO	Mk 2A	23 t	67 kW	58 kW	4 040 mm	5 560 mm	0,14 MPa			
	mitsui	S100	27 t		100 kW	4 500 mm	5 100 mm				
	SIZZ	EBZ100A	27 t		100 Kw	4 550 mm	4 980 mm	0,12 MPa			
	SIZZ	EBZ100	27 t		100 kW	4 630 mm	5 300 mm	0,12 MPa			
	EICKHOFF	ET 180	40 t	230 kW	100 kW	5 100 mm	6 500 mm		25	40-60	0-100
	ANTRAQUIP	AQM 100	27 t		132 kW	4 420 mm	5 200 mm				
	SIZZ	EBZ132	30 t		132 kW	4 550 mm	4 980 mm	0,12 MPa			
	EICKHOFF	ET 170	35 t	220 kW	132 kW	4 600 mm	6 100 mm				
	EICKHOFF	ET 120	34 t	220 kW	132 kW	4 050 mm	5 500 mm				
	DOSCO	MD1100	33 t		157 kW	4 690 mm	6 500 mm	0,14 MPa			
WIRTH	T1.14	40 t	270 kW	160 kW	4 400 mm	6 000 mm					
Medianas	WIRTH	T1.24	55 t	310 kW	160 kW	5 000 mm	7 200 mm				
	ANTRAQUIP	AQM 150	35 t		175 kW	4 085 mm	5 005 mm				
	DOSCO	Mk 2B	44 t		194 kW	4 340 mm	5 820 mm	0,14 MPa			
	mitsui	S200	49 t		200 kW	6 000 mm	6 400 mm				
	EICKHOFF	ET 210	57 t	350 kW	200 kW	4 700 mm	7 100 mm				
	ANTRAQUIP	AQM 200	58 t		200 kW	5 300 mm	7 600 mm		30	60-90	0-100
	DOSCO	Mk 2BP	60 t		200 kW	4 930 mm	7 080 mm	0,16 MPa			
	SANDVIK	MT300 series	60 t	350 kW	200 kW	5 000 mm	8 900 mm				
	EICKHOFF	ET 250	64 t	350 kW	200 kW	5 500 mm	7 500 mm				
	WIRTH	T2.24	75 t	310 kW	200 kW	5 200 mm	8 700 mm				
EICKHOFF	ET 380	100 t	380 kW	200 kW	7 450 mm	9 800 mm					
Pesadas	WIRTH	T2.11	85 t	405 kW	270 kW	7 000 mm	7 000 mm				
	DOSCO	Mk3	85 t		284 kW	6 000 mm	7 200 mm	0,14 MPa			
	mitsui	SLB 300S	92 t		300 kW	8 800 mm	8 800 mm	0,15 MPa			
	EICKHOFF	ET 410	105 t	470 kW	300 kW	5 500 mm	10 000 mm				
	EICKHOFF	ET 450	110 t	490 kW	300 kW	7 300 mm	10 300 mm		40	90-110	<80
	mitsui	SLB-350S	115 t	466 kW	300 kW	9 500 mm	11 000 mm	0,15 MPa			
	WIRTH	T3.20S	120 t	414 kW	300 kW	7 690 mm	8 960 mm	0,15 MPa			
	EICKHOFF	ET 480	120 t	490 kW	300 kW	7 900 mm	11 000 mm				
	SANDVIK	MT720 (ATM 105)	135 t	555 kW	300 kW	6 600 mm	9 100 mm				
Muy Pesadas	DOSCO	TTM100	150 t		375 kW	5 300 mm	6 600 mm	0,15 MPa	45	110-140	<60
	DOSCO	Mk4	96 t		407 kW	5 223 mm	7 440 mm	0,16 MPa			

nado con la dureza de la roca y la potencia y peso de la máquina; los diámetros mayores se usan en las rozadoras más pesadas para rocas muy duras.

La disposición de las picas en el cabezal, su número y la separación entre ellas, tienen una gran influencia en el rendimiento de excavación y en el consumo de picas.

La separación de las picas y la profundidad de corte influyen notablemente en el consumo específico de energía ($ES, MJ/m^3$)

durante el proceso de excavación (figura 8).

Para diferentes valores de penetración en la roca (d), hay una separación óptima entre picas que produce las lajas de roca de mayores dimensiones, con un menor consumo de energía específica $SE(MJ/m^3)$, así como el máximo rendimiento de excavación para una máquina determinada. Con una separación óptima entre picas contiguas, su interacción será también óptima; la máquina tendrá un funcionamiento regular

consiguiendo los mayores rendimientos y el menor consumo de energía específica, reduciéndose al mínimo la producción de polvo.

Si las picas están muy juntas, se producirá un sobrecorte de la roca, produciéndose fragmentos muy pequeños y una mayor cantidad de polvo. Se incrementará notablemente el consumo específico de energía y el desgaste de las picas, reduciéndose el rendimiento de excavación.

Cuando las picas están excesivamente separadas no habrá interacción entre ellas, no produciéndose el corte de la roca.

7. La abrasividad de las rocas

Una de las mayores limitaciones de las rozadoras es el desgaste y las roturas que sufren las picas en contacto con rocas duras y abrasivas. Estos desgastes obligan a sustituir frecuentemente las herramientas de corte, lo que provoca una reducción del tiempo real de trabajo de la máquina y un consumo importante de estos útiles de corte, con el consiguiente incremento del costo de excavación del m³ de roca.

La fricción entre el metal de la pica y una roca abrasiva produce un incremento de temperatura del metal de la vidia que incrementa los desgastes.

Una inyección eficaz de agua en la cabeza de corte permite reducir esta temperatura y evitar la formación de polvo potencialmente peligroso para la salud.

La abrasividad de las rocas depende de varios factores, los más importantes son:

- Contenido de minerales abrasivos.
- Tamaño medio de los granos de cuarzo.
- Dureza y tenacidad del cemento que los une.

La clasificación de las rocas según su contenido en sílice, se resume en la *tabla 4*.

Tabla 4. Clasificación de las rocas según su contenido en sílice

Tipo de roca	% SiO ₂
Arenisca silícea	98
Otras areniscas	80-95
Arcosas	70-80
Granito	70
Grauwaca, granodiorita	60-70
Pizarra, sienita	50-65
Basalto, gabro	50
Arcilla	40
Caliza, dolomía	2-10

Para determinar la abrasividad de una roca se han desarrollado varios ensayos de laboratorio. Los más importantes y de uso más frecuente son:

- Índice CERCHAR (CAI), Francia años 1980.
- Índice SCHIMAZEK (F), 1970.

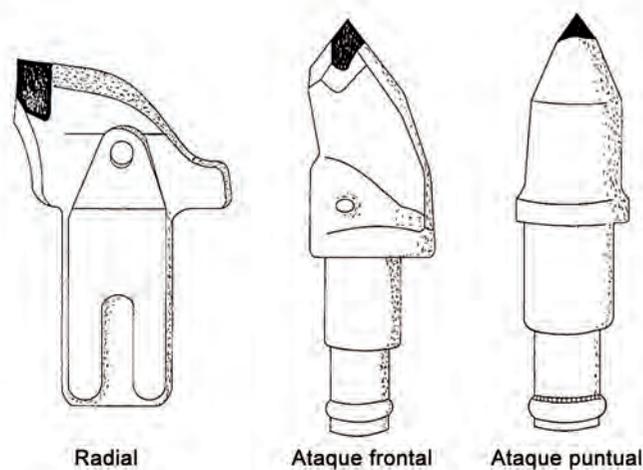


Figura 7. Tipo de herramientas de corte (picas)

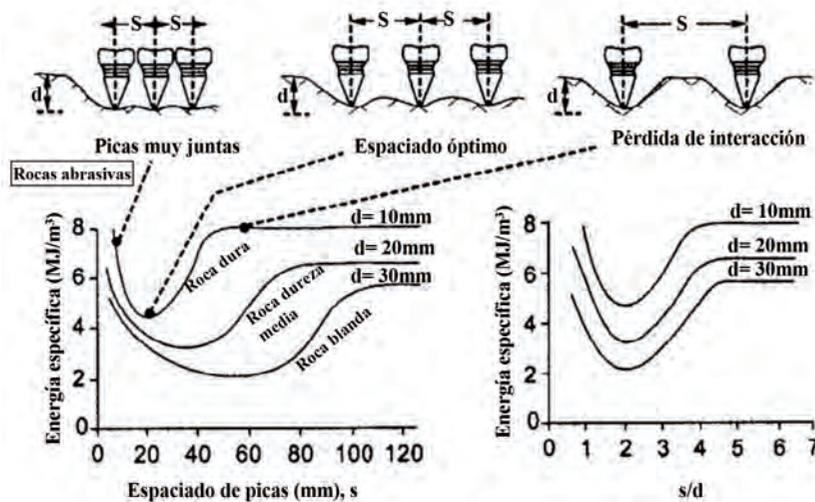


Figura 8. La influencia del espaciado de picas (s) en el consumo de la energía específica (SE) en la excavación con rozadora

Tabla 5.- Índice CAI/Abrasividad de la roca. Verneuil, 1986

CAI	Clasificación
0,3 – 0,5	No muy abrasivo
0,5 – 1,0	Ligeramente abrasivo
1,0 – 2,0	Abrasividad media
2,0 – 4,0	Muy abrasivo
4,0 – 6,0	Extremadamente abrasivo

- Índice (ABR), ensayo LCPC, Francia años 1970.
- Índice de abrasividad (RAI), 2002.

7.1. Índice Cerchar (CAI)

Este índice se determina mediante el ensayo normalizado CERCHAR.

Es muy utilizado y clasifica las rocas por

Tabla 6.- Índice CAI/Abrasividad de la roca. Restner 2007

CAI	Clasificación
< 0,5	No abrasivo
0,5 – 1,0	Poco abrasivo
1,0 – 1,3	Moderadamente abrasivo
1,3 – 1,8	Considerablemente abrasivo
1,8 – 2,3	Abrasivo
2,3 – 3,0	Muy abrasivo
3,0 – 4,5	Altamente abrasivo
> 4,5	Extremadamente abrasivo

su abrasividad. Hay dos clasificaciones, la primitiva de Verneuil (1986) y la de Restner, 2007 (*tablas 5 y 6*).

La clasificación de los tipos de roca según el índice (CAI) se indica en la *figura 9* (ver página siguiente).

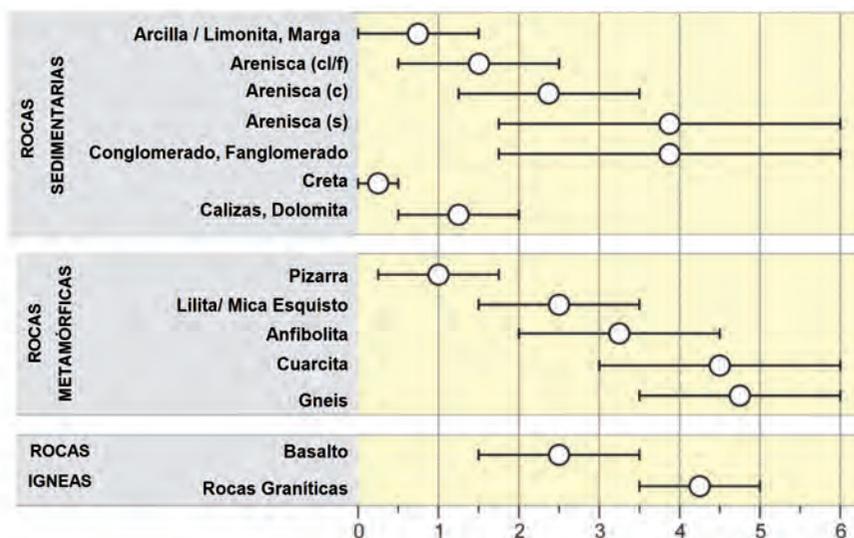


Figura 9. Clasificación de las rocas / Índice CAI

7.2. Índice Schimazek (F)

$$F = \frac{V \times d \times t}{100} \quad (6)$$

- V % de minerales abrasivos en volumen.
- d Diámetro medio de los granos de cuarzo (mm) o, en ausencia de cuarzo, el diámetro del principal mineral duro.
- t Resistencia a tracción (MPa), (ensayo brasileño).

Según el valor del índice F la rozabilidad de las rocas será:

Rocas fácilmente rozables:

F = 0,06 kN; desgastes ligeros.

Rocas rozables satisfactoriamente:

F = 0,42 kN; desgastes moderados.

Rocas rozables:

F = 0,5-0,6 kN; desgastes elevados.

Rocas rozables con dificultad:

F > 0,6 kN; desgastes muy elevados.

Tabla 8. Abrasivas de las rocas / Índice ABR / AFNOR (1990)

ABR [g/t]	Clasificación
< 500	Muy baja abrasividad
500 - 1 000	Baja abrasividad
1 000 - 1 500	Abrasividad media
1 500 - 2 000	Alta abrasividad
> 2 000	Muy alta abrasividad

Tabla 9. Abrasivas de las rocas / Índice TUM / Thuro et al 2006

ABR [g/t]	Clasificación
0 - 50	No abrasivo
50 - 100	Ligeramente abrasivo
100 - 250	Poco abrasivo
250 - 500	Abrasivo
500 - 1 250	Muy abrasivo
1 250 - 2 000	Extremadamente abrasivo

Para determinar V, al contenido de los diversos minerales abrasivos, expresado en tanto por ciento volumen, se le aplica un factor de corrección basado en la dureza - ROSIVAL (tabla 7).

7.3. Ensayo LCPC; índice ABR (g/t)

El índice ABR se determina con el ensayo LCPC Abroy, diseñado inicialmente

Tabla 7. Factores de corrección para determinar el índice F

Mineral	Contenido % en volumen	Factor de conversión	%
Cuarzo	a %	1,00	a %
Feldespato	b %	0,3	0,3 b %
Minerales arcillosos	c %	0,04	0,04 c %
Carbonatos	d %	0,03	0,03 d %
	100 %		V = Σ %

Tabla 10. Factores de ponderación de distintos minerales. (Abrasividad relativa ROSIWAL)

Coridón	770	Espinela	342	Feldespato	30-33
Circonio	332	Granate	186	Hornablenda	23
Andalucita	159	Topacio	134	Adularia	23
Casiterita	123	Rutilo	117	Escapolita	14
Cuarzo	100	Turmalina	92	Aragonito	6,3
Estaurolita	75	Olivino	72	Calcita	4,9
Epidota	58	Vesuviana	56	Apatita	4,5
Piroxenos	56	Hematita	51	Fluorita	4,5
Pirita	50	Cianita	49	Filosilicatos	4
Titanita	43	Cordierita	41	Carbonatos	3
Boncita	36	Leucita	36	Biotita	
Feldespato	35	Labradorita	33	Muscovita	3,6
Ortoclasa	33	Magnetita	31	Clinocloro	1,8
Hipersteno	31	Oligoclasa	30	Clorita	1
				Talco	0,6
				Yeso	0,5

para estimar la abrasión que sufren las máquinas machacadoras de rocas.

Realizando el ensayo según la norma AFNOR 1990, se obtiene una clasificación de la abrasividad de las rocas en función del índice ABR (tabla 8).

Utilizando la metodología desarrollada por la Universidad de Munich TUM 2006, se obtiene otra clasificación de la abrasividad de las rocas (Thuro et al 2006) (tabla 9).

7.4. Índice de abrasividad RAI (2002)

Es un nuevo índice de abrasividad propuesto por Plinninger (2002); es fácil de calcular.

$$RAI = \sigma_c EQC \quad (7)$$

σ_c Resistencia a compresión de la roca.

EQC Contenido equivalente en cuarzo en la roca.

$$EQC = \sum_{i=1}^{i=n} A_i R_i$$

A_i Contenido de cada mineral (%).

R_i Abrasividad relativa ROSIWAL en %, $R_{\text{cuarzo}} = 100\%$.

A cada mineral se le asigna un factor de ponderación (tabla 10).

La abrasividad de las rocas utilizando los índices CAI y F se indican en la *tabla 11*.

La correlación entre ambos índices se establece mediante las expresiones:

$$CAI = 2,9 \times F^{0,347}$$

$$F = 0,046 \times CAI^{2,88}$$

8. Desgaste de las herramientas de corte

El desgaste o la rotura de las picas depende fundamentalmente de los siguientes factores:

- Abrasividad de la roca
- Resistencia a compresión
- Resistencia a tracción
- Tenacidad $\left(\frac{\sigma_t}{\sigma_c} \right)$
- Calidad del diseño y del material de la pica y diámetro de la punta de widia.
- Estado tensional del macizo rocoso.
- Eficacia de la inyección de agua para refrigerar las picas.
- Revoluciones de la cabeza de corte.

La estimación del desgaste de picas en rocas duras y abrasivas tiene una importancia económica muy relevante por su repercusión en el costo de excavación.

Hay distintos modos de relacionar los desgastes de las herramientas de corte con determinados parámetros e índices de abrasividad.

8.1. Utilizando el Índice de Cerchar (CAI)

Se utilizan ecuaciones empíricas y correlaciones obtenidas de casos prácticos. El desgaste de picas de punto de ataque (picas/m³) se estima en relación con la resistencia a compresión de la roca (σ_c Mpa) y el valor del índice CAI (*figura 11*).

Otro tipo de estimaciones de base estadística referidas a picas de punta de widia se han realizado en función del valor del índice CAI (Thuro – Plinninger 2007) (*Tabla 12*).

Tabla 11. Abrasivas de las rocas / Índice CAI (Cerchar), índice F (Schimazek)

Clasificación	F	CAI	Ejemplo
No abrasiva	<0,01	<0,5	Marga, yeso
Poco abrasiva	0,01 – 0,05	0,5 – 1,0	Marga arenosa
Moderadamente abrasiva	0,05 – 0,10	1,0 – 1,3	Lutita arenosa
Considerablemente abrasiva	0,10 – 0,25	1,3 – 1,8	Limonita
Abrasiva	0,25 – 0,50	1,8 – 2,3	Arenisca suave
Muy abrasiva	0,50 – 1,00	2,3 – 3,0	Basalto, arenisca dura
Altamente abrasiva	1,00 – 3,50	3,0 – 4,5	Gneiss
Extremadamente abrasiva	> 3,50	> 4,5	Granito, cuarcita

Tabla 12. Abrasividad / Índice CAI / Consumo específico de picas

PICAS DE PUNTO DE ATAQUE		
Abrasividad de la roca	Índice CAI	Consumo específico de picas (picas/m ³)
Muy baja	0,3 – 0,5	< 0,01
Baja	0,5 – 1,0	0,01 – 0,05
Moderada	1,0 – 2,0	0,05 – 0,15
Alta	2,0 – 3,0	0,15 – 0,3
Muy alta	2,0 – 4,0	0,3 – 0,5
Extrema	4,0 – 6,0	> 0,5
Cuarcita	6,0 – 7,0	

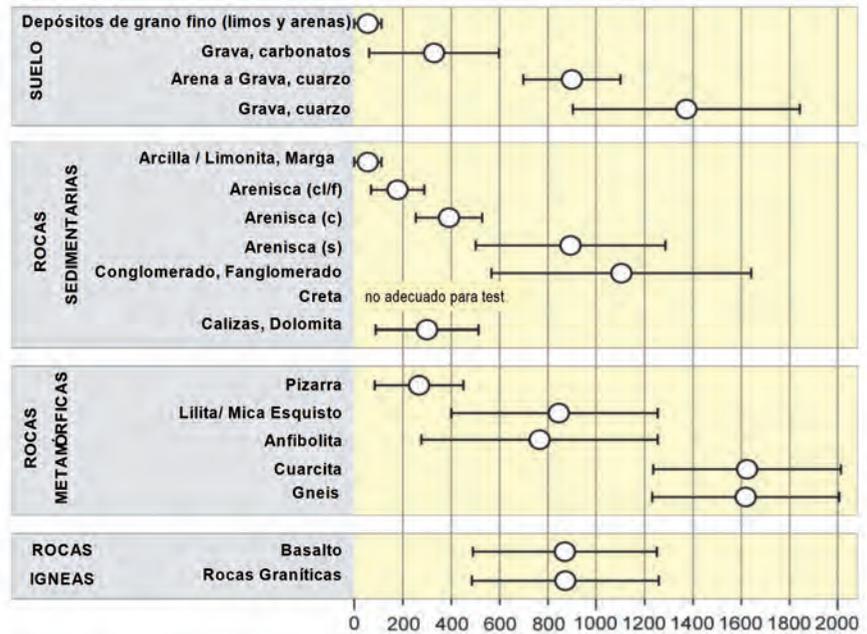


Figura 10. Valores del índice ABR para diferentes tipos de roca (ensayo LCPC, Thuro et al, 2006)

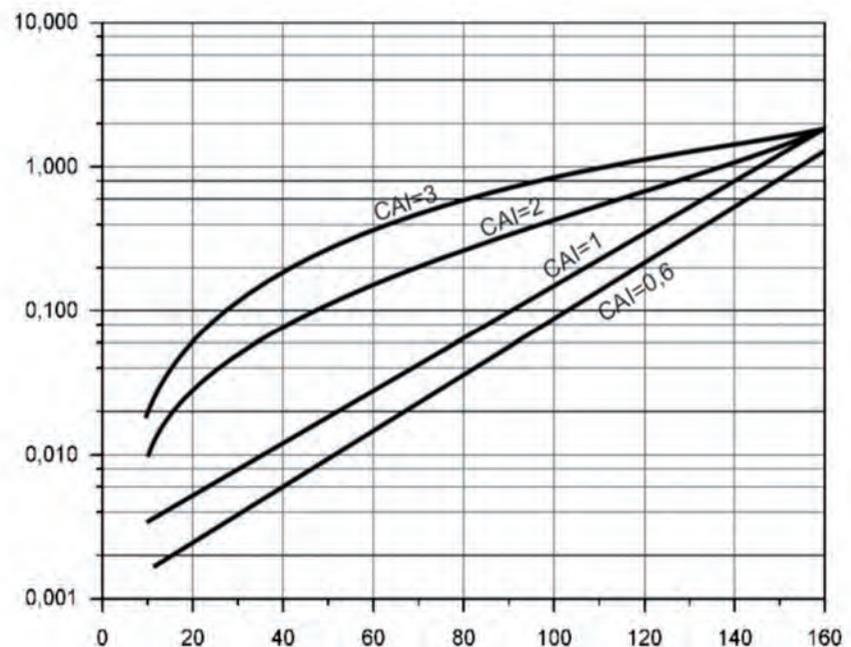


Figura 11. Consumo de picas de punta de widia / Índice CAI (Voest Alpine)

8.1.1. El Índice CAI, la resistencia σ_c de la roca y el consumo de picas

R. J. Plinninger ha construido un ábaco para determinar el desgaste de picas de punto de ataque con un diámetro de la punta de widia de 22 mm de alta calidad, utilizando la resistencia a compresión de la roca (σ_c MPa) y el índice CAI entre valores 0,5 – 4,5. (Figura 12).

