

N.º 139 • II ÉPOCA
JULIO • AGOSTO
2010
18 Euros (+IVA)

Tribuna Abierta

Sobre la crisis

Rutas Técnica

**Desarrollo
y aplicaciones de un
nuevo Laboratorio
Móvil de Tráfico**

**Reconocimientos
especiales del estado
de cimentaciones en
puentes**



**Nuevo puente sobre
la ría del Odiel en
Punta Umbría**



Simposios y Congresos

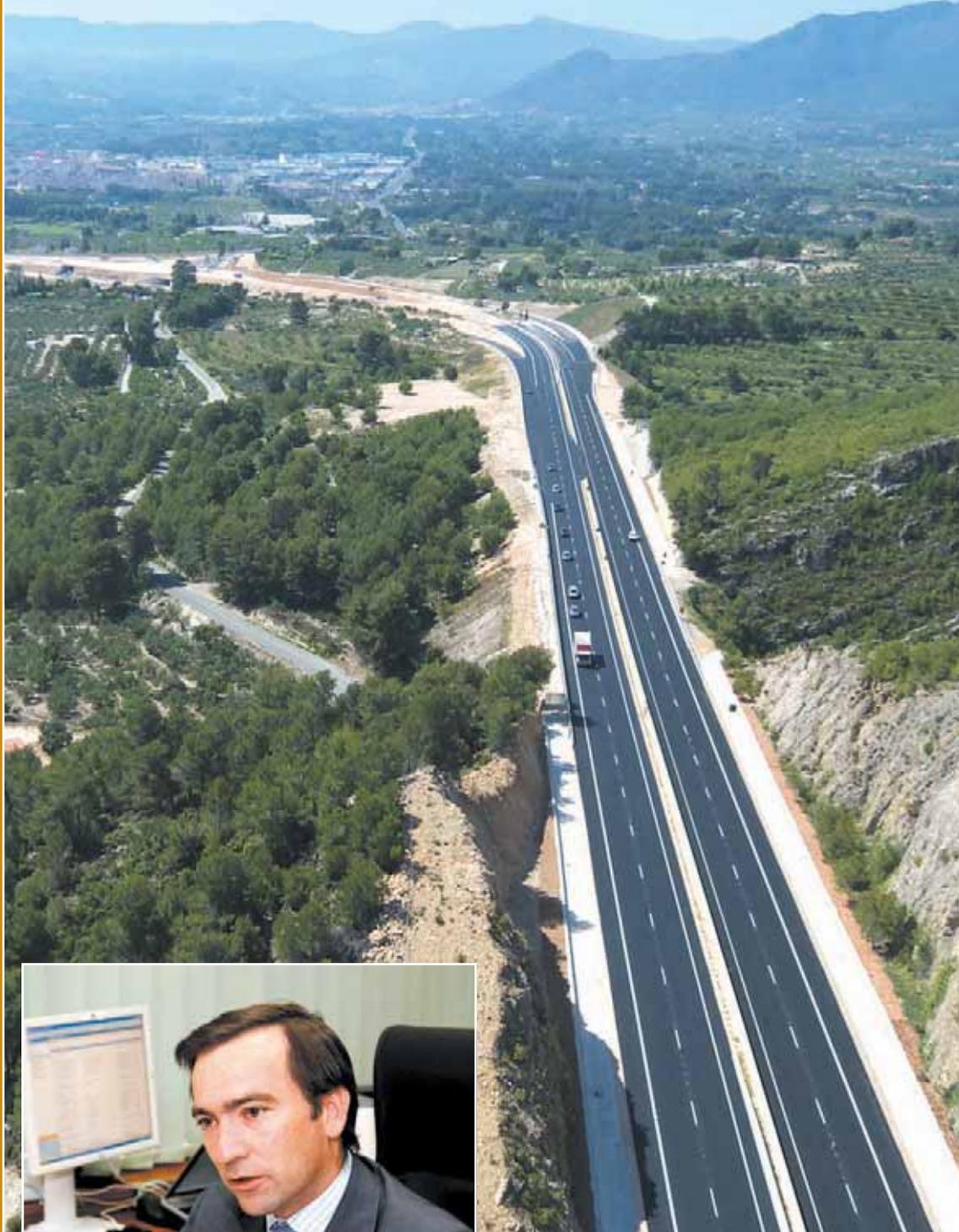
**Jornada técnica sobre
Medianas y Márgenes**



**4º Simposio
Internacional
de Diseño Geométrico
de Carreteras**

RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS



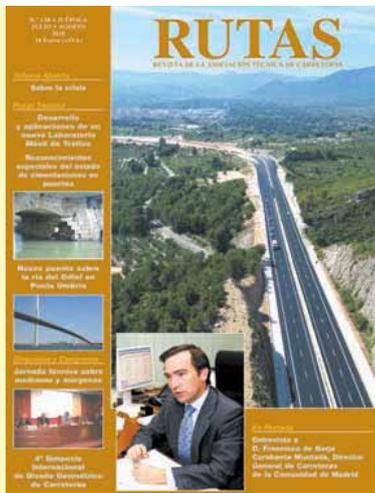
En Portada

**Entrevista a
D. Francisco de Borja
Carabante Muntada, Director
General de Carreteras
de la Comunidad de Madrid**



BETÓN MEJORADO CON CAUCHO: UNA APUESTA TECNOLÓGICA DE PROAS EN SU COMPROMISO CON LA CALIDAD Y EL RESPETO POR EL MEDIO AMBIENTE.