8.2. Utilizando el Índice RCI y el consumo de picas

- De acuerdo con H. Coper *et al* el desgaste de picas se puede estimar utilizando la siguiente ecuación de predicción:

$$BCR = 897,06 (RCI)^2 + 6,1769 (RCI) \quad (8) \text{ H. Coper et al}$$

$$RCI = \sigma_c / P \times W \times CHD$$

$$BCR = \text{Consumo de picas (picas/m}^3)$$

$$\sigma_c = \text{Resistencia a compresión de la roca (MPa)}$$

$$P = \text{Potencia cabeza de corte (kW)}$$

$$W = \text{Peso de la rozadora (t)}$$

$$CHD = \text{Diámetro de la cabeza de corte (m)}$$

- Thuro – Plinninger (2003) han desarrollado la ecuación de predicción del desgaste de picas, válida para conglomerados, margas, calizas, filitas y mármoles.

$$\text{Desgaste (m/pica)} =$$

$$3131 - 624Ln EQC(\%) \quad (9)$$

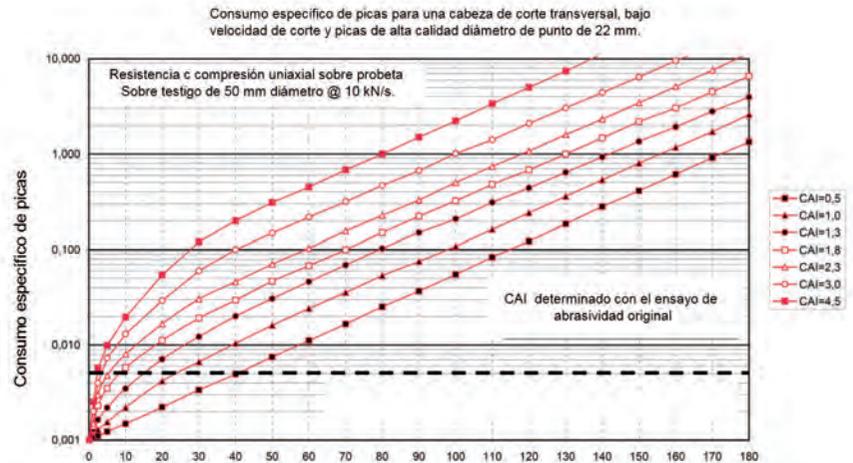


Figura 12. Resistencia a compresión uniaxial (MPa)-

EQC = Contenido equivalente en cuarzo (%) EQC (%)

9. Rendimientos de rozado

El rendimiento neto de excavación con rozadora (REXD) es uno de los parámetros que exige una adecuada y fiable predicción puesto que es esencial para determinar el costo del m^3 de excavación.

Se puede calcular mediante la expresión

$$R_{EXD} = C_E * C_D * (1 - C_1) * n * R_I \quad (10) \text{ L. Cornejo, 1988}$$

R_{EXD} = Rendimiento de excavación/día en m^3 (sobre perfil).

C_E = Coeficiente de eficiencia.

R_I = Rendimiento instantáneo de excavación en m^3 /hora (sobre per fil).

n = Número de horas trabajadas al día.

C_1 = Coeficiente de tiempos muertos, que representa el tiempo perdido en cada relevo.

C_D = Coeficiente de tiempo disponible para la excavación.

Para estimar R_{EXD} es necesario determinar previamente el rendimiento instantáneo de excavación o rozado.

Para estimar el rendimiento instantáneo R_I pueden utilizarse diferentes expresiones con diversos índices. En las expresiones siguientes el rendimiento instantáneo de excavación o de rozado, se expresa indistintamente como $R_I = ICR m^3/h$.

9.1. Determinación del ICR considerando el Índice de rozabilidad del macizo rocoso (RMCI), la resistencia a compresión de la roca σ_c y el RQD

$$ICR (m^3/h) = 0,28 \times P (0,97h)^{RMCI} \quad (11) \text{ Bilgin et al, 1996}$$

P = Potencia de la cabeza de corte (HP)

$$RMCI = \sigma_c \left(\frac{RQD}{100} \right)^{2/3};$$

índice de rozabilidad del macizo rocoso.

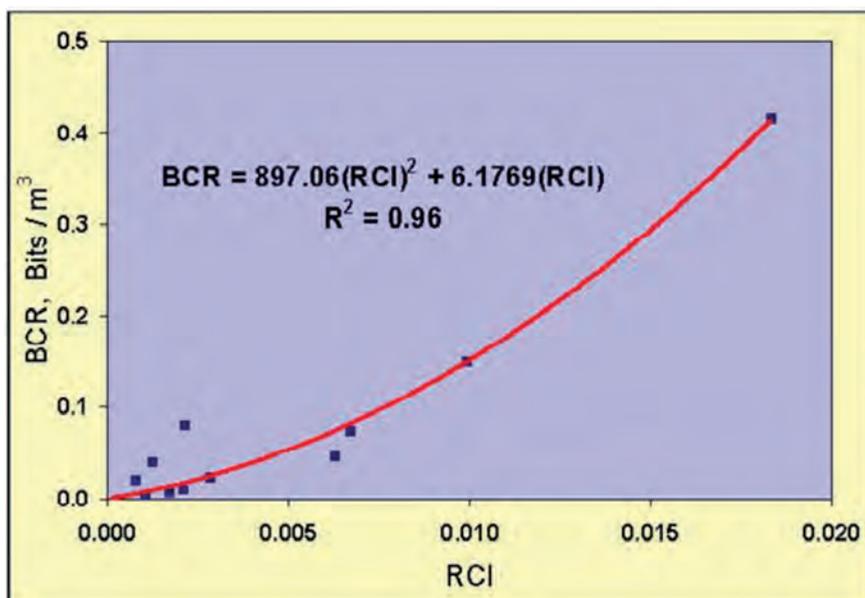


Figura 13. Consumo de picas / índice RCI

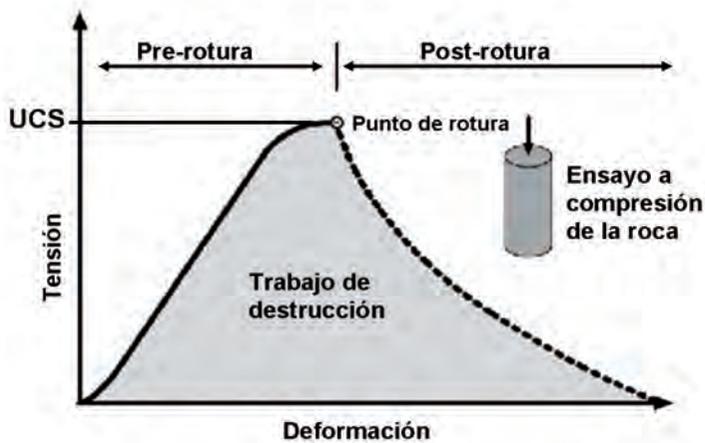


Figura 14. Determinación del trabajo específico de destrucción Wz

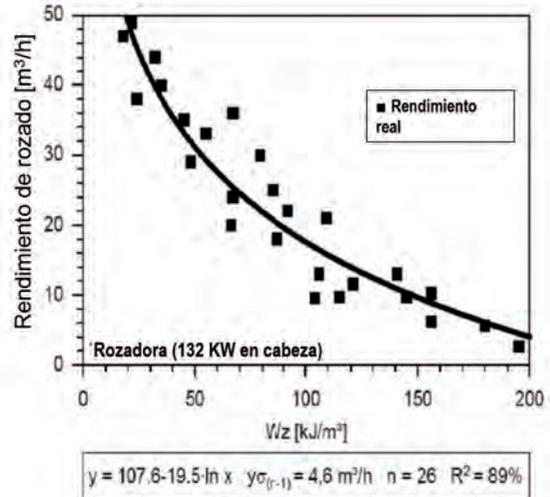


Figura 15. Rendimiento de roza/ Wz . Túnel Zeulenroda (26 ensayos, pizarras arcillosas y cuarcitas) Thuro

9.2. Determinación del ICR en función del Índice de penetración de la rozadora (RPI)

$$ICR(m^3/h) = 27,511 e^{0,0023(RPI)}$$

(12) Coper *et al*, 1998.

Válido para rocas evaporíticas y rozadoras con cabezal transversal

$RPI = P \times W / \sigma_c$ = Índice de penetración de la rozadora

P = Potencia de la rozadora en kW

W = Peso de la rozadora en t

9.3. Determinación del rendimiento instantáneo de roza utilizando el trabajo de destrucción (Thuro)

$$Ri(m^3/h) = 107,6 - 19,5 \ln Wz (K J/m^3) \dots (13)$$

Potencia C.C. de la rozadora 132 kW.

Wz = Trabajo específico de destrucción ($K J/m^3$).

El trabajo específico de destrucción Wz se determina realizando ensayos tensión-deformación sobre una probeta de roca sometida a compresión simple (figura 14).

En la figura 15 se presentan los resultados, de 26 ensayos realizados por Thuro en el túnel de Zeulenroda, de los rendimientos instantáneos de rozado en m^3/h en función del índice $Wz(KJ/m^3)$.

9.4. Determinación del rendimiento instantáneo de roza utilizando el consumo específico de energía (SE)

$$Ri(m^3/h) = K \frac{P(KW)}{SE(KWh/m^3)} \quad (14)$$

P = Potencia de la máquina kW

SE = Energía específica kWh/ m^3

K = Índice de transferencia de energía (Energy Transfer ratio)

$K = 0,8$ para cabezas de corte tipo "milling"

9.5. Determinación del rendimiento instantáneo de roza en función de la resistencia a compresión de la roca (σ_c, MPa)

$$Ri(m^3/h) = 75,7 - 14,3 \ln \sigma_c \quad (15) \text{ (Thuro - Plinninger, 2003);}$$

Para $P = 130$ kW

9.6. Determinación del rendimiento instantáneo de roza en función de la resistencia a compresión simple de la roca σ_c y de la potencia de la cabeza de corte

$$L^* = \frac{K_1 \times K_2 \times K_3}{\sigma_c} N$$

(16) ... Gehring, 1992

L^* = Producción instantánea o rendimiento medio de rozado (cm/h)

N = Potencia de la cabeza de corte (kW)

K_1 = cortabilidad/rozabilidad relativa de la roca intacta,

= 6 para rocas muy tenaces y rocas plásticas

= 7 para roca dura y plástica

= 8 para roca de dureza media

= 9 para roca frágil

= 10 para roca muy frágil

= 10-15 para carbón

K_2 = influencia de la discontinuidad (juntas, estratos, etc.)

=1 para roca masiva con discontinuidades > 25 cm

=1.5-2 para rocas estratificadas/fisuradas/lecho de rocas más fino, discontinuidad 10-25 cm

= 2.5 para roca interestratificada/agrietada/en capas. Discontinuidad < 5 cm

K_3 = Influye en la condición específica de corte. Es una función que no tiene en cuenta la socavación, ni la altura de corte, ni la oscilación de la cabeza de corte, ni los cambios de picas, ni la substitución del tipo de pica. No obstante, para la rozadora su valor abarca desde 3,5 a 4,5.

Gehring clasificó la roca para la aplicación de TBM y rozadoras basándose en el Índice de Cortabilidad de Roca de Voest-Alpine (VARCI) como se muestra en la tabla 13 de la página siguiente.

Tabla 13. Selección de TBM y rozadoras basado en VARCI (Gehring, 1980)

VARCI (mm)	Cortabilidad con TBM	Cortabilidad con rozadora
<0,5	Rendimiento moderado	No se aplica
0,5-0,8	Rendimiento normal a bueno	Se aplica sólo cuando la roca se encuentra en una única capa fina
0,8-1,5	Mejor rango de aplicación	Rozable con maquinas pesadas y con robustas picas cónicas
1,5-2,5	Solo para TBM con cortadoras de disco	Máquinas de peso medio con picas cónicas
2,5-5,0	Ruedas con picas cónicas, cortadoras de disco para roca abrasiva	Máquinas de peso medio y ligero, picas cónicas / picas de tipo de arrastre, mejor cobertura de aplicación
5,0-10,0	Aplicación de TBM sólo en versión escudo con picas de arrastre	Máquina de peso medio y ligero, picas de tipo de arrastre finas y cónicas

(Nota: Las rozadoras de servicio de tipo pesado y medio varían de 50 a 80 tipos de toneladas y de 23 a 50 tipos de toneladas respectivamente.)

Tabla 15. Coeficiente de eficiencia (L. Cornejo, 1988)

Grado	Condiciones de Trabajo	Coeficiente de eficiencia
1	Buenas condiciones en la solera. Se produce poco polvo.	1
2	Solera en malas condiciones. Poco polvo.	0,86
3	Mucho polvo a veces hay que interrumpir el trabajo.	0,69
4	Solera en malas condiciones. Mucho polvo.	0,52

9.7. Rendimiento real de excavación con rozadora

Una vez estimado el rendimiento instantáneo de corte de una rozadora utilizando alguna de las ecuaciones de predicción anteriormente indicadas, el valor obtenido se afectará de los coeficientes C_E , C_D , C_I , $(1-C_I)$ y n de la expresión utilizando las tablas 14 y 15 para obtener el rendimiento de excavación esperable.

10. Criterios para estimar la rozabilidad o excavabilidad de las rocas

Pueden utilizarse varios criterios para estimar la excavabilidad de las rocas con rozadora.

10.1. Energía específica

Unos de los parámetros más utilizados es la energía específica mediante el ensayo

Tabla 16. Selección de rozadoras basada en ensayos de laboratorio. Energía específica

Valor superior de energía específica de laboratorio (MJ/m ³)		Rendimiento generalizado del corte
Máquina pesada	Máquina de tipo medio	
25-32	15-20	La máquina puede cortar de una manera económica con un espesor de estrato duro (<0,3 m)
20-25	12-15	Mal rendimiento de corte. La herramienta de ataque puntual puede conseguir una velocidad baja y beneficiosa, el motor de corte mejorará su estabilidad
17-20	8-12	Rendimiento de moderado a bajo. Si se usa con frecuencia con picas para rocas abrasivas, se cambiarán con frecuencia.
8-17	5-8	Rendimiento del corte de moderado a bueno con un bajo desgaste de la máquina.
<8	<5	Avance y productividad elevadas

Tabla 17. Clasificación de los parámetros de la nueva clasificación de cortabilidad del macizo rocoso

Tipo	I	II	III	IV	V
Índice de carga puntual (I_{s50})	< 0,5	0,5 - 1,5	1,5 - 2,0	2,0 - 3,5	> 3,5
Clasificación (I_s)	5	10	15	20	25
Volumen específico de juntas (n°/m ³)	> 30	30 - 10	10 - 3	3 - 1	1
Clasificación (J_v)	5	10	5	20	25
Abrasividad	< 0,5	0,5 - 1,0	1,0 - 2,0	2,0 - 3,0	> 3,0
Clasificación (A_w)	3	6	9	12	15
Dirección del corte respecto a la dirección de la diaclasa principal	72° - 90°	54° - 72°	36° - 54°	18° - 36°	0° - 18°
Clasificación (J_s)	3	6	9	12	15
Potencia de la máquina (kW)	> 1 000	800-1 000	600 - 800	400 - 600	< 400
Clasificación (M)	4	8	12	16	20

en laboratorio (*core cuttability test*, Roxborough 1987).

10.2. Determinación de la rozabilidad de una roca utilizando el índice de corte (*cuttability index*) IC

Tabla 14. Coeficiente de tiempo disponible (L. Cornejo, 1988)

C_D	Condiciones de Trabajo
10%	Condiciones pésimas
20%	Terrenos malos con varias fases de ejecución realizadas con la misma rozadora, en los que se coloca un sostenimiento sistemático importante
50%	Cuando se trabaja por un frente en una sola fase y con un sostenimiento de cuantía ligera
85%	En condiciones óptimas sin ningún impedimento para el trabajo de la máquina. (Situación no real)

Se utiliza la expresión:

$$CI = I_s + J_v + A_w + J_s + M$$

(17). Greminger, 1982.

Los cinco parámetros se obtienen de la clasificación de rocas relativa a su rozabilidad utilizando la tabla 17.

Si el tamaño de la muestra sometido al ensayo "point load" no es de 50 mm, al índice de carga point load obtenido debe aplicarse un factor de corrección $F = (\frac{\phi}{50})^{0.45}$; $I_{50} = FI_S$; I_S es el "índice point load" de la muestra.

En función del índice CI, se determina la excavabilidad de la roca (tabla 18).

Tabla 18. Valoración de la excavabilidad de las rozadoras / Índice de cortabilidad (CI).

Índice de Excavabilidad	Posibilidad de escombros
50 > CI	Excavación muy fácil
50 < CI < 60	Excavación fácil
60 < CI < 70	Excavación económica
70 < CI < 80	Excavación difícil, puede no ser económica
CI > 80	Se deberían utilizar rozadoras de superficie

11. Limitaciones al uso de la excavación mecánica de túneles con rozadora

11.1. Resistencia a compresión de la roca

El método de excavación por corte de la roca de las rozadoras tiene sus propios límites por el mismo principio de excavación y la magnitud de las fuerzas generadas por la máquina y aplicadas a la roca.

Para que se produzca la rotura de la roca, es necesario que primeramente se produzca la indentación de las picas dentro de ésta. Cuando la roca tiene una resistencia a compresión y una tenacidad excesivas las rozadoras, aún las más pesadas, no pueden aportar la fuerza de empuje (F_N), necesaria para que se produzca esta indentación. En estas condiciones el rendimiento de la máquina será muy bajo y hará que el método de excavación no sea económicamente rentable. Se considera un rendimiento no rentable cuando baja a valores de 10-13 m³/h. sobre perfil. Esto sucede en rocas que superen los 100 MPa de resistencia a compresión. En determinadas circunstancias muy favorables (fracturación intensa de la roca, alteración de la roca, estratificación favorable y valores de RQD < 60) y utilizando las rozadoras más potentes y pesadas (>300 kW, >120 t), se

podría llegar a excavar rocas de hasta 150 MPa.

11.2. Nuevas máquinas y herramientas de corte

El objetivo para los próximos años es poder excavar rocas con rozadora de hasta 200 MPa. Este objetivo se conseguirá construyendo máquinas más potentes y pesadas (500 kW, 150 t) y sustituyendo las picas "point attack" por minidiscos (EMI, Escuela de Minas de Colorado), que permiten aplicar una mayor fuerza de empuje (F_N) y obtener un mayor rendimiento de excavación (m³/h) con un menor desgaste de las herramientas de corte (mini-discos).

11.3. Abrasividad de las rocas

Otro aspecto importante es el relativo a la abrasividad de las rocas que, fundamentalmente, depende del contenido equivalente en cuarzo (%) y de la trabazón o unión entre los granos.

La abrasividad de las rocas produce en las picas desgastes por rozamiento con pérdida de metal; estos desgastes serán tanto mayores cuanto mayor sea la abrasividad de la roca, expresada por los índices CAI, F, ABR y RI.

Una roca muy abrasiva (CAI=2,3-3) producirá un desgaste de 0,3-0,5 picas/m³, mientras que una roca altamente abrasiva (CAI=3-4,5) producirá un desgaste de picas >0,5 picas/m³. El límite económico puede alcanzarse con un desgaste de 1 pica/m³.

A. Rotura frágil de las picas

Al consumo de picas por abrasión se le sumará las roturas frágiles de las picas al golpear las rocas muy duras ($\sigma_c > 90$ MPa).

B. Consumo de picas

El consumo de picas, sumando estos dos efectos, puede llegar a incrementarse hasta valores muy elevados, que puede hacer económicamente inviable el uso de la rozadora (Túnel de Nuremberg, 3,96 picas/m³, Thuro).

La rotura frágil de las picas se ve incrementada notablemente cuando se excava un frente mixto en el que en rocas blandas se intercalan capas finas de roca

muy dura ($\sigma_c > 100$ MPa); las capas de cuarcita que en ocasiones pueden ir intercaladas en espesores de varios centímetros entre capas de rocas blandas ($\sigma_{media} = 50$ MPa), pueden alcanzar valores de ($\sigma_c = 130 - 230$ MPa).

Las roturas de las picas en rocas duras se incrementa también cuando, al no producirse la indentación adecuada, el rozamiento pica-roca genera una alta temperatura que reblandece el acero y la vida de la pica, facilitando su rotura. En este punto es importante la refrigeración de las picas mediante chorro de agua orientado.

11.4. Consistencia de los materiales excavados

También puede resultar inadecuada la elección del método de excavación con rozadora en determinadas circunstancias.

a) Arcillas y limos húmedos

Cuando en el frente del túnel aparecen arcillas o limos húmedos, el giro de la cabeza de corte puede producir el amasado del terreno, quedando la cabeza de corte recubierta de una capa de arcilla que la impide excavar; si este fenómeno es puntual se elimina manualmente la capa de barro y se prosigue el trabajo.

Si este fenómeno es persistente, será necesario retirar la rozadora sustituyéndola por otro medio de excavación (excavación mecánica puntual con máquina retro y cuchara de excavación con dientes)

Cuanto mayor es el porcentaje de arcillas dentro de la matriz rocosa, menores serán los rendimientos de excavación con rozadora. Esta disminución del rendimiento se acentúa con valores de materiales arcillosos superiores al 50% (Thuro).

b) Cuando en un frente mixto de excavación aparecen arcillas o limos en grandes proporciones y arenas con agua, la mesa de carga de la rozadora no puede alimentar la cinta de carga con estos materiales debido a su fluidez.

Este mismo problema puede suceder también en frentes mixtos con capas de arcillas y areniscas blandas en presencia de agua que, al ser excavadas, se convierten en arenas, originándose

la misma problemática anteriormente descrita.

- c) Reducción del rendimiento en túneles en pendiente
El efecto de la pendiente en la solera del túnel produce la reducción del tiempo útil de excavación y, por tanto, de su rendimiento.
En funcionamiento adecuado el tiempo útil dedicado a la excavación con la rozadora, está en el entorno del 30-38% del tiempo total del ciclo; en un túnel con pendiente significativa se puede reducir al 8%.
- d) Soleras en terrenos blandos con agua
En estas condiciones, se dificultan los desplazamientos de la máquina; las orugas se hunden en el terreno; se pueden producir averías en el tren de desplazamiento de la máquina e inestabilidades en su funcionamiento.
Estas dificultades afectan notablemente también a los rendimientos de excavación.

12. Ventajas de utilizar la excavación mecánica puntual con máquina rozadora

Dentro del campo de utilización recomendable para este tipo de máquinas, su uso como procedimiento de excavación presenta varias ventajas:

1. Menor costo de inversión que una tuneladora.
2. Mayor versatilidad que una tuneladora; puede realizar una excavación de cualquier tamaño y forma. Permite la excavación secuencial por fases de grandes secciones en terrenos blandos.
3. Menores costos de traslado e implantación en obra que una tuneladora.
4. No daña la roca circundante, mejorando su estabilidad en relación con el método de perforación y voladura.
5. Las sobre-excavaciones son mínimas en relación con el método de perforación y voladura, produciendo una sección de perímetro más regular y más estable.
6. No hay incremento en el volumen de hormigón de revestimiento al no existir

sobre-excavaciones, si se compara con las sobre-excavaciones que se producen con el uso de explosivos; estas sobre-excavaciones pueden dar lugar a volúmenes de hormigón muy superiores a los teóricos, pudiendo llegar a superar el doble del teórico.

7. Método de excavación más seguro y ausencia de vibraciones con relación al método de perforación y voladura.

13. Conclusiones

La decisión en la elección del método de excavación con rozadora y en el tipo de máquina más adecuado puede entrañar grandes riesgos económicos. Por esta razón su elección debe ser cuidadosamente analizada para que sea acertada.

Es necesario disponer de datos geológicos suficientes relativos a las rocas existentes y realizar estudios estadísticos relativos a la dureza a compresión simple de la roca, a su tenacidad (contenido equivalente en cuarzo C%), así como al grado de fracturación, meteorización, estratificación de las diferentes rocas existentes, y a la presencia de agua del contenido de materiales arcillosos o limosos y de frentes mixtos con estratos de resistencias y abrasividades muy diferentes.

Los materiales más adecuados para ser excavados con rozadoras son las rocas, principalmente sedimentarias de una resistencia a compresión moderada (40-50 MPa) y una abrasividad también moderada ($CAI = 1-1,3$; $F = 0,05-0,1$).

1. Los límites económicos de excavación con las rozadoras actuales pueden establecerse en:

a) Rocas masivas: $\sigma_c \leq 100 \text{ MPa}$; $CAI = 2,3-3$; $F = 0,5-1$; $0,15-0,3 \text{ picas/m}^3$.

En el entorno de estos límites es necesario utilizar rozadoras muy pesadas con cabezal de corte frontal, $P = \leq 120 \text{ t}$; $W(c.c.) \geq 300 \text{ kW}$; picas *point attack* muy robustas.

b) Rocas muy fracturadas, estratificadas, alteradas: $\sigma_c \leq 160 \text{ MPa}$; $CAI = 2,3-3$; $F = 0,5-1$; $0,15-0,3 \text{ picas/m}^3$; $ROD < 60$.

Debe utilizarse el mismo tipo de ro-

zadora indicado anteriormente.

2. Las circunstancias en las que no debe optarse por el uso de una máquina rozadora para la excavación de túneles son:

a) Cuando se presuma la existencia de frentes de excavación mixtos de estratos de rocas blandas ($\sigma_c < 20 \text{ MPa}$) con intercalación de estratos rocosos muy duros ($\sigma_c > 120 \text{ MPa}$) de espesores significativos.

En estas circunstancias el consumo de picas puede llegar a superar 4 picas/m³ y el rendimiento de excavación reducirse hasta 13 m³/h sobre perfil (Túnel Altenberg Thuro) por debajo del rendimiento económico. Se consideran rendimientos adecuados valores entre 30-35 m³/h sobre perfil.

- b) En túneles en arcillas y/o limos con suficiente humedad, puede producirse el amasado de la arcilla y formarse pegotes de ésta que pueden recubrir la cabeza de corte, dejándola inoperante.
- c) En túneles con frentes mixtos con agua en arcillas o limos con intercalaciones de capas de areniscas blandas o de arenas.

En el caso de las arcillas y arenas con agua, no será posible cargar el material a la cinta de desescombrado de la máquina; en arcillas y areniscas blandas, al ser éstas excavadas, se producirán arenas que no se podrán cargar.

- d) En túneles con pendientes significativas, puede reducirse el tiempo real de rozado por debajo del 10% del tiempo total del ciclo, obteniendo unos rendimientos que hacen no económica la excavación.

e) En túneles con agua en suelos blandos, la movilidad de la máquina puede quedar muy reducida. La máquina se hundirá en el barro pudiendo provocar averías en el sistema de traslación. En posición de trabajo, en estas circunstancias, la máquina puede presentar también problemas de estabilidad durante su funcionamiento. ❖

ImesApi es el resultado de la fusión de las empresas imes, S.A. y Aplicación de Pinturas, API, S.A. Ambas sociedades pertenecientes al Grupo ACS, se convierten en la referencia líder del sector de la conservación y de la explotación de todo tipo de infraestructuras, tanto urbanas como interurbanas.

Sobre estos dos pilares se asientan las bases del nuevo Grupo ImesApi.

Una gran firma que aúna diferentes sectores de negocio y que se ve respaldada: por su dilatada experiencia en el mercado, por su dinamismo en el tiempo de provisión de servicios, por disponer de equipos profesionales de alta especialización y por su constante empeño en apostar por las nuevas tecnologías.

Sólo así se podrían explicar nuestras profundas raíces:

•Nos avalan más de 75 años en el sector y eso nos ha permitido desarrollar nuestro trabajo con el más alto nivel de calidad y acometer con total garantía los proyectos más ambiciosos.



Actividades del Área Industrial:

- Trabajos de protección anticorrosiva de superficies de acero (soportes metálicos, equipos de proceso, tanques, tuberías, conductos, off-shore)
- Protección pasiva contra la acción del fuego en estructuras metálicas.
- Pavimentos industriales (mortero de resina epoxi, resinas autonivelantes, sistemas multicapa, pintura para suelos, sellado de juntas).
- Revestimientos epoxi-poliuretano (recubrimientos para agua potable, tanques y tuberías).
- Limpieza y pintura de túneles
- Trabajos de Hidrodemolición
- Rehabilitación de soportes de hormigón (puentes, presas, estructuras, etc.)
- Rehabilitación de puentes metálicos.
- Rehabilitación de fachadas.
- Eliminación Graffiti .
- Pintura de interiores.
- Rehabilitación y restauración de edificios Histórico-Artísticos



Elevada especialización en sus distintas áreas y vocación de servicio al cliente

Sobre la Senda Real (p.k. 6). Madrid



Rehabilitación estructural del puente de la A-6



Ernesto Serrano Játiva
Director Área Industrial IMESAPI

Resumen

Las estructuras de hormigón, en masa o armado, están sometidas a una amplia cantidad de agresiones que provocan potenciales daños y deterioros. Después de haber realizado una inspección principal a la estructura, para determinar el origen y las causas finales del deterioro, se deberá definir una estrategia adecuada de reparación y refuerzo. La selección de los materiales para realizar las reparaciones se hará de acuerdo a la Norma UNE EN-1504 y su aplicación deberá realizarse por personal especializado.

PALABRAS CLAVE: Puentes sobre la Senda Real, Ayuntamiento de Madrid, refuerzo y rehabilitación.

1. Introducción y antecedentes

La rehabilitación estructural de este puente se incluye dentro de las obras de recuperación del sendero GR 124 o Senda

Real impulsadas por la Asamblea de Madrid en 1990. Esta vía comunica la ciudad de Madrid (Palacio Real) con la Sierra de Guadarrama, pasando por el Monte del Pardo, Tres Cantos y Colmenar Viejo, para finalizar en Manzanares el Real.

La recuperación de la Senda Real se enmarca dentro del Plan Especial de la Ciudad Universitaria elaborado por el Ayuntamiento de Madrid y aprobado definitivamente en julio de 2000, y en cuyo desarrollo han participado junto con el Ayuntamiento las tres universidades presentes en el Campus, a través del Consorcio Urbanístico creado en 1990.

La justificación de la necesidad de reparación del puente se basó en la inspección realizada, en la cual se detectaron armaduras vistas y corrosión en las vigas centrales y extremas, filtraciones de agua en determinados puntos, fisuración en mapa del enfoscado, humedades y eflorescencias, y un avance importante de la carbonatación en determinados elementos resistentes (fotos 1 y 2).

En noviembre del 2008, la Dirección General de Vías y Espacios Públicos del Ayuntamiento de Madrid redactó el Proyecto de Rehabilitación del Puente de la A6 so-

bre la Senda Real. Dicho proyecto fue licitado y posteriormente adjudicado en marzo del 2009 a la empresa IMESAPI, S.A. Una vez analizada la solución propuesta se consideró por parte de la Dirección de Obra y el Departamento de Espacios Urbanos I proponer un modificado con una solución que fuese más respetuosa con el puente original, dado el carácter histórico del mismo y el marco general en el que se encuadra.

Con fecha 10 de agosto del 2009 se firmó el contrato del Modificado nº 1 del Proyecto de Rehabilitación del Puente de la A6 sobre la Senda Real.

2. Reseña histórica

El origen de la Senda Real data del siglo XV, cuando Enrique III de Castilla ordena construir un pabellón de caza en el bosque de encinas conocido como El Pardo. Ya en el siglo XX, el rey Alfonso XIII dona una importante extensión de terreno que pertenecía al Estado, de la finca de La Moncloa, situada en la zona noroeste de la capital, con la finalidad de albergar

los nuevos centros destinados a ser sede de la Universidad. Esa zona estaba relativamente retirada del núcleo urbano y emplazada en un promontorio que le confería unas condiciones ambientales propicias, cualidades paisajísticas excepcionales y un acceso fácil y próximo a la ciudad. Al proclamarse la Segunda República el proyecto continuó con un claro apoyo e impulso del nuevo régimen.

En 1916, la compañía del Tranvía del Este obtiene la concesión de una línea desde la Escuela de Agricultura hasta el Club de Puerta de Hierro, que se inauguró el 26 de noviembre del mismo año. En el jardín existente delante de la Escuela de Agricultura, donde terminaban las líneas 27 y 34, había una raqueta para los tranvías con remolque y desde allí, por vía única y bajando una fuerte pendiente hasta el Arroyo de Cantarranas, pasaba por delante del Palacete de la Moncloa, hasta el Paseo Prado del Rey, que iba junto a la carretera de La Coruña; allí con doble vía atravesaba la Granja de Castilla la Nueva y seguía hacia el norte cruzando el Arroyo de las Damas y el Estanque de las Damas, hasta penetrar en el Monte del Pardo, donde moría.

Durante el verano de 1932, y debido a las obras de la Ciudad Universitaria, se reforma el trazado de la línea debido a que habría tenido que cruzar varias veces la Avenida Principal de la Ciudad Universitaria; la nueva línea era doble en todo su recorrido, tenía curvas con mayor radio, suaves pendientes y no tenía pasos a nivel. Arrancaba de la plaza de la Moncloa por el lado izquierdo de la Av. Principal de la Ciudad Universitaria y, bordeando el Parque del Oeste, llegaba a los campos de deportes que contorneaba hasta entrar en la estación cubierta del *stadium*, que aprovechaba el talud del terreno (*plano 1*).

A la salida, la línea se bifurcaba en dos

ramas: una hacia el interior de la Ciudad Universitaria, que no llegó a construirse; y la otra por el campo cruzaba el arroyo de Cantarranas por el Vialto del Aire. Desde el Jardín del Barranco se veían pasar los tranvías entre las copas de los viejos árboles que crecían en el fondo del barranco; luego cruzaba la Avenida Principal de la Ciudad Universitaria en las proximidades del Estanque y la Fuente de las Damas hasta morir en el Monte del Pardo. El trayecto lo cubrían la línea 41, que llegaba hasta Puerta de Hierro, y la 21 que llegaba hasta los campos de deporte, sustituyendo a la 27.

La estación de Fuente de las Damas, objeto de la presente rehabilitación, fue proyectada por Eduardo Torroja Miret en 1932 y constituía uno de los pasos inferiores bajo la entonces denominada Avenida de Puerta de Hierro. Se construyó para evitar el cruce a nivel con una de las principales salidas al tráfico madrileño de la época. Se proyectó con anchura suficiente para dos calzadas con dos carriles de tráfico lento en cada sentido y dos de tráfico rápido. Este paso inferior daba continuidad no sólo al llamado Camino Bajo, que discurría por la zona arbolada y ajardinada de Ciudad Universitaria, sino que también servía de cruce al tranvía de Puerta de Hierro, dando lugar a la llamada estación Fuente de las Damas, por estar junto a esa antigua fuente en el Pinar de Puerta de Hierro.

Según la descripción de la Revista de Obras Públicas de 1935, la estructura está compuesta por "forjados y vigas de hormigón armado, formando dos luces de 13 m, separadas entre sí por una línea de pilares también de hormigón. La gran oblicuidad de este paso, unido a la gran anchura de la vía,

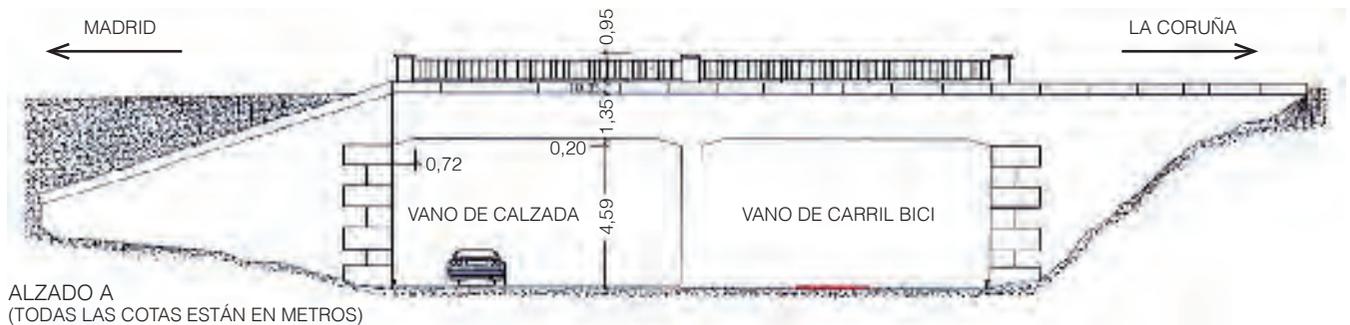


Foto 1



Foto 2

hace que la obra resulte de una longitud de 50 m; pero a pesar de ello, la doble calzada y la esbeltez de los pilares intermedios bastan para disimular bastante el efecto de túnel que siempre representan los pasos de esta longitud. Los terraplenes, al acometer contra la obra, están contenidos por pantallas verticales de hormigón, formando grandes ménsulas empotradas en la zapata de cimentación y separadas unas de otras por medio de juntas verticales, para evitar los agrietamientos debidos a los efectos de torsión que siempre tienen lugar en estas pantallas, tanto por efecto de la desigual altura



ALZADO A
(TODAS LAS COTAS ESTÁN EN METROS)

Plano 1



Foto 3



Foto 4



Foto 5



Foto 6



Foto 7

de la cimentación como por la coacción que establece la rigidez del ángulo de esquina de la pantalla de contención”.

3. Solución estructural propuesta para el refuerzo

3.1. Descripción general

La razón del refuerzo no es un comportamiento inadecuado de la estructura, sino consecuencia de haberse proyectado de forma previsible con la norma de acciones de 1925, con cargas inferiores a las de la vigente instrucción (IAP-98).

Se trata de un puente esviado (aunque la planta del tablero presenta una distribución recta de los nervios, con las vigas extremas constituyendo el esviaje). Son dos vanos hiperestáticos constituidos por 15 vigas de canto variable.

La luz libre en ambos vanos es de 9,0 m y tiene un ancho de 48,3 m, aunque existe una junta longitudinal entre las vigas nº 7 y nº8 que tiene continuidad en las pilas y estribos, que convierte la estructura en doble (*plano 2*).

Las vigas de los dos vanos tienen directriz recta, son de hormigón armado y están ejecutadas in situ. Están arriostradas transversalmente en las cabezas sobre los

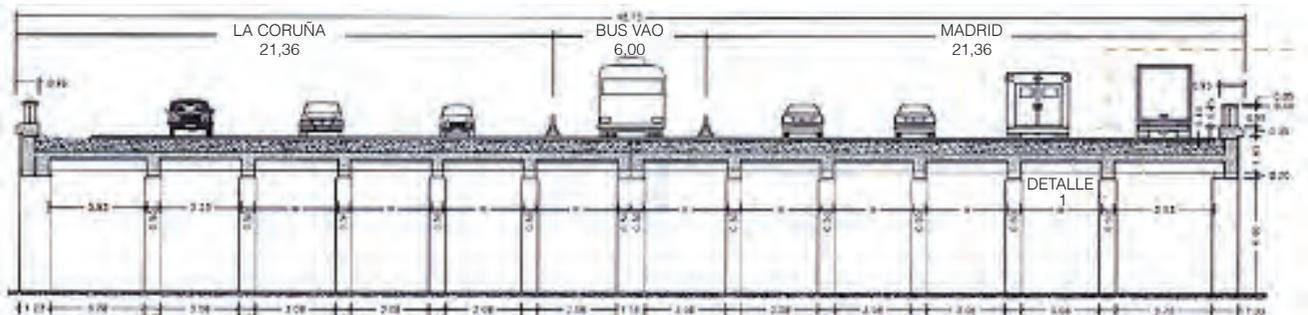
estribos y la pila, siendo todas las riostras de hormigón armado.

La sección es rectangular y el canto aumenta linealmente de 0,5 m a 0,7 m en los 80 cm más próximos a la pila y los estribos, donde quedan empotradas. Sobre las vigas hay una losa de hormigón armado de 25 cm de espesor, colaborante a todos los efectos con las vigas descritas.

El hormigón empleado en la estructura, según las auscultaciones previas realizadas, presenta áridos rodados de hasta 80 mm y acero en barras lisas de diámetros variables.

Los dos estribos están constituidos por un muro de frente de hormigón armado de 1 m de espesor con aletas laterales del mismo material. En cuanto a la pila, están compuestas de 14 fustes prismáticos de sección cuadrada, con un revestimiento exterior de placas de ladrillo cubiertas por un enfoscado. Este enfoscado también reviste los paramentos de los estribos y las caras laterales e inferior del tablero.

En el centro de la estructura, existe una junta de construcción entre las dos calza-



SECCION B-B
(TODAS LAS COTAS ESTÁN EN METROS)

Plano 2



Foto 8

das superiores. Ésta asciende verticalmente por el centro del muro de frente de ambos estribos hasta llegar al forjado; continúa por éste entre las vigas centrales (nº 7 y nº 8) hasta llegar a la pila, y desciende verticalmente entre los fustes nº 7 y nº 8 de la pila. Aunque estos dos fustes están separados por la junta, comparten el revestimiento exterior.

En lo tocante a la elección del tipo de refuerzo, se propone la solución de fibra de carbono que aporta las siguientes ventajas:

- Elevada capacidad resistente con poco material.
- Adaptable a las irregularidades y geometría variable de la estructura gracias a su flexibilidad.
- Apta para refuerzos de flexión y cortante.
- Avalada por documentación técnica de aplicación (FIB *Bulletin* 14).
- Solución empleada con éxito en obras similares.
- Facilidad de ejecución respecto a otras opciones de refuerzo.

3.2. Refuerzo propuesto

Una vez realizado el cálculo, el refuerzo propuesto fue el siguiente:

- Vigas a flexión: una capa de fibra de carbono de Replark* 30 o similar en todo lo ancho de la viga (50 cm) y en toda la longitud del vano y otras 2 capas a añadir sobre la anterior, también del tipo Replark 30 o similar, en una banda centrada de 6 metros de longitud. Esta solución es igual para todas las vigas.



Foto 9



Foto 11



Foto 10



Foto 12

- Vigas a cortante: dos capas fibra de carbono de Replark MM2 o similar en forma de U (salvo las vigas centrales que será en L) en toda la longitud el vano y otra adicional, también del tipo Replark MM2 en toda la longitud de la viga.
- Riostras: una capa de Replark 30 o similar de 50 cm de anchura en toda la longitud de la viga para el refuerzo a flexión y una capa en forma de U para el refuerzo a cortante de Replark MM2 en toda la longitud de la viga.
- Estribos: refuerzo de hormigón proyectado de 15 cm sobre anclajes de acero pasivo B 500-S en la conexión de las vigas con el estribo.
- Pilas: 10 cm de hormigón proyectado sobre armadura pasiva B500-S.

4. Ejecución de la obra

Además del refuerzo estructural antes comentado, se han realizado toda una serie de operaciones adicionales necesarias para completar la rehabilitación del puente y que por orden de ejecución se describen a continuación.

4.1. Saneamiento, demoliciones y limpiezas

El primer paso en la ejecución de las obras fue la realización de las demoliciones

y saneamientos de los diferentes elementos estructurales del puente. Además, con el objeto de intentar disminuir las filtraciones por la junta central se procedió al corte del Bus-Vao y los carriles rápidos de la A6 para sanearla e impermeabilizarla desde la calzada superior (fotos 3, 4 y 5).

En los alzados del puente se procedió al picado y retirada de los aplacados existentes, así como en las pilas (fotos 6 y 7).

Al descubrir los aplacados y enfoscados se encontraron varias zonas en los que el hormigón presentaba nidos de grava y la armadura defectos de hormigón (fotos 8, 9 y 10).

4.2. Reparación de elementos de hormigón

Previamente a aplicar el refuerzo de fibra de carbono fue necesario preparar las superficies de las vigas a fin de obtener una geometría apta para el buen funcionamiento del sistema, como determinan las recomendaciones al respecto. Se utilizó un mortero epoxídico para el relleno de los huecos y zonas a sanear, hasta alcanzar la geometría requerida. Asimismo se procedió al chorreo con arena de las armaduras y su posterior pasivación para prevenir la corrosión (fotos 11 y 12).

(*) Sistema de reparación y refuerzo estructural con hojas de fibra de carbono de alta resistencia y resinas epoxi.



Fotos 13 a 20

4.3. Refuerzo estructural

Como se ha comentado en el apartado anterior, el refuerzo consta de dos partes fundamentales con sistemas diferentes. Por un lado, en las vigas y riostras se dispuso un refuerzo tanto a flexión como a cortante con fibra de carbono unidireccional, mientras que en pilas, se ejecutó una proyección sobre armadura pasiva (fotos 13 a 20).

4.4. Drenaje y desagües

En el apartado 4.1 se ha comentado que una de las actuaciones fundamentales ha sido la reparación de la junta central desde la zona superior del tablero, a fin de intentar disminuir las filtraciones que se producían a través de ella.

Los otros elementos donde se ha actuado, han sido los antiguos alojamientos



Foto 21

del alumbrado original del puente situados al tresbolillo en la zona inferior del tablero, y que eran puntos por donde se filtraba el agua escurriendo por ese paramento para afectar al hormigón de su entorno. Por ello, el proyectista propuso la ejecución de unos picos de pato que evitasen esa situación. En la ejecución se cuidó especialmente que se sellasen tanto superior como inferiormente los extremos de los tubos para que funcionase correctamente (fotos 21 y 22).

5. Datos significativos de la obra

Título de la obra: Rehabilitación del puente de la A-6 sobre la Senda Real.

Expediente: 132/2009/00025

Localización: Comunidad de Madrid. Madrid. Paso inferior de la A-6, p.k. 6.

Promotor: Ayuntamiento de Madrid. Área de Gobierno de Obras y Espacios Públicos.

Director de la Obra: D. Luis Miguel Abad Pérez (I.C.C.P.)



Foto 22

Jefe de Obra: D. Jorge Moreno Mateos.

Empresa adjudicataria: IMESAPI, S.A.

Empresa Consultora del Proyecto Modificado: ALEPH Consultores.

Plazo de ejecución: 4 meses.

Presupuesto de inversión (IVA incluido): 448 211,70 €

Materiales empleados:

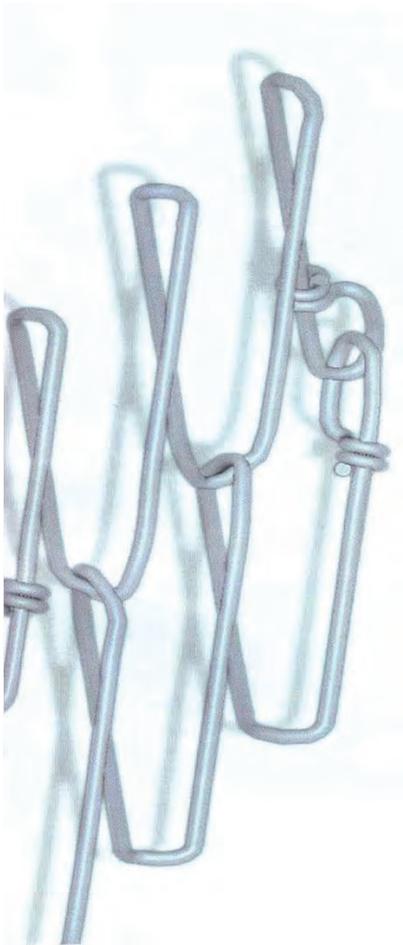
- Fibra de carbono unidireccional en flexión: 310 m²
- Fibra de carbono unidireccional en cortante: 865 m²
- Hormigón proyectado en pilas: 20 m³
- Armadura B-500 de refuerzo en pilas y estribos: 2 250 kg.
- Anclajes de armadura: 1 170 uds.
- Pintura anticarbonatación: 2 100 m²

6. Bibliografía y fuentes consultadas

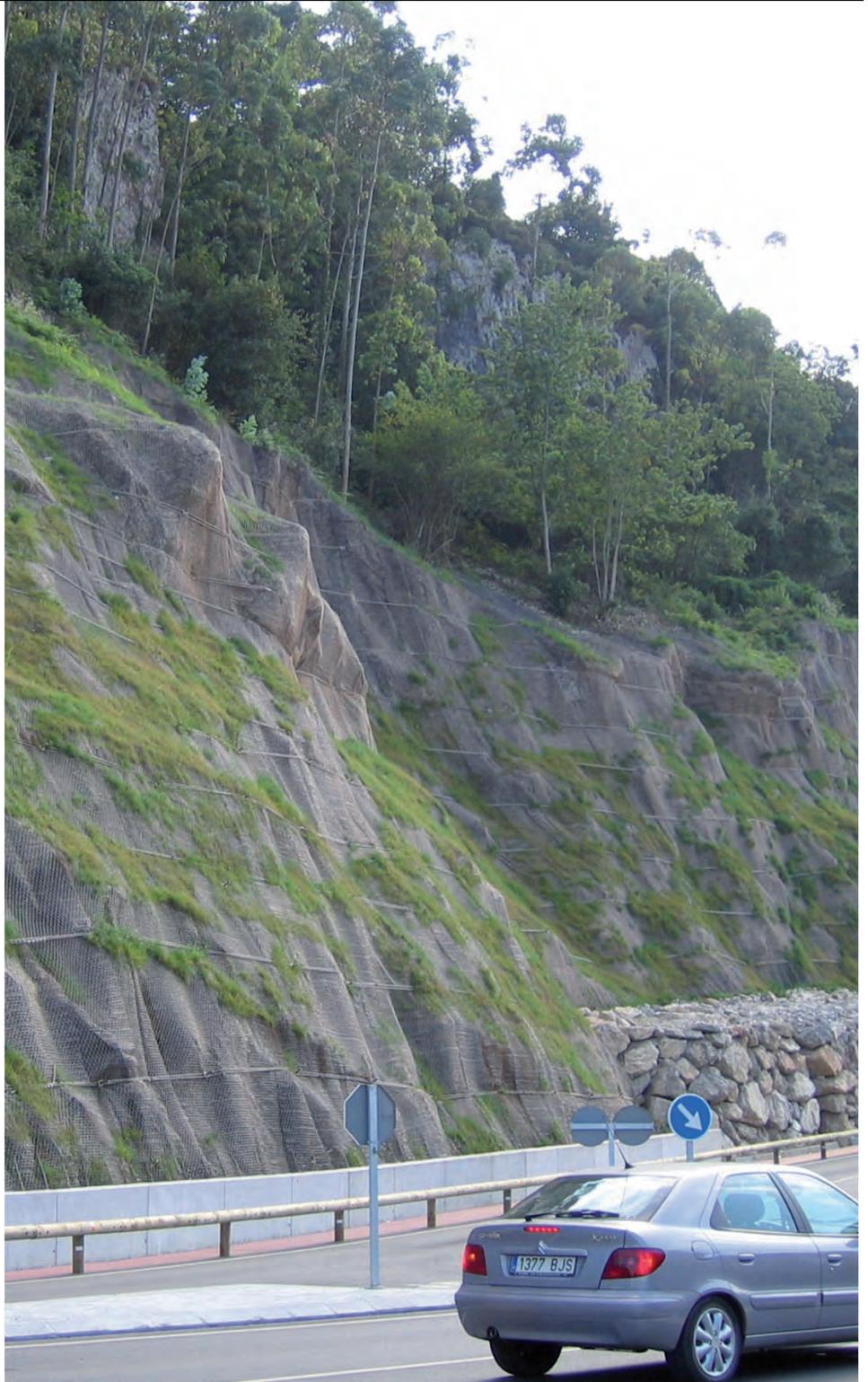
- Revista de Obras. 1935. Tomo I.
- Carlos López Bustos. Tranvías de Madrid. 1998.
- Universidad Complutense de Madrid. Unidad de Información Científica.
- Proyecto de Rehabilitación del Puente de la A-6 sobre la Senda Real.
- Consorcio Urbanístico de Ciudad Universitaria. ❖

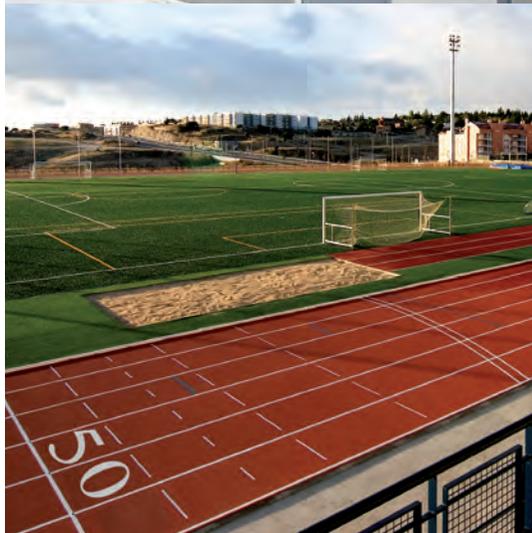


TECCO® estabilización y control de la erosión de taludes y laderas inestables, con respeto al medio ambiente



Mallas de alambre de acero de alto límite elástico como alternativa a las obras de hormigón proyectado.





50
 aniversario
 1961-2011
 y seguimos...



Cumplimos 50 años de compromiso y superación

GRUP  **ORTIZ**

crecimiento responsable



ISOLUX CORSÁN
CORSÁN-CORVIAM



La calidad salta a la vista

En ISOLUX CORSÁN afrontamos el futuro desde una perspectiva de crecimiento sostenible. Emprendemos iniciativas dirigidas a generar bienestar para todos, que contribuyen a crear sociedades más felices, prósperas y respetuosas con el entorno. Y para ello mantenemos un alto nivel de exigencia en nuestras políticas de calidad y medio ambiente.

Por eso nuestro trabajo deja una huella, la excelencia de lo bien hecho. Y eso se nota.

CENTRAL

Caballero Andante 8 • 28021 Madrid • Tel.: 91 449 3000 • Fax: 91 449 3333
www.isoluxcorsan.com

CANARIAS

Bouza 1, Edif. Duque Santa Elena 2º Piso, Oficina 4 • 38002 Santa Cruz de Tenerife • Tel.: 922 27 42 04 • Fax: 922 27 42 05



Finalizado el acondicionamiento de la carretera Vallehermoso-Arure (La Gomera)

D. Adolfo Hoyos-Limón
*ICCP y Director de las obras**

Antes de la ejecución de la obra, la zona Nordeste de La Gomera constituía la zona menos desarrollada económicamente de toda la Isla. Su retraso económico se debía, en gran parte, a su aislamiento, fruto de su distancia geográfica de la capital y puerto principal de la Isla (San Sebastián), de una muy complicada orografía y de una nula inversión pública en la mejora de la red de comunicaciones con el resto de la Isla. El declive económico y social de Vallehermoso se fué agudizando a lo largo de los últimos 50 años siendo el caso extremo de una Isla que sufrió como ninguna el proceso de despoblación derivado de la transformación del modelo agrario al turístico.

Tanto el Plan Insular como los diferentes Programas Sectoriales del Cabildo de La Gomera y del Gobierno de Canarias entendieron claramente la problemática y las demandas de Vallehermoso y se está centrando en estos años gran parte de la inversión pública en la mejora de la accesibilidad.

Por ello, se decidió realizar esta actuación que se enmarcó en su momento en el Convenio de colaboración, coordinación y apoyo entre el entonces Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente y la Comunidad Autónoma de Canarias para la financiación y ejecución de obras de carreteras en la Comunidad Canaria.

Además, esta carretera es la única vía de comunicación entre el Norte de La Gomera (Vallehermoso) y la zona Suroeste

(Aeropuerto, Valle Gran Rey, Playa Santiago). Su conexión con la carretera dorsal que atraviesa el Parque de Garajonay le confiere el carácter de eje vertebrador de la parte central y occidental de la Isla. Las condiciones de trazado puede constituir un trayecto alternativo en su conexión con San Sebastián.

La carretera anterior y el medio físico

La carretera CV-6 original era un camino vecinal con una plataforma de menos de

* El autor quiere hacer constar su reconocimiento y recuerdo más emotivo hacia D. Joaquín Herrero Sáinz, Director inicial de este acondicionamiento, así como de las principales obras de infraestructuras viarias realizadas en la Isla de La Gomera en los últimos años.

6 m de ancho en la mayor parte del recorrido, con una pendiente entre el 7% y el 9% hasta alcanzar la Meseta Central (dentro del Parque Nacional), donde se reducía al 5%. Además, se trataba de una carretera con un trazado muy sinuoso, con un gran número de curvas con radios inferiores a 50 m y sin visibilidad. Casi ninguna disponía de clotoides y no se cumplían transiciones ni conexiones adecuadas entre ellas según las recomendaciones de la Instrucción de Trazado. Además, en la mayoría de los tramos no existían barreras de protección y el firme debía ser repavimentado regularmente para recuperar su funcionalidad.

El principal condicionante físico de la carretera entre Vallehermoso y Apartacaminos era y es, como una gran parte de las carreteras de la Isla, el orográfico. Su trazado asciende por la margen izquierda del barranco de Macayo desde el casco urbano de Vallehermoso (cota 170 m) hasta la Montaña de La Zarza en la Meseta Central (cota 1 020) alcanzándose la cota 930 a los 10 km de recorrido.

Además, su dificultad orográfica lleva aparejada, sin embargo, una gran belleza paisajística que la hace ser disfrutada por los numerosos turistas que recorren las carreteras gomeras. Toda la carretera se localiza en un área de alto valor medioambiental, con unos 3 km dentro del Parque Nacional de Garajonay, cuatro en la zona de premarque, y el resto en el límite de un Lugar de Interés Comunitario (LIC). La primera indicación particular del Pliego fue la de diseñar la carretera, de 11 200 m de longitud, con un escrupuloso cuidado hacia el medio ambiente, buscando la máxima



El acondicionamiento hará posible circular a 40 km/h con seguridad

integración medioambiental y la menor afección posible a elementos paisajísticos y vegetales presentes en las proximidades de la actual carretera.

Además, el tráfico que soportaba la carretera, según datos de 1994, es de unos de 242 veh/d, notablemente inferior a los que soportaba la TF-711 en Las Rosas (664 veh/d) o 1 641 veh/d en Hermigua. El tráfico soportado entre el Mirador de Epina y el cruce de Apartacaminos era bastante superior (700 veh/d) y similar al de la TF-713 y al acceso a Valle Gran Rey (859 veh/d), que es la que genera mayores movimientos. Al no disponerse de datos de años posteriores se actualizaron estos datos hasta la fecha actual, pudiéndose estimar en 391 y 1 130 veh/d respectivamente.

Por todo ello, el proyecto consistió en la

definición de las obras de acondicionamiento y mejora de la carretera ya existente tanto en planta como en alzado, lo que incluía el aumento de la sección transversal, la rectificación del trazado, la rehabilitación del firme y la remodelación de intersecciones, así como la colocación de las medidas de seguridad necesarias para su utilización en condiciones idóneas. Además, y tras hacer la prognosis hasta la fecha horizonte (20 años después de la puesta en servicio de la nueva carretera) se obtuvieron unos valores de 699 y 2 019 veh/d respectivamente para una curva de crecimiento medio.

La nueva CV-6.

Una vez aprobado el proyecto, los objetivos de diseño recogidos en el Pliego de



Esquema de trazado

Infraestructuras Viarias



Cruce Macayo

Prescripciones Técnicas pasaban por la corrección de las curvas de radios reducidos para conseguir velocidad específica mínima de 40 km/h, y una sección de plataforma compuesta por dos carriles de 3,25 m, más el correspondiente sobreebancho, y arcenes de 0,50 m. Todo ello teniendo, como premisa fundamental, que todas las actuaciones deberían velar por la protección del medio natural en que se desarrollan, minimizar el impacto ambiental y fomentar el carácter paisajístico de la carretera.

Tras aclarar que no existían muros con desplomes o vencidos, hay que destacar

que el gran número de obras de drenaje existentes no presentaban en general problemas de obstrucción o de capacidad, gracias a las constantes labores de mantenimiento. Sin embargo, la escasa dimensión de los mismos y de sus arquetas de recogida (cuando existían), dificultaban en muchos casos su inspección, limpieza y correcto funcionamiento. Así mismo, los mayores problemas se daban en los cruces de las barranqueras y calderos, en los que se recogían escasos caudales, por ser pequeñas las superficies de aportación, pero soportaban caídas y arrastres de piedras

que obstruían rápidamente las pequeñas arquetas de recogida. Esto hacía que en la mayoría de los casos el agua discurriera por encima de la plataforma, con la consiguiente agresión al firme y a la explanada, aumento de empujes sobre los muros y peligro sobre la circulación. La cuneta longitudinal en gran parte del recorrido era inexistente o escasa, presentándose problemas de aterramiento por los frecuentes desprendimientos y caídas de finos.

La nueva carretera dispone de numerosos muros de contención. La mayoría son de piedra vista, y todos de hormigón en masa o ciclópeo. Existen sin embargo algunos muros reconstruidos en aquellos lugares donde venció el muro primitivo. En estos casos, el muro no tiene piedra en su superficie, lo que crea un desagradable impacto visual.

También hay que resaltar que la inexistencia, mal estado o escasa altura de los muretes de protección en el borde de la plataforma constituían un peligro evidente. La señalización era escasa y no se disponían de sistemas de balizamiento que ayudaran a la circulación nocturna o en situaciones de escasa visibilidad.

Finalmente, dada la orografía general, hay que señalar que cualquier obra de ampliación de la plataforma significaba la ejecución de muros o desmontes de altura importante, o ambas cosas, y además su ejecución implicaría serias dificultades por ser poco accesibles. La mayoría de los trabajos se ejecutaron manteniendo el tráfico ya que no había trazados alternativos ni capacidad para hacer desvíos fuera de la plataforma

Actualmente, la CV-6 tiene dos intersecciones importantes en el trazado: el acceso a Macayo y el acceso a Epina, además de algún acceso a camino, alguno de ellos pavimentado, y accesos a viviendas y grupo de casas. Así mismo, se han acondicionado diversos huecos y apartaderos para el tráfico turístico y solucionado en gran medida las constantes caídas de finos por meteorización de la superficie de la roca o conglomerados que llegaban a invadir la cuneta y caer a la calzada.

También hay que destacar que, dentro de las unidades de obra más importantes, hubo una clara descompensación en el capítulo de movimiento de tierras, generándose



Túnel La Quilla



Vista parcial del acondicionamiento finalizado

se un excedente de material de 166 000 m³ aproximadamente, y que fue empleado en obras de la administración local de la zona, sin necesidad de transportar los materiales resultantes a vertedero. Así mismo, las cantidades correspondientes a paramento de mampostería vista y de hormigón HM-25 empleado en muros de gravedad de contención de carreteras que, junto con la barrera de protección en metal-madera y los muretes de mampostería h=1,50 m de

Unidades más importantes	
Excavación	406 486,76 m ³
Terraplén/pedraplén	93 784,38 m ³
Suelo seleccionado CBR>10	28 042,45 m ³
Zahorra artificial	29 428,87 m ³
Mezclas bituminosas (S-20)	20 570,05 t
Mezclas bituminosas (D-12)	12 261,03 t
Hormigón HM-25	63 240,26 m ³
Mampostería vista	25 166,34 m ²
Encofrado oculto vertical	27 179,65 m ²
Túnel	52 m
Barrera metálica. Prot. Madera	8 311 m
Malla triple torsión	33 968,88 m ²
Murete mampostería h=1,50	5 932 m

contención de pequeños desprendimientos de talud, le permiten una extraordinaria integración con el paisaje.

Incidencias

Finalmente, se destaca que en el mes de diciembre 2 009 se produjo una situación de alarma por temporal de lluvias y vientos en todo el archipiélago de Canarias, que también sufrió la isla de La Gomera, y en concreto la obra de Acondicionamiento de Carretera Vallehermoso – Arure, perteneciente al municipio de Vallehermoso. Por esas fechas se habían ejecutado gran parte de los desmontes de los taludes, de modo que la descompresión de los macizos tras las excavaciones iba abriendo progresivamente las discontinuidades existentes, lo que facilitaba la infiltración de agua y el progresivo deterioro de sus propiedades mecánicas, hasta que se produjo el fallo (FS<1), que se inició cinemáticamente en la cara externa, y progresivamente se extendió en profundidad. Durante el día 24 como en el 25, la carretera sufrió continuos cortes debido a los derrumbamientos y los daños sufridos en la infraestructura.

Tras varios estudios geológicos y de comportamiento de los taludes se decidió reforzar los sistemas propuestos inicial-

mente con sistemas flexibles con membrana de acero de alto límite elástico, modelo Tecco, de Geobrugg Ibérica. En concreto se instalaron 14 439,48 m² de membrana flexible, de entre 10 y 30 KN/m², y 6 069 m lineales de anclajes tipo Gewi, de entre 25 y 40 mm de diámetro. ❖

Ficha técnica

Titular:

Gobierno de Canarias.
Consejería de obras
Públicas, Transporte y Vivienda.
Dirección General de Infraestructura Vial

Dirección de las obras:

† D. Joaquín Herrero Sáinz (ICCP),
D. Adolfo Hoyos-Limón (ICCP)
y D. Juan Carpio Garoz (ITOP)

Proyecto:

UTE Pycsa, Proyectos y Control, S.A. -
3G Ingeniería de Proyectos y Obras, S.L.

Empresa constructora:

UTE VALLEHERMOSO (Corsán-Corviam
Construcciones, S.A. y Áridos Herrera, S.L.)

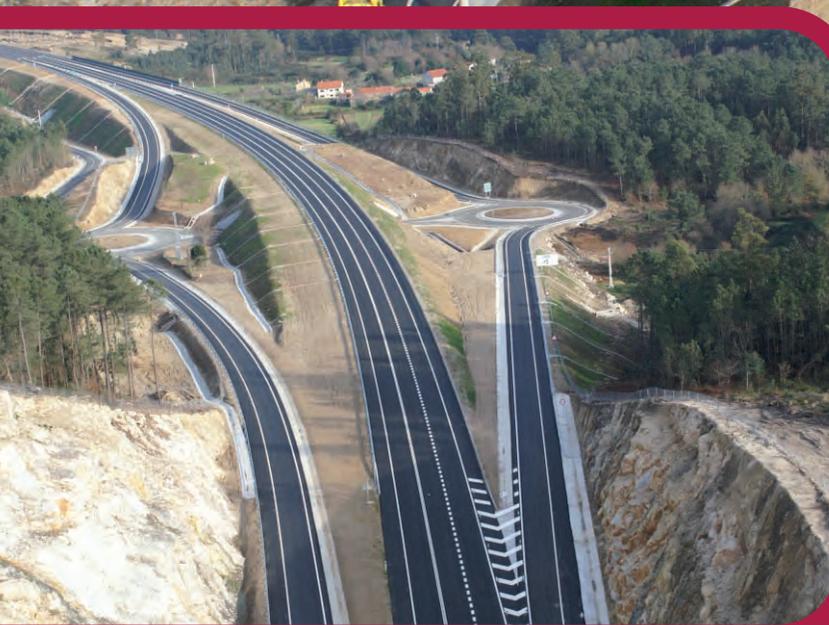
Gerente de la UTE:

D. Enrique Fernández Martínez (ICCP)
D. Raúl Chaminade (ICCP)

Jefatura de las obras:

D. Jaime Perera Bermúdez (ITOP)

Ejecución del Tramo Martelo - Noia, *Corredor Brión - Noia.*



Estructuras (de Grupo Puentes) y Francisco Gómez han ejecutado en UTE el Tramo Martelo - Noia, dentro del Corredor Brión - Noia (A Coruña).



CORREDOR BRIÓN-NOIA

PROYECTISTA: INGENIERIA DEL NOROESTE, S.L.

CONSULTORIA E INGENIERIA CIVIL

AMBITOS DE ACTUACIÓN

- Obras civil en carreteras, autovías, ferrocarril
- Puentes y estructuras singulares
- Urbanizaciones, polígonos industriales
- Obras hidráulicas

ACTIVIDADES

- Estudios, Anteproyectos y Proyectos
- Dirección de obras
- Consultoría
- Control y Vigilancia de obra
- Apoyo Técnico a Constructoras y promotoras

Asistencia Técnica TRAMO I. BRIÓN-MARTELO: INOR S.L



INGENIERIA DEL NOROESTE, S.L.

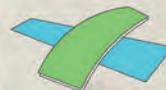


Asistencia Técnica TRAMO II. MARTELO-NOIA: U.T.E. NOEGA S.L. - INOR S.L.



INGENIERIA DEL NOROESTE, S.L.

RUA PICAÑOS Nº 44 BAJO
15702 SANTIAGO DE COMPOSTELA
TLF: 981 571 823 / FAX: 981 572 123
idelnor@idelnor.com



NOEGA
ingenieros, s.l.

OFICINA OVIEDO (Central)
c./ Ildefonso Sánchez del Río,
nº9 bajo - 33.001 Oviedo
noega@noegasl.com

OFICINA A CORUÑA
c./ Emilio González López,
nº38 bajo dcha. - 15.011 A Coruña
noega-galicia@mundo-r.com

OFICINA MADRID
c./ Capitán Haya, nº51 planta 4
28.020 Madrid
noega-madrid@gruponoeaga.com

TFNO.: 902.203.200

FAX: 881.92.42.15





Inaugurado el Corredor Brión-Noia (A Coruña)

Ricardo López Escapa
ICCP y Director de las obras

El pasado 16 de febrero de 2011 y en un acto presidido por el presidente de la Xunta de Galicia, D. Alberto Núñez Feijóo, acompañado por el *Conselleiro* de Medio Ambiente, Territorio e Infraestructuras, D. Agustín Hernández, así como diversos representantes políticos y locales, quedó inaugurado el último tramo del corredor Brión-Noia, carretera de altas prestaciones iniciada en el año 2003 como parte del Plan Galicia. Gracias a estas obras, la capital gallega se encuentra ahora a 20 minutos de este lado de la costa de Galicia y se culmina un proyecto de infraestructuras esenciales para la vertebración de este área occidental de Galicia.

El corredor entre Brión y Noia circula por 18 km, a los que hay que sumar los de la autovía entre la capital gallega y Brión, mientras que el recorrido final se ve reduci-

do en un 12 % respecto de la distancia por carretera, al pasar de 34,7 km a 30,5 km. El total de la obra del corredor ha contado con un presupuesto de 86,9 millones de euros.

Las estimaciones del Gobierno gallego también apuntan que el 90% de los vehículos que circulan por la carretera entre Santiago y Noia lo harán ahora por estas vías de altas prestaciones, con lo que se calcula que de los 9 000 vehículos habituales, 7 500 lo harán por la autovía y el corredor. Esto permitirá, asimismo, descongestionar el tráfico de los ayuntamientos por los que transcurre, desde Santiago hasta Noia, pasando por Ames, Brión, Rois y Lousame.

Las obras se complementarán con la variante de Noia, que ya está en trámite, y con la variante de Outes, que se puso en funcionamiento el pasado mes de enero de 2011.

Tramo: Brión-Martelo

Características generales del trazado

El Corredor Brión-Noia, llamado a convertirse en futura autovía, supone la creación de una nueva infraestructura viaria que pasará a integrar la Red Primaria Básica de Estradas Autonómicas, dando continuidad a la autovía AG- 56 proyectada de Santiago a Brión.

El tramo, que tiene una longitud total de 9,3 km, se construyó contemplando diversas actuaciones con el objetivo de facilitar la futura duplicación en autovía. El movimiento de tierras ya se ejecutó en su totalidad para recibir la calzada izquierda y los enlaces, estructuras de paso y drenajes también están ejecutados en su totalidad

para sección de autovía.

Su trazado tiene una longitud total de 9,3 km, disponiéndose un carril adicional para vehículos lentos de 8 km.

El trazado atraviesa un terreno caracterizado como accidentado y su rasante tiene que vencer un desnivel de unos 350 m, lo que generó la necesidad de efectuar grandes movimientos de tierras.

El trazado proyectado tiene una longitud total de 9,3 km, situándose el punto final, cerca del lugar de Martelo. La implantación de un enlace en este lugar para la conexión del corredor con las carreteras AC-543 y CP-7402, mediante una glorieta sobre la actual carretera AC-543, constituye el elemento viario del final del primer tramo de trazado del Corredor.

Características geométricas y secciones tipo

El tramo se ha diseñado para una velocidad de proyecto de 120 km/h, con radios mínimo de 700 m y máximo de 5 000, pendientes mínima del 0,5% y máxima del 7%, con kv mínimo de 8 000 m y máximo de 15 276 m.

La sección tipo transversal del tramo se compone de una calzada 7/12 m. La sección de la plataforma en terraplén es

de 16,5 m del corredor más 12,75 m para la ampliación a autovía; y en desmante de 19,5 m del corredor más 12,75 m para su ampliación.

Se han dispuesto 2 carriles de 3,5 m de anchura (más un carril para vehículos lentos de 3,5 m), arcenes de 2,5 m, bermas de 0,75 m más 0,25 m, y una cuneta de seguridad de 3 m.

En cuanto a la sección del firme, se ha diseñado para un tráfico T2 y explanada E3, sección estructural del firme 232, de la Norma 6.1-IC. Se compone de 30 cm de explanada mejorada de suelo estabilizado con cemento sobre la que se extienden 20 cm de suelocemento y un paquete de 15 cm de mezclas bituminosas (4 cm de PA-12 drenante en la capa de rodadura, 5 cm de D-20 semidensa en la capa intermedia y 6 cm de G-20 gruesa en la base).

Enlaces y estructuras

A lo largo del trazado se han diseñado sendos enlaces tipo diamante con glorietas en los vértices externos: Gundín, que conecta con la AC-543; Urdile, que conecta con la AC-543, con la CP 1302 y con un vial municipal; y el enlace de Martelo, que lo hace también con la AC-543 y con la DP 7402.

Estructuras

Se han diseñado un viaducto de 280 m de longitud por 15 m de ancho (viaducto de Naveira), 3 pasos superiores de 12 m de anchura, 6 pasos superiores de 8 m de ancho, 4 pasos inferiores, 1 paso inferior agrícola, 2 muros de contención anclados, 1 muro de mampostería, 1 lecho de frenado, 2 enlaces y 16 marcos de drenaje transversal.

Viaducto de Naveira

Este viaducto tiene una longitud total de 280 m, distribuidos en 7 vanos de 40 m. Empieza en un tramo recto y termina en curva circular de 900 m de radio, tiene una pendiente constante del 7% y un peralte variable de -2% al +7%.

La estructura está constituida por siete vanos de 40 m de luz, con tablero de 15 m de anchura. Se resuelve mediante un tablero de vigas prefabricadas en sección doble T, de 2,50 m de canto, conectadas a una losa de hormigón armado de 25 cm de espesor. Cada vano tiene cinco vigas y los dinteles han sido prefabricados en obra y posteriormente izados a la estructura.

Las seis pilas son de sección hueca de 20 cm de espesor, con forma octogonal alargada de 5,50 m de canto y 2,40 m de ancho máximo. La altura de pilas varía entre 17 y 30 m. Su cimentación es directa mediante zapatas.

Los estribos se han proyectado como cargaderos pilotados sobre los terraplenes de acceso, y, en su nueva configuración, los cuatro pilotes de 1 m de diámetro se disponen en dos filas de dos pilotes cada

Vista parcial del tramo Brión-Martelo, de 9,3 km de longitud, en el que se aprecia su amplia sección transversal



Unidades más importantes	
Desmante:	3 099 845,31 m ³
Terraplén:	2 617 054,40 m ³
Zahorra:	34 225,05 m ³
Suelo estabilizado:	61 963,99 m ³
Suelo cemento:	31 883,846 m ³
Mezclas Betuminosas:	71 931,89 t
Hormigones:	12 541,67 m ³
Acero corrugado B 500 S:	1 318 753,44 kg
Cordón de acero Y1860 S7:	71 583,62 kg
Cimbra porticada:	305 553,03 m ³
Viga prefabricada doble T:	1 365 m
Viga prefabricada rectangular:	758 m
Marcos prefabricados:	745 m

Infraestructuras Viarias

una, separadas 3 m entre ejes.

Los cargaderos, de 15 m de longitud, tienen una sección transversal de 4,50 m de ancho por 1,25 m de canto mínimo, y sobre él se disponen el espaldón y las alas voladas. Los aparatos de apoyo son de neopreno zunchado, y existe una junta de dilatación sobre la pila 4.

Obras de paso

Los pasos superiores han sido integralmente ejecutados in situ. El tablero es una losa continua de hormigón pretensado de canto constante igual a 1,20 m, con cartelas sobre las pilas de 7,20 m de longitud a cada lado del eje de las mismas, y de 0,55 m de canto máximo. Con estos valores, resulta una relación canto/luz igual a 1/27,5 en el centro del vano central y 1/18,86 sobre las pilas. Transversalmente, la sección del tablero presenta un núcleo de 5 m de ancho en la cara inferior y dos caras laterales inclinadas de 0,375 m de anchura. Los dos voladizos son de 3 125 m de longitud, con canto variable desde 0,20 en el extremo hasta 0,45 m en la unión con el núcleo.

Las pilas son de un único fuste circular de 1 m de diámetro y están empotradas al tablero. Su cimentación es directa mediante zapatas cuadradas.

Los pasos inferiores tienen un ancho de 8 m y un galibo de 5,7 m. Las estructuras son de hormigón armado, rectas, con longitudes variables y una sección libre interior de 8 x 5,75 m. El pórtico se construye semiprefabricado, ya que los hastiales son paneles prefabricados en forma de π , de 2,40 m de ancho con tabique delantero, de 12 cm de espesor, y dos contrafuertes de 22 cm de ancho para un canto total de 92 cm. El tablero está formado por vigas prefabricadas de sección rectangular de 22 x 80 cm, separadas 1,20 y 1,22 m alternadamente y conectadas a una losa construida "in situ" con el concurso de prelosas, de 18 cm de espesor total. La rigidez de los nudos superiores se consigue mediante el hormigonado de zunchos longitudinales de 80 x 98 cm de sección.

Muros de contención

Se han construido dos muros pantalla anclados en los pp.kk. 3+850 y 4+100. El primero sirve para salvar la afección a una torreta de Red Eléctrica. El segundo sirve

para salvar la afección a una vivienda existente. La altura de pantallas varía entre 8 y 14 m.

La estructura consiste en una pantalla anclada de micropilotes. La pantalla se resuelve con micropilotes de 180 mm de diámetro de perforación, con separación de 40 cm entre ejes. La armadura de los micropilotes está formada por tubo de $\varnothing 127 \times 9$ mm en calidad N80 ($Le = 560$ MPa). Los anclajes, en dos o tres niveles según profundidad de la excavación, se han resuelto con barras Gewi de $\varnothing 25$ ó 32 mm pretensadas, y dotadas de las correspondientes vigas de reparto.

Finalmente, dentro de las actuaciones medioambientales se han ejecutado un serie de actuaciones encaminadas a la restauración del manto vegetal en todos aquellos tramos y elementos que queden desnudos tras las operaciones de movimiento de tierras: taludes de desmonte y terraplén, calzada izquierda para futura duplicación, riberas de lechos fluviales afectados, entorno de las embocaduras de los pasos de fauna, superficies bajo viaductos, glorietas,

superficies residuales entre ramales de los enlaces y zonas muertas.

Además se han colocado un total de 1 200 m de pantalla acústica.

Tramo: Martelo-Noia

Características generales del trazado

La actuación consta de 8,9 km que discurren desde el lugar de Fontefría, donde finaliza el primer tramo, hasta su intersección con la con la AC-550 a la altura del p.k. 70,6, en el lugar de O Pasaxe, muy próximo al puente existente sobre la desembocadura del río Tambre y a unos 2 km del centro urbano de Noia. Los terrenos afectados pertenecen a los municipios de Lousame y Noia.

Características geométricas y secciones tipo

El tramo se ha diseñado para una velocidad de proyecto de 120 km/h, pendientes máxima del 6,8% y mínima del 0,1%, radios mínimo de 705 m (excepto en la alineación en final de obra que es de 500 m), Kv mínimos cóncavo de 6 685 m y convexo de 15 276 m.

La sección transversal es de 10,5/15,5 m (2 carriles de 3,5 m + 1 carril de vehículos lentos de 3,5 m en sentido Noia-Santiago + arcenes de 2,5 m), con cunetas de seguridad de 3 m de ancho en desmonte.

La sección del firme es la 212 (tráfico T2 y explanada E1), compuesta por 30 cm de suelocemento sobre los que se extienden un total de 18 cm de mezclas bituminosas (8 cm de S-20, 6 cm de S-20 y 4 cm de PA-12).

Enlaces y estructuras

A lo largo del trazado se han dispuesto dos enlaces. El primero de ellos, el enlace de Sampaio (p.k. 15+100 aprox.) es de tipo diamante con pesas (2 glorietas de 14 m de radio interior y 22 m de radio exterior, con 2 carriles de 4 m), con conexión mediante paso inferior bajo el tronco.

Se ha realizado la preinstalación de alumbrado público (canalizaciones, arquetas y cimentaciones de báculo).

Ficha técnica

Nombre de la obra:

Corredor Brión-Noia-
Tramo Brión-Martelo

Promotor:

Xunta de Galicia.
Consellería de Medio Ambiente,
Territorio e Infraestruturas.
Dirección Xeral de Infraestruturas

Proyecto:

Ingeniería del Noroeste S.L.

Dirección de la obra:

D. Ricardo López Escapa, ICCP

Asistencia técnica:

Ingeniería del Noroeste

Jefe de Unidad:

D. Ricardo Painco Filipe

Empresa constructora:

UTE Ferroviaria-Taboada y Ramos

Jefe de obra:

D. Brais Suárez

Control de calidad:

Eptisa

Presupuesto:

44 398 636,62 €

El segundo es el enlace de Pontenafonso (p.k. 18+200, fin del tramo) que es también de tipo diamante con glorieta a distinto nivel (inferior), de 24 m de radio interior y 32 m de radio exterior, con 2 carriles de 4 m. Se ejecuta semienlace puesto que se completará con la ejecución de la Variante de Noia. Además, se ha instalado alumbrado público.

En cuanto a la estructuras, se han construido el viaducto de Pasares, 7 pasos inferiores y 6 superiores.

Viaducto de Pasares

Con una longitud de 475 m, se ha diseñado con un trazado recto con un pequeño tramo de curva de transición (clotoide) al inicio y una pendiente del 4,64%. Se trata de un puente de vigas con 14 vanos isostáticos de 34 m de luz, y tablero de 15 m de anchura, formado por 4 vigas doble T por vano, de 2,30 m de canto, conectadas mediante losa de hormigón armado de 25 cm de espesor.

Las pilas, que tienen una altura máxima de 42 m y mínima de 15 m, son huecas con paredes entre 22,50 cm y 27,50 cm de espesor, con los dos lados paralelos rectos y los otros dos en semicircunferencia. Las dimensiones de la sección son 5,50 m de largo y 2,40 m de ancho. La cimentación ha sido directa mediante zapatas.

Los estribos son flotantes sobre terraplén de acceso. Las dimensiones de los cargaderos son 15 m de largo, 2,95 m de ancho y canto mínimo de 0,90 m, sobre el que se disponen espaldón y aletas voladas.

Obras de paso

Unidades más importantes	
Desmonte:	2 807 231 m ³
Terraplén:	2 424 419 m ³
Zahorra:	32 500 m ³
Suelocemento:	33 300 m ³
Mezclas bituminosas:	65 230 t
Hormigones:	12 700 m ³
Acero corrugado B 500 S:	1 469 000 Kg
Marcos prefabricados 2x2 m para ODT's:	697 m
Vigas doble T en viaducto:	1 897 m
Vigas cajón en pasos superiores:	332 m
Vigas sección rectangular en pasos inferiores:	2 103 m



A lo largo del tramo Martelo-Noia se han dispuesto los enlaces de Sampaio de tipo diamante con pesas, y Pontenafonso, también de tipo diamante, pero con glorieta a distinto nivel

En el tramo se han diseñado un total de 7 pasos inferiores (1 de 10 m de ancho y 5,5 m de gálibo, 5 de 8 m de ancho y 5,5 m de gálibo; así como 1 paso agrícola de 3,5 m de ancho y 5 m de gálibo), todos con trazado rectilíneo.

Los pasos de 10 y 8 m de ancho son semiprefabricados, dado que se han ejecutado mediante montaje en obra de módulos prefabricados en hastiales con sección tipo π (2,40 m de ancho con tabique delantero

de 12 cm de espesor y dos contrafuertes de dimensiones en función del ancho del paso y de la altura de tierras), sobre los que se apoyan vigas prefabricadas de sección rectangular (dimensiones en función de ancho del paso y altura de tierras).

La cimentación se ejecuta in situ, al igual que la losa del dintel, previa colocación de prelosas (canto de la losa en función de la altura de tierras).

La rigidez de los nudos entre hastial y



Vista aérea del viaducto de Pasares, de 475 m de longitud. Se trata de un puente de vigas con 14 vanos isostáticos, de 34 m de luz

dintel se consigue mediante el hormigonado de zunchos longitudinales. El paso agrícola es un pórtico formado por dos módulos en U, de 2 m de longitud, montados en obra con junta machiembrada a media altura del hastial.

Igualmente, se han construido 6 pasos superiores de vigas isostáticas, sección cajón con trazado recto (5 de 8 m de ancho y 1 de 10 m de ancho con aceras de 1,5 m).

Los pasos están formados por 3 vanos (2 vanos laterales entre pila y estribo, y vano central sobre las dos calzadas de la futura autovía).

Las vigas son prefabricadas con armadura activa pretesa, de 1,85 m de canto, ejecutándose la losa superior "in situ" con un espesor mínimo de 25 cm y prelosas colaborantes.

Las pilas son de sección circular, de 1,40 m de diámetro, todas ellas con cimen-

tación directa mediante zapatas. Los estribos se diseñan como cargaderos apoyados directamente sobre el terreno.

Para finalizar, el proyecto contemplaba una serie de medidas correctoras recogidas en la Declaración de Impacto Ambiental.

Además de la restauración vegetal de la obra, consistente en la realización de hidrosiembras en los taludes y zonas muertas de la obra, así como plantaciones en puntos concretos, hay que destacar también la adaptación de prácticamente todas las obras de drenaje transversal a pasos de fauna mediante pasarelas laterales hormigonadas y el acondicionamiento de accesos, así como en gran parte de los pasos superiores e inferiores. ❖

Ficha técnica

Nombre de la obra:

Corredor Brión-Noia-
Tramo Martelo-Noia

Promotor:

Xunta de Galicia.
Consellería de Medio Ambiente,
Territorio e Infraestructuras.
Dirección Xeral de Infraestructuras

Proyecto:

Ingeniería del Noroeste S.L.

Dirección de la obra:

D. José Antonio Ruiz de Valbuena
Escudero, ICCP

Asistencia técnica:

U.T.E. Noega Ingenieros, S.L.-
Ingeniería del Noroeste, S.L.

Empresa constructora:

U.T.E. Estructuras-Francisco Gómez y Cía

Gerente de la UTE:

D. Alberto López Martín

Jefe de obra:

D. José Manuel Doldán Valle, ICCP

Control de calidad:

Control y Estudios, S.L. (CYE)

Presupuesto:

41 426 355,46 €



**MOVIMIENTOS DE TIERRAS
OBRAS CIVILES • CANTERAS
GASODUCTOS • OLEODUCTOS
CONEXIONES DE AGUA
DEMOLICIONES • DERRIBOS
TRANSFORMACIÓN DE ARIDOS**



PYR-OBRA CIVIL, S.L



**Pol. Ind. Las Quemadas • C/ Imprenta de la Alborada, 221 - 14014 Córdoba • Telf. 957 357 285 • Fax: 957 326 796
www.pyr-obracivil.es**



El inicio de una nueva conexión con Portugal

Autovía del Norte de Extremadura. Tramo: Plasencia-Galisteo

Emilio M. Arévalo Hernández
ICCP y Director de las obras

La red de carreteras dependientes de la Junta de Extremadura cuenta desde el año 2005 con las primeras vías de alta capacidad. Son las autovías autonómicas EX-A1, de Navalmoral de la Mata a

Plasencia, y EX-A2, Autovía de las Vegas Altas (Miajadas a Don Benito-Villanueva de la Serena).

En la actualidad, la Junta de Extremadura está construyendo su propia red de vías de alta capacidad apoyándose en las estatales. Una de las direcciones en las que se está trabajando es en completar la EX-

A1 hasta la frontera con Portugal. A tal efecto se están ejecutando cinco tramos entre Plasencia y Moraleja, quedando los dos tramos finales entre esta localidad y la frontera con Portugal supeditados a que ésta inicie la ejecución de su continuación hasta la localidad de Castelo Branco, conectando con la *autoestrada* portuguesa A-23.

De estos cinco tramos citados, se encuentra finalizado el que discurre entre la A-66 (Plasencia) y Galisteo, una vez superado el río Jerte, cuya puesta en servicio fue presidida por el Presidente de la Junta de Extremadura.

Trazado y características geométricas

El tramo, de 11,1 km de longitud troncal, se encuentra situado en el extremo sur del valle del río Jerte y las vegas del Alagón, y es la prolongación de la EX-A1, en servicio desde mayo de 2006. Su inicio está en el enlace con la A-66, Autovía Ruta de la Plata, sigue sensiblemente en paralelo por su lado norte al trazado de la actual EX-108, donde bordea por el norte a Galisteo hasta cruzar el río Jerte, donde enlaza con el siguiente tramo en construcción.

En cuanto sus características geométricas, el tramo se ha diseñado con los siguientes parámetros geométricos:

- Radios: mínimo en planta de 705 m y máximo de 2 500 m.
- Clotoide: mínima de 260 m y máxima de 840 m.
- Pendientes: máxima del 4,3 % y mínima del 0,5 %.
- Acuerdos verticales: cóncavo Kv igual o superior a 9 000 m y convexo igual o superior a 15 276 m.

Enlaces

La conexión de origen está situada en la A-66 y ya estaba construida. Se trata de una gran glorieta cruzada en su parte superior por la A-66, en dirección norte-sur, y en su parte inferior, en dirección este-oeste, por la propia EX-A1. En la obra se ha modificado el acceso oeste de la antigua EX-108, que se ha hecho coincidir con el del Centro de Conservación del Ministerio de Fomento, y se han construido los dos ramales de conexión del nuevo tramo de

Infraestructuras Viarias



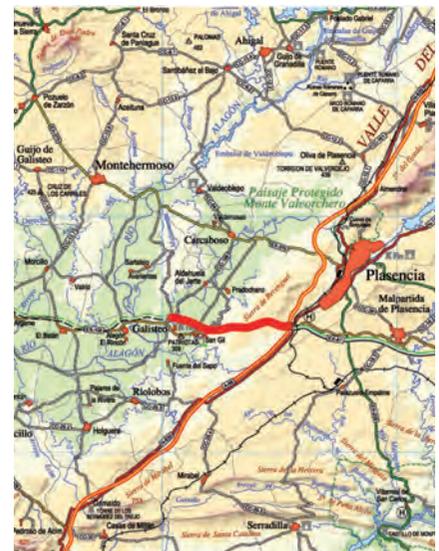
Enlace inicial con A-66. Gran glorieta cruzada en su parte superior por la A-66, en dirección norte-sur; y en su parte inferior, en dirección este-oeste, por la EX-A1



Enlace 1, de tipo diamante con glorietas, para la conexión con las localidades de San Gil y Galisteo



Enlace 2, también de tipo diamante que conectará con las localidades de Aldehuela del Jerte, Carcaboso y el polígono industrial de Galisteo



Mapa de situación

la EX-A1 con la glorieta.

A mitad de trayecto se encuentra el enlace 1 para la conexión con las localidades de San Gil y Galisteo; y, hacia final del tramo, el enlace 2 que conectará con las localidades de Aldehuela del Jerte, Carcaboso y el polígono industrial de Galisteo. Los enlaces son de tipo diamante, con glorietas en los extremos conectadas por medio de un paso inferior donde se resuelven todos los movimientos mediante ramales directos.



A lo largo del trazado se han dispuesto cuatro pasos superiores resueltos por medio de estructuras hiperestáticas postesas de tres vanos sin pila mediana, construidas por medio de cimbrado

Por otro lado, cabe destacar que, para mejorar la conexión de la nueva autovía con la EX-108, y considerando el previsible crecimiento del tráfico en la carretera CC-106, como consecuencia de la apertura al tráfico de la autovía, se ha previsto la realización de la reposición del tramo de carretera de conexión, en una longitud de unos 940 m. En este punto se ha diseñado una intersección en T, con carril central de espera, y se ha llevado a cabo la reordenación completa de todos los accesos a ambas vías en la zona de conexión entre ellas.

El movimiento de tierras necesario ha sido de 1 830 000 m² de excavación y 1 570 370 m² de terraplén.

Secciones tipo

La sección transversal considerada consta de dos plataformas separadas por una mediana de 10 m entre bordes de aglomerado, o 12 m entre pintura de borde de calzada interior. Cada plataforma está compuesta por dos carriles de 3,50 m, arcenes exterior de 2,50 m e interior de 1 m, y bermas de 1 m a ambos lados de la plataforma.

La cuneta de mediana es de seguridad con un talud 6H/1V. En las cunetas exteriores se han considerado bermas de 6H/1V en la vertiente próxima a la plataforma y

4H/1V en la otra vertiente.

También hay que destacar que, debido al material existente en la traza (grauvacas en los siete primeros kilómetros y arcosas en los cuatro restantes), se ha podido, mediante compensación de volúmenes, construir la totalidad de los terraplenes con el material de la primera parte de la obra, lo que ha permitido unos sobrecanchos en los desmontes de unos 5 m, que le ha dado a la obra una sensación de más amplitud y de mejora en la seguridad al tráfico rodado.

Los desmontes en roca se han ejecutado con precorte, disponiendo bermas de 4 m cada 7 m de altura, cuando los desmontes superaban los 9 m de altura.

En cuanto al firme dispuesto en el tramo de la autovía ha sido diseñado para un tráfico T1 y consta de una explanada E3, obtenida mediante la estabilización con cemento; 20 cm de suelocemento y 20 cm de mezclas bituminosas en caliente, de los cuales los tres últimos de rodadura fueron BBTM 11B. En los arcenes exteriores se sustituye la capa de base de mezclas bituminosas por suelocemento, manteniendo el resto de capas.

Estructuras

A lo largo del tramo finalizado se han dispuesto un viaducto sobre el río Jerte, 4

pasos superiores y 6 pasos inferiores.

El viaducto sobre el río Jerte, de 280 m de longitud, es una estructura de 7 vanos de 40 m de luz. Los tableros isostáticos tienen un ancho de 11,50 m y están resueltos mediante dos vigas artesas prefabricadas pretesas, de 1,90 m de canto, apoyadas sobre pilapilote. El pretil metálico dispuesto es el MOSA-20.

Los cuatro pasos superiores están resueltos por medio de estructuras hiperestáticas postesas de tres vanos sin pila en mediana, realizadas mediante cimbrado.

Son las siguientes, según los puntos kilométricos parciales de la obra:

- 0+480. Para reposición de la EX-108. Tiene una longitud total de 83,64 m y 41,64 m de vano central. El ancho es de 11 m. El pretil metálico dispuesto es el MOSA 20.
- 3+300 y 8+200. Para reposición de camino. Tienen una longitud total de 71,20 m y 35,20 m de vano central. El ancho es de 8 m. El pretil metálico dispuesto es el MOSA 16.
- 10+400. Para reposición de camino y vía pecuaria. Tiene una longitud de 83,20 m y 39,40 m de vano central. El ancho es de 8 m. El pretil metálico dispuesto es el MOSA 16 y se ha dispuesto empalizada de madera. Los seis pasos inferiores son los siguientes:
- 4+900 y 10+700. Para reposición de camino. Marco de 8x5 m resuelto mediante estructura prefabricada.
- 6+500. Enlace 1. Tiene 12 m de ancho por 5,80 m de alto, resuelto mediante estribos prefabricados y dos tableros de 11,50 m de ancho para cada sentido con 5 vigas doble T de 0,70 m de canto. El pretil metálico dispuesto es el MOSA 20.
- 7+100. Para salvar un canal y su camino de servicio. El vano salvado es de 22 m. Los estribos son prefabricados y los tableros están formados por dos vigas artesas de 0,90 m de canto. El pretil metálico dispuesto es el MOSA 20.
- 7+700. Para salvar la carretera de la

Confederación Hidrográfica del Tajo hacia "Pradochano" que coincide en este punto con la antigua calzada romana Vía de la Plata. El vano salvado es de 17,30 m y 5,20 m de gálibo. Los estribos son prefabricados y los tableros están formados por dos vigas artesas de 0,90 m de canto. El pretil metálico dispuesto es el MOSA 20.

- 10+100. Enlace 2. Tiene 12 m de ancho por 6 m de alto, resuelto mediante estribos prefabricados y tableros de 11,50 m de ancho con 5 vigas doble T de 0,70 m de canto en sentido Portugal y 15 m de ancho con 7 vigas doble T de 0,70 m de canto en sentido Plasencia. El pretil metálico dispuesto es el MOSA 20.

Drenaje

Para el drenaje transversal de la infraestructura se ha dispuesto de 24 caños de 1 800 mm de diámetro y cuatro marcos de tamaños desde 2x1 a 3x3. También se ha proyectado y ejecutado el drenaje longitudinal necesario. También se ha construido un drenaje profundo en todos los desmontes, reforzándose en los lugares donde se apreciaba surgencias de agua.

Seguridad vial

Además de disponer, como se ha comentado, de cunetas de seguridad en todo el trazado, tanto en mediana como en los laterales y eliminar las pilas en mediana de los pasos superiores, se ha realizado:

- Estudio para minimizar la necesidad de instalar barreras metálicas de contención de vehículos tipo doble onda en mediana. La ejecución de cunetas de seguridad tanto transversal como longitudinalmente en la zona de los pasos de mediana ha tenido como consecuencia la disposición de una única barrera doble sin necesidad de disponer más en dichos pasos. Esto ha llevado a una mediana muy diáfana sólo interrumpida por los lucernarios en enlaces, pasos inferiores y viaducto del río Jerte, protegidos de manera adecuada.
- Dichas barreras se disponen longitudinalmente paralelas al eje del tronco de la autovía o con una desviación a razón

de 20 m en longitudinal y 1 m en transversal (20L/1T) en la protección de los citados lucernarios.

- Se han incrementado, por encima de lo recomendado por la norma, las distancias de protección mediante barrera metálica de contención de vehículos antes de las transiciones de desmonte a terraplén y en una zona especialmente desfavorable: en la margen derecha (en el p.k. 4+400), esta barrera se ha prolongado, con la desviación 20L/1T, cubriendo hasta la zona de sobreancho.
- Para imposibilitar la invasión de la calzada contraria por los vehículos se ha diseñado una transición de la barrera metálica doble de contención de vehículos en mediana cuando ésta, por motivos de visibilidad, cambie de borde de calzada. Cada barrera metálica doble onda se prolonga en la mediana, ya como barrera sencilla, y se abate en la vertiente opuesta de la cuneta de mediana. El efecto conjunto de las dos barreras imposibilita el acceso de vehículos accidentados a la calzada contraria. La alineación del cruce de barreras metálicas simple verifica la relación 20L/1T antes citada.
- En los ramales de salida de los enlaces se ha dispuesto, cuando el radio así lo ha obligado por la normativa vigente, las protecciones homologadas para motoristas.
- En los puntos de divergencias de los enlaces, para evitar el efecto de rampa de lanzamiento que producen los abatimientos largos de las barreras de contención doble onda, se han dispuesto 5 atenuadores de impacto homologados.
- Se ha colocado, pensando en la futura explotación de la autovía, dispositivos móviles de paso de mediana homologados. Esto permitirá, en caso de corte de una calzada por accidente o labores de conservación, una rápida gestión del desvío del tráfico por la otra mediante su conversión a calzada de doble sentido de circulación. Se han situado tres en total: dos en los pasos de mediana a cada lado del viaducto del río Jerte, y un tercero entre el enlace inicial con la A-66 y el enlace 1.

Unidades más importantes	
Excavación en desmonte	1 830 000 m ³
Terraplén	1 570 000 m ³
Suelocemento	70 990 m ³
Mezclas bituminosas en caliente	136 000 t
Pasos superiores	4 u
Pasos inferiores	6 u
Hormigón estructural	8 150 m ³
Barrera metálica doble onda	34 325 m
Valla de cerramiento	24 420 m

Ficha técnica

Propiedad:

Junta de Extremadura.
Consejería de Fomento

Dirección del proyecto de construcción:

D. Emilio M. Arévalo Hernández, ICCP.
Consejería de Fomento
D. Juan Carlos Solano Panadero, ITOP.
Consejería de Fomento

Proyecto:

D. Antonio Camacho Lesmes, ICCP.
EXING, S. A.
D. Miguel Ángel García Gil, ICCP.
INOCSA
D. Ramón Salas de la Cruz, ICCP. TXT
Ingeniería, S. L.

Dirección de obras:

D. Emilio M. Arévalo Hernández, ICCP.
Consejería de Fomento
D. José Luis López Izquierdo, ITOP.
Consejería de Fomento

Empresa constructora:

SENPA, S. A.
(Sendín, Pavimentos y Abastecimientos, S. A.)

Jefe de obra:

D. Eduardo Lavarda Romagnoli, ICCP

Asistencia técnica:

UTE: PAYMACOTAS – CONAM
Ingeniería, S. L.

Jefe de asistencia técnica:

Dña. Leticia Lojo Sáiz, ICCP

Laboratorio:

UTE: VORSEVI - CODEXSA

Plazo de ejecución:

26 meses

Presupuesto:

34 184 800 €
(Con cofinanciación FEDER)

Infraestructuras Viarias

Medio ambiente y patrimonio

El aspecto medioambiental ha sido especialmente cuidado en esta obra. Así, además de la disposición de tierra vegetal en todos los taludes de terraplén de la obra, se ha realizado precorte en todos los taludes de desmote, de manera que se ha conseguido un mejor acabado, disponiéndose hidrosiembra en taludes de arcosas y 22 500 m² de arpillera antierosión.

Se han colocado 6 elementos de escape de fauna de la zona de la autovía. A tal efecto se han diseñado un nuevo modelo de escape mediante rampas realizadas en mampostería en seco, complementada con siembra de especies arbustivas y arbóreas que sirvan de guía al animal en su escape fuera de la zona de la autovía.

Como prescripción incluida en la Declaración de Impacto Ambiental se han colocado 440 m² de pantalla antirruído para proteger a una laguna situada en las inmediaciones.

También se ha procedido a la revegetación de las zonas afectadas por las obras con especies autóctonas y se han realizado el resto de prescripciones incluidas en la DIA. Se han dispuesto también una red de riego por goteo de las plantaciones de mediana.

Se han realizado informes de seguimiento ambiental de manera trimestral que se han remitido a la Dirección General de Evaluación y Calidad Ambiental de la Consejería de Industria, Energía y Medio Ambiente.

En relación con la afectación al patrimonio, hay que indicar que se han hecho las preceptivas prospecciones en la zona del paso inferior del 7+700, lugar por donde discurría la calzada romana Vía de la Plata.

Después del trabajo de un equipo de arqueólogos el resultado fue negativo, no encontrándose trazas de la calzada romana, procediéndose entonces a la construcción del citado paso. El informe evacuado por los arqueólogos fue remitido a la Dirección General de Patrimonio Cultural de la Consejería de Cultura y Turismo.

En las unidades del movimiento de tierras también se ha realizado una prospección en la fase de desbroce y de las



Elemento decorativo: encina en acero "corten" a tamaño natural, símbolo de la tierra extremeña y de la nueva infraestructura

excavaciones, no encontrándose nada de destacar.

Reposición de servicios

La obra tenía dos tramos diferentes en cuanto a los servicios afectados:

- El primer tramo, hasta el enlace 1, discurre por dehesas sin apenas servicios afectados excepto que el gaseoducto sobre el que la autovía discurría iba en terraplén.
- En el segundo tramo, entre el enlace 1 y el final de la obra, que es una zona de regadío y próxima al polígono industrial de Galisteo, ha sido necesario reponer muchos servicios, básicamente de regadíos, pero también líneas eléctricas y telefónicas.

Obras complementarias

Se ha realizado el cierre completo de la autovía en una longitud de unos 24 500 m. Sin embargo, y para asegurar la debida permeabilidad de la nueva infraestructura, ha sido necesario contruir 3 700 m de nuevos caminos.

Se han dispuesto canalizaciones de servicio a lo largo de todo el tronco de la autovía, para fibra óptica y 14 bases para postes de SOS.

Como obras de embellecimiento hay

que citar que se han dispuestos miliarios de granito en la mediana, con grabados relativos a la calzada romana Vía de la Plata y a la propia autovía, a ambos lados del paso inferior del 7+700, lugar de cruce con la citada calzada. Además, se han recuperado hitos antiguos de carreteras de granito colocándose en las glorietas de los enlaces.

También se ha recuperado maquinaria antigua de conservación de carreteras, como un antiguo compactador que se encontraba en desuso y en avanzado estado de oxidación en el Parque de Conservación de Coria, restaurándose y colocándose en lugar visible desde el tronco de la autovía.

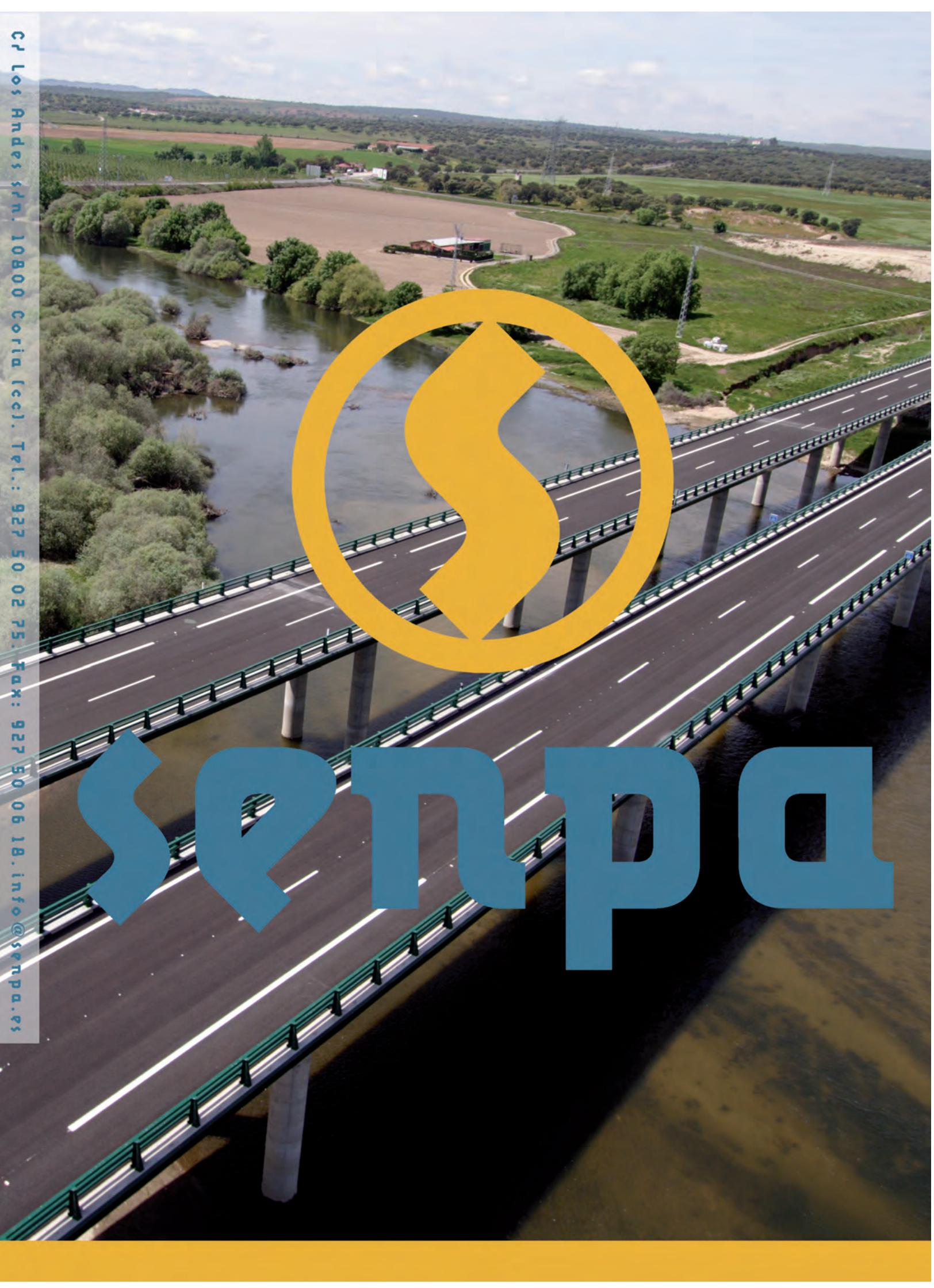
Por último, y no por ello menos importante, se ha dotado a la autovía de un signo distintivo: una encina en acero "corten" a tamaño natural, como símbolo de la tierra extremeña y de la nueva infraestructura, colocándose en uno de los terrenos aledaños y bien visible desde la autovía.

Finalmente, tan sólo resta por añadir que el presupuesto de ejecución material de las obras ha sido de 34 184 800 € y ha contado con la cofinanciación de los fondos FEDER, de la Unión Europea. ❖

CP Los Andes s.p.a. 10800 Coria (ec). Tel.: 927 50 02 75. Fax: 927 50 06 18. info@sempa.es



SEMPA





BRUGG es un grupo empresarial suizo centenario que se compone de 4 divisiones, formadas por un total de 44 empresas con presencia en 16 países, entre ellos los industriales más importantes. Los 1 500 empleados que forman su plantilla son los responsables de fabricar o instalar productos o sistemas, de acuerdo con los más avanzados conocimientos técnicos y las más restrictivas normativas de calidad y seguridad. Las divisiones en que se divide son: **Cables eléctricos** (alta, media y baja tensión; sensores y telecomunicaciones), **Sistemas de control de procesos** (equipos para la gestión de procesos hidráulicos), **Sistemas de tuberías flexibles** (conducciones para el transporte y la distribución segura de fluidos y gases) y **Cables de acero** (para teleféricos, ascensores, grúas, sistemas de protección contra los riesgos naturales, sistemas de seguridad y aplicaciones arquitectónicas).

Dentro de la división de cables de acero existen otras cuatro subdivisiones: una dedicada al cable de acero para carga y transporte (teleféricos, ascensores y grúas) y aplicaciones especiales, otra dedicada al cable estructural y de aplicaciones arquitectónicas, otra que atiende las fibras de refuerzo y microcables, y una cuarta de sistemas de protección entre la que se encuentra Geobruigg.

GEOBRUGG es, a su vez, un grupo empresarial internacional que emplea a 300 trabajadores, que desarrolla y produce redes, mallas y cables fabricados a base de alambre de acero de alto límite elástico, para sistemas de protección tecnológicamente avanzados y para aplicaciones arquitectónicas. El grupo está compuesto por las siguientes empresas: Andina (Chile), Austria, Chengdu (China), Italia, Japón, Norte América, Australia e *Ibérica (España, con delegaciones en Guipúzcoa, Asturias y Lleida, -Portugal-Marruecos-Andorra)*. Cuenta con cuatro instalaciones fabriles: una en Romanshorn (Suiza), donde además se encuentra la sede principal, y otras tres en Estados Unidos, China y Japón. En estos momentos se está procediendo a la apertura de dos nuevas fábricas en otros países.

Empresa:
GEOBRUGG IBÉRICA, S.A.U.

Direcciones:
Gomera, 8 - 1º B. Polígono Los Alamillos
28703 San Sebastián de los Reyes. MADRID
Telf.: 91 659 28 30. Fax: 91 659 28 35
E-mail: info@es.geobruigg.com
Web: www.geobruigg.com
Almacén: Calle Mesto nº 34-36.
28750 San Agustín de Guadalix. MADRID
Telf.: 91 848 73 87. Fax: 91 848 73 90

Año fundación:
1995

Volumen de negocio:
Año 2009: 10,2 millones de euros
Año 2010: 9,5 millones de euros

Sectores:
Carreteras, Ferrocarriles, Puertos,
Defensa e Ingeniería de Seguridad,
Edificación, Canteras, etc.

I+D+i:
Desarrollo de sistemas
de protección y seguridad

Geobrugg se concentra en los siguientes apartados comerciales:

- **Sistemas de protección contra desastres naturales:** están basados en el empleo de redes y mallas de alambre de acero y se emplean para mitigar fenómenos naturales tales como caídas de roca, inestabilidades en taludes de desmontes, deslizamientos de tierra, avalanchas de nieve y flujos de detritos.
- **Ingeniería de Seguridad:** productos y soluciones especiales a base de redes especiales de cable de acero, que proporcionan protección contra explosiones y detonaciones; contra impactos dinámicos producidos por ataques de vehículos y de navíos, así como alambrados perimetrales especiales.
- **Arquitectura:** empleo de cables, redes, mallas de acero y accesorios para aplicaciones arquitectónicas como cierre de fachadas y techos, estadios deportivos y sistemas de pasarelas colgantes.

La lucha contra los riesgos naturales ha sido una tarea de la civilización desde tiempos inmemoriales, y las necesidades de protección siempre han existido, lo que ocurre es que las tecnologías se pueden desarrollar sólo en la medida en que las sociedades avanzan. El desarrollo económico del mundo occidental en los últimos años ha permitido intentar controlar, de una forma más eficiente, algunos embates de las fuerzas de la naturaleza. En España, concretamente a partir de finales de la década de los ochenta, comenzó de forma acelerada la construcción de infraestructuras viarias y cruzando regiones orográficamente complejas. Fue entonces cuando la necesidad y la tecnología precedente se dan la mano y se comienzan a utilizar estos novedosos sistemas de protección.

Geobrugg Ibérica, S.A.U.

Esta empresa fue fundada en diciembre de 1995. Actualmente el 100% del capital pertenece a la empresa Geobrugg AG, del Grupo Brugg. La misión inicial, para la que fue creada la empresa, fue la comercialización en el mercado español de sistemas de protección de caída de rocas, control de avalanchas de nieve y sistemas de estabilización de taludes, fabricados por

la casa matriz suiza. El éxito de Geobrugg en la tecnología de protección de caída de rocas y en la estabilización de taludes de desmontes, así como en la prevención de avalanchas, es el resultado de un intenso y continuo proceso de investigación y desarrollo de más de 60 años, amparado por un intenso programa de ensayos de laboratorio y de pruebas de campo a escala natural, con el objetivo de garantizar la máxima seguridad, a la par que proveer de un mínimo de mantenimiento y un coste aceptable en todos sus sistemas. Gracias a esto, Geobrugg se convirtió desde el principio, y así se mantiene desde entonces, como empresa líder y de referencia tecnológica en el sector. La marcha cronológica en el mercado se puede constatar analizando las principales líneas de trabajo.

Líneas de desarrollo

Protecciones contra desprendimientos rocosos: Existe una amplia gama de barreras dinámicas GEOBRUGG disponible para los valores que están entre 100 kJ a 5 000 kJ de energía. Como resultado de la sistematización y el estudio detallado de las barreras en el momento del impacto y de la energía de absorción, se ha logrado alcanzar hasta 5 000 kJ. Antes de la fundación de Geobrugg Ibérica, en 1991 se instaló la primera de las barreras en Getaria (Guipúzcoa), luego se realizaron obras en Navarra, Cantabria y Cataluña. A partir de 1997, se amplió la actividad de la compañía cubriendo prácticamente todas las comunidades autónomas. En el año 2000 se comienza a realizar obras en Portugal, en la línea del Ferrocarril del río Duero.

En los últimos años se han realizado un número considerable de proyectos importantes entre los que puede mencionarse:

En la infraestructura viaria:

- A-8 Autovía del Norte, en el desmonte San Antolín, donde se colocó una protección combinada de 1 500 kJ.
- A unos 5 km de la frontera de Andorra, en la N-145, donde se instaló la primera RXI-500.
- En la carretera de la costa vasca (N-634) en la que se ejecutaron durante años múltiples emplazamientos de mediana energía.

- Para la protección de una boca de túnel en la A-1 en Treviño (Burgos).
- En el Desfiladero de la Hermida (Cantabria): una de las carreteras con mayor número de protecciones de Geobrugg.
- En la carretera TF-28 (Tenerife), en la que se instalaron 250 m de RX-150.
- En la carretera GC-500 (Gran Canaria) en la que se ejecutaron varios tramos de RXI-050.

En ferrocarriles

- En Degotalls, se empleó un helicóptero para instalar la protección del 2 000 kJ del tren cremallera de Monserrat (Cataluña).
- En las bocas de la línea AVE Madrid – Lleida en la que se colocaron sistemas de media energía 750 kJ.
- Para la protección del ferrocarril de Nuria, para lo que se usaron barreras de 2 000 kJ.
- En Línea del Sur en Portugal.

Otras actuaciones

- Se instalaron 584 m de 3 000 kJ en Fabares (Asturias).
- Se montó una protección especial para el colector de aguas en Gibraltar.
- En el *Antic Hospitalari* (Andorra) se instaló la primera una RX-300.
- En Bon Repòs se construyeron 150 m de RXI-500 de 5 000 kJ, de 8 m de altura (Andorra).
- En el Parque Nacional de Ordesa (Aragón), en donde se hizo un estudio profundo y se instalaron las primeras soluciones.
- Se instaló una AXI-015 en el Faro de Montjuïc (Barcelona).
- En la cantera de Mañaria se levantaron barreras de 750 kJ.
- Varios tramos de 2 000 kJ protegiendo el paseo marítimo de Sagües (San Sebastián).
- Como complemento a las galerías de hormigón en Getaria (País Vasco).
- En 2008 se montaron barreras galería en San Fausto (Navarra).
- En la Sierra de Altea (Alicante).
- En Bahía Azul (Mallorca).
- En el Puerto La Estaca (El Hierro).
- En Ragol (Almería) donde se colo-



GBE-500 A. Bahía Azul (Mallorca)

có una de las primeras RX-300 de 3 000 kJ.

- En Bon Repòs (Andorra), 150 m de RXI-500.
- En Roc del Quer, 150 m de RXI-500, de 9 m de altura.
- Hace sólo unos días se ha asistido a la entrega de las primeras barreras GBE-5000A en Andorra, compatibles con la Normativa Europea ETAG 027.

En el ámbito de los sistemas de protección contra la caída de rocas, Geobrugg Ibérica jugó un papel pionero e inspirador de las autoridades gubernamentales para hacer frente a problemas de desprendimientos, que previamente habían sido casi ignorados. Gracias a la tarea técnica de difusión realizada, hoy día existe este mercado.

Protección contra flujo de derrubios:

Desde 2003, se comenzó a introducir este concepto en el mercado y en 2006 se instalaron dos estaciones de control y adquisición de datos en Cataluña (Erill y Galera), para estudiar la influencia de este fenómeno en las condiciones locales. Se han instalado varios emplazamientos con este tipo de protecciones entre los que se encuentran: Casalón (Tenerife), Almaguitas (Andalucía), Castillo de Jaca (Huesca) Capdella, Tuixent y Portainé (Cataluña) donde en 2010 se colocaron, una serie escalonada de múltiples barreras, que han funcionado de forma excelente tras un fenómeno acaecido en el verano de 2010. En primavera de 2011 se desarrollará en Barcelona una Conferencia Internacional sobre Debris flow, en la que participarán más de 150 profesionales de más de 20 países, y en la que se mostraran

los excelentes resultados de esta tecnología flexible.

Sistemas de estabilización de taludes: La evolución y el desarrollo de las membranas flexibles de acero anclados, para la estabilización de desmontes, tiene su origen en Suiza en 1951, cuando se patenta una red com-

puesta por un cable de acero galvanizado dispuesto en forma en diagonal, unido con grapas antideslizantes y formando paños cuadrados. Esta red se utilizó durante los primeros años tanto en las barreras como en los taludes de desmonte. La primera aplicación de redes en un talud en España fue en 1993, en Getaria (País Vasco). Desde 1993 a 1995 se desarrollaron los primeros sistemas de sostenimiento flexibles, realizándose numerosas series de ensayos de laboratorio y confeccionándose manuales para el diseño. A partir de 1995, se comienza a realizar una intensa labor de I+D+i, elaborando, a partir de España y Suiza, la metodología para la aplicación de los sistemas flexibles de red de cables para todo el mundo. El nombre comercial que recibió el sistema que empleaba estas redes ancladas al talud fue Pentifix®. En este año, se realizan las primeras aplicaciones en España (Asturias, Cantabria, y Cá-

ceres). Desde 1996 se realizan importantes obras en Andalucía, Cataluña y Extremadura. En 1997 se instala el primer sistema con anclajes activos, en Ramales (Cantabria). A partir de 1998, se intensifica y diversifica la aplicación de este tipo de solución.

Como resultado de la citada actividad de I+D+i, en el año 2000 se inicia la comercialización de la malla de alambres de alto límite elástico llamada Tecco® con capacidad de soporte hasta 40 kN/m². Para su fabricación, se diseñó una máquina que permite la manipulación de este tipo de alambre en frío sin que pierda las características de resistencia. Su principal objetivo fue en un inicio complementar y luego sustituir el Pentifix. Desde el segundo semestre del año 2001, se comenzó una masiva introducción de la malla con Tecco con muy buenos resultados, entre las que cabe destacar:

- En 2001, la A-6 Villafranca del Bierzo (León),
- En 2002, la primera gran obra de 40 000 m² en Fabares (Asturias).
- En el verano de 2004, nuestros equipos instalaron 40 000 m² en La Panadella (Cataluña).
- En 2005, se colocaron 38 000 m² en Miranda do Corvo (Portugal), y 9 000 m² en Teruel (Aragón).
- Durante 2006 se instaló en Oiatzun (País Vasco) y en varios taludes a lo largo de 20 km en la carretera de la presa de la Llosa del Caval, ejecutándose también una interesante obra en un edificio histórico y emblemático "La



Tecco S-30, Ribadesella (Asturias)

Seu Vella", en Lleida.

- En 2007, se realizó una espectacular obra de emergencia en el Túnel de Vielha (Lleida) y una solución especial en Tazones (Asturias) se sustituyó un muro de casi 15 000 m² en Leixões (Oporto) por Tecco. También se ejecutó con éxito uno de los desmontes más complejos, desde el punto de vista de la ejecución, y a la vez mejores logrados desde el punto de vista estético en Ribadesella (Asturias).
- En 2008, por el procedimiento de emergencia, se ejecutó una estabilización a un talud problemático en Camprodón (Gerona).
- Durante 2010 se instalaron 38 000 m² en el País Vasco (Aritzeta).

En 2006 también se implanta un nuevo producto en el mercado: la red *Spider*[®]. Este producto constituye una alternativa al hormigón proyectado, en la casi totalidad de los casos, a los sistemas de muros anclados, muros de gravedad, de escolleras, gaviones y otros sistemas de estabilización convencionales. Con estas nuevas membranas se puede alcanzar hasta 140 kN/m². Se han realizado importantes obras con red Spider entre las que destacan: Losa de Cavall, Llavorsí, Alinya y La Pobla de Seur (Lérida), La Ronda de Dalt (Barcelona), Mainar-Paniza (Zaragoza), Ballobar (Aragón), Limpías (Cantabria), Camprodón (Girona), Macastre (Valencia), Ciudadela (Menorca), Albarracín (Teruel), Manresa (Cataluña); y, en 2009, se ejecutó la primera obra en de Spider Net (Marruecos), con excelentes resultados.

En 2010 se saca al mercado la *Deltax*[®], una alternativa eficiente a las cortinas ligeras de triple torsión, con muy buenos resultados. Está compuesta por alambre fino de 2 mm de alto límite elástico y su resistencia es de 54 kN/m, siendo más ligera y, por ende, más amigable su instalación.

De forma adicional, en 2010 también se ha desarrollado una red denominada *Quarox*[®], para uso general, que permite su aplicación en una amplia gama de soluciones, no tuteladas por Geobrigg.

Las barreras de control de la generación de aludes de nieve también han jugado un importante papel en la actividad de Geobrigg en la Península ibérica, destacándose los proyectos del Túnel de Envali-



Protección contra corrientes de derrubios. Portaine (Lleida)

ra en Andorra; Baqueira, Arties y Garos en el Pirineo Catalán; y el puerto de San Isidro, en Asturias; así como en Astun (Huesca) y Bossost (Cataluña).

Los principales clientes son: la Administración a nivel central y autonómico, así como las grandes empresas constructoras. Aunque también tiene muy buenas relaciones con las empresas de ingeniería, con las cuales colaboran en la definición y preparación de proyectos.

Nuevas líneas de desarrollo y de trabajo

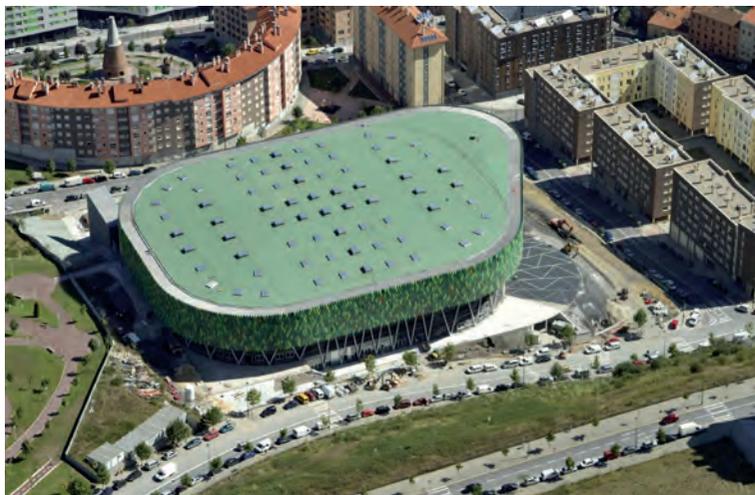
Hasta el momento, y como se ha señalado, los trabajos más importantes se han realizado como complemento de grandes obras de *carretera* o *ferrocarril*, en los cua-

les se les ha demandado tanto protección contra desprendimientos como estabilización de grandes desmontes. No obstante, en numerosos casos, el objeto de protección son edificaciones (especialmente en Andorra) o instalaciones industriales. Con las nuevas líneas de desarrollo en arquitectura y seguridad, Geobrigg se está adentrando más decididamente en la obra de edificación con resultados muy positivos. Un ejemplo muy significativo es la ejecución de una fachada con malla *Rombo*[®] en toda la superficie exterior del Bilbao Arena, en Miribilla (Bilbao).

En un momento determinado de su desarrollo empresarial, fue necesario pasar de suministrar los sistemas a suministrarlos e instalarlos para garantizar la calidad total, ya que el proceso de montaje es fundamental para el funcionamiento eficiente de



Barrera antialudes Dk=4,5 N=3,2. Bossost (Catalunya)



Fachada Bilbao Arena con malla Rombo

los sistemas, cuya función es la protección de personas e infraestructuras. Esta combinación, además de esa colaboración en la fase de diseño con los proyectistas, forma parte del valor añadido que pretende ofrecer esta empresa. En cualquier caso, siempre mantuvo un conjunto de empresas colaboradoras de confianza, que también realizaban tareas de montaje de sus productos. También es cierto que ya se han establecido estándares de instalación, y en los últimos 6 años han terminado del orden de 100 obras de diverso tamaño por año. Actualmente brinda un abanico más amplio de opciones, desde la simple venta de materiales y sistemas, sin servicios complementarios añadidos, hasta el proyecto completo, que incluye la asesoría, el suministro y la instalación. Por tanto, ofrece una mayor garantía en el correcto funcionamiento, pasando por opciones intermedias como el asesoramiento en el diseño de la solución, o el control de ejecución a otros instaladores.

I+D+i y equipo humano

Además de los productos ya mencionados (como *Pentifix*[®], *Tecco*[®], *Spide*[®], *Deltax*[®], *QuaroX*[®], *Rombo*[®], etc.), fruto de la innovación tecnológica, se subraya que la Investigación y Desarrollo ha sido desde su inicio una actividad indispensable de esta compañía. La ejecución de ensayos en laboratorio y a escala natural de todos los sistemas es básica en el proceso de diseño. Todos los productos y sistemas han sido ensayados, lo cual permite ofrecer garantías en todos los sentidos. Como resultado de los ensayos de campo, se tienen los valores de

solicitaciones en todos los puntos del sistema y se pueden dimensionar sus componentes, incluyendo los anclajes al terreno. Han sido pilares en la elaboración de la normativa más restrictiva que existe para el diseño de barreras

(BAFU, Suiza), además de ser pioneros en el desarrollo y cumplimentación de la ETAG 27, mediante el sistema de barreras GBE para energías desde 500 kJ hasta 5000 kJ con marcado CE. De momento, alcanzan los 5 000 kJ, que se corresponde con la energía de un bloque de 16 t en caída libre desde 32 m de altura, e impactando a 90 km/h sobre la barrera. Para finales de 2011, se prevé ensayar una barrera de gran energía, con motivo del 60 Aniversario de Gebrugg. Todos los productos antes de ser puestos a disposición del mercado se ensayan y certifican, ofreciendo la máxima calidad disponible en el mercado. Además, su inversión en I+D+i es muy superior a la de otras empresas competidoras, lo que la hacen merecedora de la confianza y aprecio de sus clientes.

Los productos y sistemas se desarrollan por un equipo técnico multidisciplinar, integrado por personal técnico internacional, con la colaboración de prestigiosas Universidades e Institutos de Investigación, siendo uno de los colaboradores más importantes el WSL (Instituto Federal de Investigación para el Bosque, Nieve y Paisaje) de Birmensdorf, Suiza. En este equipo internacional, el aporte de Gebrugg Ibérica es sumamente significativo. En España, se han desarrollado durante varios años diversas series de ensayos de laboratorio, en colaboración con las Universidades de Cantabria y la UPC de Barcelona, que han permitido elaborar metodologías de diseño de aplicación global. Además, su tarea de implementación de las soluciones en obra ha sido esencial.

Esas soluciones generalmente están estandarizadas y certificadas, y son de aplicación global en concepto genérico.

Aún así, su filosofía es flexible al igual que sus sistemas, y en cada territorio se aplican soluciones específicas que responden a las necesidades concretas del mercado. Estas diferencias son más comunes en la línea de sistemas de estabilización de taludes, donde los productos se emplean en combinaciones con ciertas diferencias, buscando la optimización de parámetros que tienen diferente importancia en relación con el país de que se trate. Es sabido que en geotecnia una amplia gama de soluciones suele ser factible y, dependiendo de la experiencia e incluso a veces de ciertas preferencias particulares de quienes diseñan las soluciones, se valoran con diferente peso determinados factores, lo cual lleva en definitiva a diferentes configuraciones de sistemas, dentro de una misma tecnología de estabilización o protección. Esta es precisamente una de las principales virtudes de las soluciones de esta empresa: su adaptabilidad a diferentes posibilidades dentro de un rango determinado.

Gebrugg Ibérica sigue teniendo una responsabilidad importante dentro del grupo, siendo una de sus empresas líderes. Cuenta con un equipo humano extremadamente comprometido, muy profesional. Su apuesta estratégica de cubrir toda la gama de servicios necesarios en la resolución de los problemas, incluida la instalación con equipos propios, ha sido la clave de su importante desarrollo, dada su buena aceptación por sus clientes. La experiencia adquirida en instalación de sus sistemas les ha permitido ejercer la autocritica y les ha ayudado a optimizar sus productos.

Gebrugg Ibérica dedica una gran parte de su actividad a la conservación de infraestructuras, actividad que es previsible que se mantenga, o incluso aumente. En ello juega un papel destacable los eventos naturales que ocasionan inestabilidades del terreno, que dan lugar a obras de emergencia en las que es imprescindible actuar con celeridad.

Para finalizar, Gebrugg Ibérica ha diversificado sus líneas de productos, fortaleciendo los sistemas de mitigación de riesgos naturales, que hasta hoy han sido el tronco de la actividad de la compañía, e impulsado decididamente las nuevas líneas de productos especiales para Seguridad y Arquitectura. ❖

ORGANIZA



IFEMA
Feria de
Madrid

TU ENCUENTRO

27-30
SEPTIEMBRE
2011



SALÓN INTERNACIONAL
DE LA SEGURIDAD VIAL
Y EL EQUIPAMIENTO
PARA CARRETERAS

TRAFIC2011

TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN AL SERVICIO DE LA SEGURIDAD VIAL.



SOSTENIBILIDAD



APARCAMIENTO



SEGURIDAD



SISTEMAS INTELIGENTES
DE TRANSPORTE



INFRAESTRUCTURAS

PROMUEVEN



MINISTERIO
DE FOMENTO



MINISTERIO
DE INTERIOR

www.trafic.ifema.es

LÍNEA IFEMA

LLAMADAS DESDE ESPAÑA
INFOIFEMA 902 22 15 15
EXPOSITORES 902 22 16 16

LLAMADAS INTERNACIONALES (34) 91 722 30 00

FAX (34) 91 722 57 90

IFEMA Feria de Madrid
28042 Madrid
España

trafic@ifema.es

Inspecciones de puentes



El 9 de mayo de 2011 y en el Salón de Actos de la Fundación Bancaja, C/ General Tovar, de Valencia, tendrá lugar esta jornada promovida por el Ministerio de Fomento, organizada por la Asociación

Técnica de Carreteras con la colaboración de la *Generalitat Valenciana*, el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Tecnimed y la empresa consultora Civil Mateng, S.L.

La jornada está planteada para profesionales relacionados con las inspecciones de puentes en servicio con el fin de determinar su condición de estado, las necesidades de mantenimiento y los posibles problemas o peligros, así como para los involucrados en las actuaciones de mejora y rehabilitación de dichos puentes. Por supuesto, para todos aquéllos que desean formarse y especializarse en el sector de la **ingeniería de mantenimiento**.

Se presentarán también dos documentos de reciente publicación, la "Guía para la realización del inventario de obras de paso" y la "Guía de inspecciones básicas de obras de paso" de la Dirección General de Carreteras del Mº de Fomento.

Durante la mañana y para las dos sesiones, reconocimientos sistemáticos y especiales, se detallará la metodología y objetivo de cada nivel de inspección y se expondrán algunos de los resultados obtenidos tras su aplicación, entre otros, en la Red de Carreteras del Estado: conocimiento de los elementos a inspeccionar, ensayos, auscultación y pruebas más frecuentes para la caracterización estructural y de deterioros, así como los medios auxiliares de inspección, el análisis y presentación de informes de resultados y especificidades de los "Proyectos de Rehabilitación".

Por la tarde, se expondrán algunos resultados singulares relativos a obras de mejora y rehabilitación de puentes, conse-

cuencia de inspecciones realizadas. Se tratarán puentes de distintas épocas y tipos, con soluciones de rehabilitación diferentes y con especial atención a las mejoras funcionales de los equipamientos existentes.

Como colofón, se ha planteado una mesa redonda que pretende reflexionar sobre la formación de los inspectores de puentes, las materias de obligado conocimiento, la valoración de la experiencia y la necesidad de acreditación y también sobre la homologación de técnicos y empresas especializadas en el ámbito de la rehabilitación de estructuras.

Dirección técnica : D. Álvaro Navareño Rojo, Presidente del Comité de Puentes de la ATC y Consejero Técnico de la Subdirección de Conservación, DGC, Ministerio de Fomento.

Programa

09:00 • 09:30. **Acreditaciones**

09:30 • 10:00. **Acto de Inauguración**

10:00 • 10:20. **Consideraciones sobre las inspecciones de puentes**. D. Álvaro Navareño, DGC, Ministerio de Fomento.

Sesión 1. Inspecciones sistemáticas de obras de paso.

Moderador: D. Emilio Criado. DGC. Ministerio de Fomento.

10:20 • 10:45. **Inspecciones básicas – COEX**. D^a. Ana Belén Menéndez, J. G. Gestión de Estructuras, Geocisa.

10:45 • 11:10. **Inspecciones principales**. D. Tomás Ripa, LCA Ingeniería.

11:10 • 11:35. **Inspecciones de cauces**. D. Gonzalo Arias, Ines Ingenieros; D. Francisco Vallés, UPV.

11:35 • 11:45. **Coloquio**

11:45 • 12:15. **Pausa-Café**

Sesión 2: Inspecciones especiales de puentes.

Moderadora: D^a. Carmen Andrade, CISDEM (CSIC-UPM).

12:15 • 12:40. **Principales patologías asociadas a puentes de carretera**. D. Ignacio Pulido, IDEAM.

12:40 • 13:05. **Campañas de ensayo y auscultación**. D. Jorge Ley Urdaiz, IN-TEMAC.

13:05 • 13:30. **Inspección de tirantes en puentes**. D. Patrick Ladret, Freyssinet, S.A.

13:30 • 13:55. **Proyectos de rehabilitación: Singularidades**. D. José Simón-Talero, Torroja Ingeniería.

13:55 • 14:10. **Coloquio**

14:10 • 15:30. **Almuerzo-Buffer**

Sesión 3: Mejora y rehabilitación de puentes de carretera.

Moderador: D. Ángel Susaeta Llombar, *Generalitat Valenciana*.

15:30 • 16:00. **Rehabilitación y supresión de restricciones al tráfico en los puentes de Algar de Palancia y Cofrentes (N-225 y N-330)**. D. José Ignacio Suárez, Unidad de Carreteras de Castellón; D. José Yuste Maicas, Demarcación de Carreteras del Estado, C. Valenciana.

16:00 • 16:20. **Actuación Comunidad Valenciana**. D. Arturo Llorca Acebedo, *Generalitat Valenciana*.

16:20 • 16:40. **Actuaciones de reparación en la AP-6**. D. Rafael Pérez Arenas, Abertis.

16:40 • 17:00. **Reparación Puente sobre Rambla de Valdelobos, N-234**. D. Jesús Antoñanza, U. de Carreteras de Teruel.

17:00 • 17:30. **Mesa redonda: La formación de los técnicos y empresas en inspección y rehabilitación.**

Moderador: D. Javier León, Fhecor ING. Consultores.

D^a. Carmen Andrade, CISDEM, (CSIC-UPM); D. Jordi Esparza, C. Valenciana; D. Gonzalo Arias, Ines Ingenieros.

17:30 • 17:40. **Acto de clausura.**

Secretaría de la jornada

Asociación Técnica de Carreteras, C/ Monte Esquinza, 24; 4º dcha. - 28010 Madrid (España). Tel.: (34) 91 308 23 18 - Fax.: (34) 91 308 23 19 E-mail: congresos@atc-piarc.com www.atc-piarc.com

Las inscripciones realizadas a través de la web tendrán un 3% de descuento.

Precio: 150 € + 18 % IVA = 177 €.

La inscripción incluye: Documentación de la jornada, café en los descansos, almuerzo-buffet de trabajo y *Certificado acreditativo de asistencia*. ❖

2011

Mapa Oficial de Carreteras[®] ESPAÑA

Español / Inglés

2011

Mapa Oficial de Carreteras[®]

ESPAÑA

Edición 46



Copyright. Prohibida la reproducción total y parcial, en cualquier soporte incluyendo sistemas de recuperación base para una aplicación distinta o funciones autorización escrita del propietario de

del contenido a



Descargas
de actualización
del CD-ROM
desde Internet

Nuevo contenido:
Guía de playas de España

- _Escala 1:300.000
- _ Planos de 58 ciudades y sus accesos
- _ Planos de Portugal, Marruecos y Francia
- _ Índice de 20.000 poblaciones
- _ 974 Espacios Naturales Protegidos
- _ 152 Rutas Turísticas
- _ 96 Vías Verdes

Edición 46

PVP: 21,29 €



También contiene los
Caminos de Santiago
en España



y Casas Rurales con
Calificación de
Excelencia



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

SECRETARÍA
GENERAL TÉCNICA

CENTRO
DE PUBLICACIONES

Comité Técnico de Geotecnia Vial



Dentro de las últimas actividades de este comité hay que destacar la celebración de la **Jornada técnica sobre experiencias recientes en estructuras de tierra para infraestructuras viarias**, celebrada en Madrid, el día 11 de febrero de 2011, cuyo reportaje ya ha sido publicado en RUTAS 142, y que reunió a más de 270 congresistas que atendieron a las 21 exposiciones y participaron activamente en los debates que se propusieron. El éxito de esta jornada, en la que se consiguió una interesante participación por parte de ADIF, está animando a este comité para el estudio sobre la celebración de una segunda jornada sobre estos temas, cuya fecha se informaría oportunamente.

El Comité, al que se han incorporado dos nuevos miembros (D. Francisco Javier Castanedo y Dña. Patricia Amo), ha estado presente recientemente en la revista Rutas, a través de un artículo firmado por el Grupo de Trabajo Gestión de Desmontes, que lidera D. Fernando Román, y lo estará próximamente gracias a la publicación de otro artículo, firmado por D. Álvaro Parrilla y Dña. Rebeca Carabot sobre la "Evaluación de la deformabilidad de rellenos tipo terraplén mediante métodos dinámicos: Aproximación teórica al estado de la cuestión". Así mismo, en breves fechas, remitirá otro artículo sobre materiales marginales para su deliberación por parte del Comité de Redacción de la revista.

En lo que se refiere al Grupo de Trabajo sobre **Geotextiles**, el grupo realizará un trabajo sobre el estado del arte para el cálculo de muros reforzados con geotextiles, cuyos casos prácticos complementará el documento que creará el CEDEX. Además, se formará otro grupo de trabajo como apoyo a las normativas de los comités europeos.

Con respecto al Grupo de Trabajo sobre **Agua y los terraplenes**, se ha creado otro grupo que trabajará sobre la problemática de los terraplenes y desmontes, ya que en España, sobre todo en la zona de Andalucía oriental, ha habido muchos problemas de este tipo. El grupo será liderado por D. Miguel Fe.



Así mismo, y a propuesta de D. Javier Castanedo, se creará otro Grupo de Trabajo dirigido al análisis de los diferentes métodos de mejora de suelos marginales, tales como escorias salinas, que en la práctica tienen un comportamiento discutible. El grupo de trabajo se pronunciará sobre la bondad de estos sistemas o sobre sus inconvenientes.

Ante la sugerencia, D. Carlos Oteo propuso su creación y denominación: "**Aprovechamiento de materiales marginales**"; y D. Javier Castanedo localizará a una empresa que esté aplicando las escorias salinas, así como a fabricantes para su incorporación al grupo de trabajo, que se enriquecerán con sus experiencias los trabajos del grupo.

Además, dada la constante evolución de estos temas, y a propuesta del Presidente del Comité de Geotecnia Vial, D. Carlos Oteo, sus miembros estudiarán nuevas propuestas de creación de grupos de trabajo que se plantearán y debatirán en próximas reuniones.

Finalmente, el Comité celebró la decisión de la DGC del Ministerio de Fomento de colgar en su página web, desde hace unos meses, en el apartado de la Dirección General de Carreteras, en la parte en la que se refiere a Normativa Técnica, los estudios previos del terreno, así como la diferente normativa publicada por esa Dirección y cuya descarga es totalmente gratuita. ❖



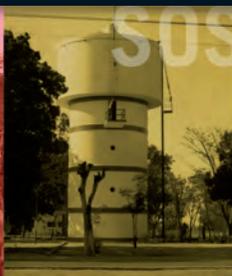
Ingeniería
Sin Fronteras

Asociación para el Desarrollo

Ponemos la **TECNOLOGÍA** al servicio
del **DESARROLLO HUMANO**



INGENIERÍA
EMPRESA



SALUD



REDES



TECNOLOGÍA
TIC



AGUA

DESARROLLO RURAL
UNIVERSIDAD



SOCIOS



VOLUNTARIADO



Hazte socio

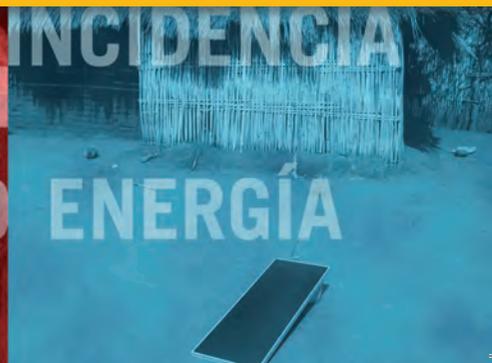
91 590 01 90
www.apd.isf.es



GÉNERO



ALIMENTACIÓN
AGRO



INCIDENCIA
ENERGÍA

Premios y Distinciones

Asociación Técnica de Carreteras
Comité español de la Asociación Mundial de Carreteras
AIPCR-PIARC

Premio Jóvenes Profesionales

La Asociación Técnica de Carreteras, Comité Español de la Asociación Mundial de Carreteras, convoca un concurso abierto a los jóvenes profesionales que manifiesten un interés en el sector de la carretera y de los transportes.

El concurso ha sido aprobado por la Junta Directiva de la Asociación durante su reunión del 28 de junio de 2010.

Objeto del premio

La finalidad de este premio es promover la realización de trabajos técnicos por profesionales jóvenes que trabajen dentro del sector de la carretera en cualquiera de los campos de interés de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC) y de la Asociación Mundial.

Se crea este distintivo como premio para trabajos realizados por jóvenes profesionales, con el objeto de contribuir a fomentar el interés y la especialización de las nuevas generaciones en el ámbito de la tecnología de carreteras, así como el desarrollo de nuevas ideas en esos campos. También se pretende incentivar la participación de los jóvenes en las actividades de la Asociación.

Bases

Para poder optar a esta distinción se requiere tener una edad inferior a 35 años a fecha 1 de enero del presente año, ser socio de la ATC o estar presentado por Socios, Organizaciones o Empresas que lo sean; además se deberá ser español o haber desarrollado, al menos durante los últimos 5 años, la actividad en territorio nacional.

Se entregará un diploma, y el premio estará dotado con una gratificación econó-

mica de 5 000 €, una afiliación gratuita durante un año a la Asociación Técnica de Carreteras, y la publicación del trabajo en la Revista Rutas. El Jurado podrá declararlo desierto.

Este Premio valorará trabajos que estén basados en el ejercicio de la actividad profesional de los candidatos quienes, habiendo encontrado un asunto de interés para la comunidad de carreteras y vías urbanas, deciden desarrollarlo y divulgarlo.

Los trabajos deberán estar realizados por un único autor y serán inéditos, es decir, no habrán sido previamente publicados ni presentados a otras convocatorias de premios. Respecto al tamaño, no excederán de 8 000 palabras ni de 20 páginas, incluyendo fotos, gráficos y dibujos.

Los trabajos de los candidatos deberán presentarse, antes de 29 de julio del año en curso, en la Secretaría de la Asociación Técnica de Carreteras (C/ Monte Esquinza, 27, 4º derecha, 28010 Madrid). Cada uno de los trabajos se presentarán en sobre cerrado indicando claramente "Premio de la ATC para jóvenes profesionales", e irán acompañados del Curriculum Vitae del autor y de una proposición razonada de los méritos que fundamentan la calidad del trabajo en cuestión.

Jurado

El Jurado estará compuesto por los siguientes miembros de la Junta Directiva:

- El Presidente de la Asociación Técnica de Carreteras.
- Un vocal entre los representantes de



CONVOCATORIA 2011

Concurso abierto a todos los jóvenes profesionales que manifiesten un interés en el sector de la carretera

BASES DEL CONCURSO EN NUESTRA WEB
www.atc-piarc.com

los Ministerios de Fomento e Interior.

- Uno de los vocales representantes de las Comunidades Autónomas.
- Uno de los vocales representantes de los Departamentos universitarios de las Escuelas Técnicas y del CEDEX.
- Un vocal representante de los socios individuales.
- Dos vocales representantes del resto de los socios, no vinculados a las anteriores representaciones mencionadas.

La participación en la convocatoria supone la aceptación de estas bases y la renuncia a cualquier reclamación derivada de su interpretación. Asimismo, el Presidente, hasta la constitución del Jurado, y el Jurado desde su constitución, resolverán todos aquellos aspectos no contemplados en estas bases que pudieran surgir a lo largo del proceso de concesión del premio.

Entrega del premio

El fallo del Jurado se comunicará a todos los participantes durante el periodo comprendido dentro de los **últimos diez días del mes de noviembre**; y la entrega del premio se realizará coincidiendo con la fecha en la que se celebre la Junta Directiva de la ATC correspondiente al mes de diciembre. ❖



grandes proyectos, nuevas fronteras

En Ineco la calidad, la innovación, la tecnología y el talento se unen para desarrollar grandes proyectos que contribuyen a la proyección internacional de la tecnología española.

ineco

Referente en ingeniería y consultoría de transporte

Aeronáutico · Ferroviario · Transporte urbano · Carreteras
Visítanos en www.ineco.es

Inauguraciones

Remodelación de la Avda. de Madrid (Lugo)

El pasado martes, 22 de marzo de 2011, el ministro de Fomento, D. José Blanco, y el alcalde de Lugo, D. José López Orozco, presidieron el acto de presentación de la remodelación de la Avenida de Madrid de la ciudad, tras las obras de adecuación que se han llevado a cabo. La inversión realizada en esta actuación, incluida en el protocolo de carreteras entre el Ministerio de Fomento y el Ayuntamiento de Lugo, ha ascendido a 7,17 millones de euros.

La longitud total de la Avenida de Madrid es de 1,5 km. Las obras han consistido en completar la duplicación de la calzada en la mitad de su trazado, donde tenía sección de calzada única, y en el acondicionamiento de todo el recorrido.

Concretamente, las mejoras realizadas en la Avenida de Madrid se han centrado en la racionalización del trazado viario de la avenida, duplicando la sección de su calzada (que pasa a tener dos carriles por sentido con aparcamientos), entre la intersección de la calle Bernardino Pardo Ouro y la glorieta del enlace de A Tolda con la LU-11, en una longitud de 700 m. Con ella, se han creado tres nuevas glorietas que reordenan el tráfico de esta importante arteria, permitiendo efectuar cambios de sentido que hasta ahora no era posible realizar.

Así mismo se procedió a la rehabilitación del firme de la calzada existente y a la reposición de las aceras, cuyo diseño ha sido adaptado al modelo empleado por el Ayuntamiento de Lugo, así como a la mejora de los espacios públicos asociados a las zonas peatonales adyacentes al vial, habiéndose delimitado las zonas peatonales y de aparcamientos, y la mejora ambiental de la zona, con la creación de nuevas zonas ajardinadas en la mediana de la calzada duplicada y con la instalación de diverso mobiliario urbano en el entorno.

Además se ha conseguido una mejora

del alumbrado y de la red semafórica de toda la Avenida de Madrid, reponiéndose los distintos servicios afectados municipales y de distintas compañías suministradoras.

La puesta en servicio de la duplicación de calzada y el acondicionamiento de la Avenida de Madrid permite mejorar el itinerario de acceso desde la A-6 y la LU-11 hasta el centro de la ciudad mediante una vía urbana de alta capacidad y finalizar la entrega de todas las antiguas travesías de las carreteras nacionales al Ayuntamiento de Lugo.

Finalmente hay que añadir que, con la finalización de estas obras y la puesta en servicio del nuevo puente sobre el río Miño (prevista para el mes de junio), finalizarán las actuaciones incluidas en el protocolo de carreteras de Lugo.

El tramo objeto de proyecto, que se coordinará con los de los tramos Los Rábanos-Fuensaúco y Villar del Campo-Ágreda Oeste, será desarrollado según la solución seleccionada en la aprobación definitiva del Estudio Informativo, cumplimentando el conjunto de prescripciones impuestas por esa aprobación y por la Declaración de Impacto Ambiental.

El proyecto de trazado contendrá, en el correspondiente anejo, cuanta información sea necesaria para la realización de las expropiaciones a que pudiera haber lugar. Una vez se apruebe provisionalmente, el proyecto de trazado se someterá al trámite de información pública previsto en la Ley de Expropiación Forzosa. Además incluirá como anejo un documento denominado "Análisis Ambiental", en el que se identificarán, describirán y valorarán los problemas ambientales, y en el que se proyectarán y valorarán las medidas correctoras que se estimen necesarias.

Así mismo, se estudiará con detalle la reposición de caminos, vías pecuarias, accesos, servidumbres y servicios que resulten afectados, y se mantendrá la coordinación adecuada con las Corporaciones Locales, Cámaras Agrarias, Confederación Hidrográfica y resto de Entidades y Organismos que pudieran verse afectados o que puedan aportar datos de interés.

Finalmente, y tras aclarar que las propiedades colindantes no tendrán acceso directo a la nueva carretera, se analizará la compatibilidad de las actuaciones que se proyectan con los usos ciclistas que puedan entrar en conflicto con ellas. Se citan, como ejemplo, las afecciones a otras carreteras en enlaces y la accesibilidad a pasos inferiores y superiores

Autovía del Mediterráneo (A-7)

El mismo 18 de abril, Ministerio de Fomento también adjudicó la redacción de los tres proyectos de construcción en los que se divide el trazado *Vilanova d'Alcolea-Traiguera*, de la Autovía del Mediterráneo A-7, en la provincia de Castellón, con un



Adjudicaciones

Autovía de Navarra (A-15)

El 18 de abril de 2011, el Ministerio de Fomento adjudicó a la empresa Ingeniería Idom Internacional la redacción del proyecto de trazado y construcción del tramo *Fuensaúco-Villar del Campo*, de la Autovía A-15, en la provincia de Soria, con un presupuesto de 1,29 millones de euros.

A lo largo del trazado, cuya sección transversal estará constituida por dos calzadas de 7 m de ancho cada una y separadas por una mediana de 10 m, se dispondrán 17 estructuras y dos enlaces que darán servicio a los núcleos de Aldealpozo y Villar del Campo.

presupuesto de 5,56 millones de euros.

Los tres tramos de autovía, con una longitud total de 46 km y todos ubicados en la provincia de Castellón son: Vilanova d'Alcolea-Les Coves de Vinromà, Les Coves de Vinromà-Salzadella y Salzadella-Traigueros.

La redacción del proyecto de construcción del primero de ellos fue adjudicada a la Unión Temporal de Empresas (UTE) formada por Cipsa Consulpal, S.A y Civil Mateng, S.L. por un importe de 1,61 millones de euros.

Este tramo, cuya longitud aproximada es de 13,6 km, contará con 3 enlaces y diversas estructuras.

El segundo de ellos, Les Coves de Vinromà-Salzadella, a la UTE formada por la empresa Inserco Ingenieros, S.L, Incoidesa-Ingennya, S.L, y Proyectos Civiles y Tecnológicos, S.A por un importe de 1,75 millones de euros.

El tramo tendrá una longitud aproximada de 14 km y se deberán diseñar en él 3 enlaces y diversas estructuras, así como la traza misma de la autovía.

Finalmente, la redacción del proyecto

de construcción del tramo Salzadella-Traiguera se adjudicó a la UTE de empresas Civil Mateng, S.L. y Cipsa Consulpal, S.A. por un importe de 2,19 millones de euros. La longitud del tramo es de 18,3 km, dentro de los cuales se tendrán que diseñar 4 enlaces y diversas estructuras.

Por lo que se refiere a sus características técnicas generales, la sección transversal tipo utilizada en todo el trazado tendrá 2 calzadas de 7 m cada una, con dos carriles de 3,5 m de ancho para cada sentido de la circulación, arcenes exteriores de 2,50 m e interiores de 1,50 m, y mediana de 10 m de ancho.

En cuanto a las características particulares que se han de tener en cuenta para la elaboración de los tres proyectos, se incluirá como anejo un documento denominado "Análisis Ambiental", en el que se identificarán, describirán y valorarán los problemas ambientales y en el que, asimismo, se proyectarán y valorarán las medidas correctoras necesarias. Además, se coordinará la actuación de los tres tramos con el objeto de minimizar la necesidad de préstamos y vertederos, compensando los diferentes

tramos. Así mismo, se estudiará con detalle la reposición de caminos, vías pecuarias, accesos, servidumbres y servicios que resulten afectados.

Igualmente, se mantendrá la coordinación adecuada con las Corporaciones Locales, Cámaras Agrarias, Confederación Hidrográfica y resto de Entidades y Organismos que pudieran verse afectados o que puedan aportar datos de interés a la redacción del proyecto.

Con el fin de contribuir a la mejora de la seguridad vial de los ciclistas y de acuerdo con los objetivos y directrices del Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte (PEIT), se analizará la compatibilidad de las actuaciones que proyectar con los usos ciclistas que puedan entrar en conflicto con ellas, tales como, las afecciones a otras carreteras en enlaces o la accesibilidad a pasos superiores e inferiores.

Finalmente, los proyectos incluirán la instalación de dos estaciones de aforo fijas en los tramos Vilanova d'Alcolea- Les Coves de Vinromà y Les Coves de Vinromà-Salzadella y otras cuatro en el tramo Salzadella-Traiguera. ❖

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



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



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.



Corredor Brión-Noia. Tramo: Brión-Martelo. La Coruña.

ferrovial
agroman



**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.