Cincuenta años de innovación dentro del sector del betón dan para muchos logros. Pero, aunque estamos muy orgullosos de todos ellos, nada nos satisface tanto como ser la primera compañía española en suministrar industrialmente betón mejorado con polvo de caucho, procedente de neumáticos fuera de uso (NFUs). El resultado, un betón estable de la más alta calidad y con un claro beneficio para el medio ambiente. Con ello, no sólo conseguimos estar al servicio del cliente, sino también nos ponemos al servicio de la naturaleza. **Y eso nos hace aún más líderes.**



RUTAS

Revista de la Asociación Técnica de Carreteras

Nº 139-II Época - Julio-Agosto 2010

Edita:

ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS.
Monte Esquinza, 24, 4.º Dcha.
28010 MADRID
Tfno.: 913 082 318 - Fax: 913 082 319.
www.atc-piarc.com

Presidente:

Roberto ALBEROLA

Comité de Redacción:

Presidente:
Roberto ALBEROLA

Vocales:

José ALBA GARCÍA
Francisco CAFFARENA LAPORTA
Alfredo GARCÍA GARCÍA
Federico FERNÁNDEZ ALONSO
José María IZARD
Carlos JOFRE
Sandro ROCCI
Manuel ROMANA
Antonio RUILOBA
Margarita TORRES
Carmen VELLILA

Directora Técnica:

Belén MONERCILLO DELGADO

Director Ejecutivo:

Vicente BARBERÁ

Redacción, Diseño, Impresión, y Distribución:

V. Barberá, S.L.

D. Ramón de la Cruz, 71, Bajo Dcha.
28001 Madrid. Tel. 913 092 471
Fax: 913 091 140.

Jefatura de Redacción:

Juan VAQUERÍN
redacción@revistarutas.es

Coordinación y Planificación:

María Luisa BRIZ

Departamento de Publicidad:

Adela GARCÍA.
Tel.: 914 024 972
publi@revistarutas.es

Fotomecánica:

Magister Grafistaff

Depósito Legal: M-7028 - 1986.

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.

En este número

Nuestra portada:
Autovía A-7, tramo
Muro de Alcoy - Puerto
de Albaida.

S u m a r i o

Tribuna Abierta

- 3** Sobre la crisis, por el **Comité Técnico de Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico de la ATC.**

En Portada

- 4** Entrevista a D. Francisco de Borja Carabante Muntada, **Director General de Carreteras de la Comunidad de Madrid, por la Redacción.**



Rutas Técnica

- 10** Desarrollo y aplicaciones de un nuevo Laboratorio Móvil de Tráfico, por **Alfredo García García, Mario A. Romero, Ana Tsui Moreno Chou y Carlos Llorca García.**



- 19** Reconocimientos especiales del estado de cimentaciones en puentes, por **Álvaro Navareño Rojo Díaz.**



- 30** Nuevo puente sobre la ría del Odiel en Punta Umbría. Condicionantes especiales para el proyecto de la cimentación, por **José Luis Sánchez Jiménez y Pedro Ramírez Rodríguez.**



Accesos a Grandes Ciudades

- 42** Finalizada la Ronda Norte de Zamora, por **Esteban Marino Alonso.**



Autovías del Estado

- 49** Finalizada la autovía A-75, Verín-Frontera portuguesa, por **Federico Saldaña Martín.**
- 54** Abierto al tráfico el tramo Muro de Alcoy-Puerto de Albaida de la autovía A-7, por **Enrique Ballesteros Blaise-Ombrecht.**



La Asociación informa

- 58** Reunión de la Junta Directiva de la Asociación Técnica de Carreteras



Simposios y Congresos organizados por la ATC

- 59** Jornada técnica sobre Medianas y Márgenes, por **Sandro Rocci.**



Simposios y Congresos

- 63** Aportaciones para la Mejora del Trazado de las Carreteras y la Seguridad Vial fruto del 4º Simposio Internacional de Diseño Geométrico de Carreteras, por **Alfredo García García.**



Actividades de la ATC

- 70** Reunión del Comité Técnico de Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico.
- 72** Fomento informa/Noticias

COMENTARIOS: 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.

Como a ti,
nos gustan
los
momentos
felices.

www.projar.es



Nosotros buscamos la mejor solución.
Tú reduces el impacto de tus obras. Ellos lo disfrutan.

projar
Estamos aquí.

Soluciones integrales en Restauración Ambiental, Viverismo y Jardinería Profesional

Sobre la crisis

Si las crisis dan lugar a oportunidades es posible que la que padecemos, cuyo final no se vislumbra, proporcione la posibilidad de asentar la economía sobre bases más sólidas.

La escasez de recursos debe aguzar el ingenio, pero sobre todo debe acostumbrarnos a emprender acciones con criterio realista, ponderando los fines y los medios disponibles, olvidándonos de voluntarismos, sin hipotecar el futuro y primando la buena administración, que debe mirar tanto al bienestar actual de los ciudadanos como al venidero.

Si todo ello propicia un cambio de mentalidad, sea bienvenido. Porque quizás haya llegado el momento en que esos criterios de austeridad y eficacia deben primar frente a gastos más o menos necesarios (quizá convenientes en algunos casos si hubiese recursos), las inversiones verdaderamente imprescindibles, como son las de mantenimiento y conservación de las infraestructuras y, en nuestro caso, el capítulo de conservación del patrimonio viario, y todavía más específicamente en el nuestro la atención y conservación de las redes locales de carreteras.

Hemos estado en estos últimos años instalados en un desarrollo al que le ha faltado ponderación y análisis, contaminado por múltiples intereses: políticos, económicos en el peor sentido, electoralísticos, especulativamente empresariales, y por tanto falsamente empresariales.

A todo esto ha venido a golpear la crisis; a una situación de falsa riqueza propiciada por las ayudas europeas y por un endeudamiento que se ha descubierto que tenía los pies de barro. Ahora es el momento, pues, de volver a la economía real; olvidar dispendios que por otra parte son imposibles; y poner el principal acento, aparte de las cuestiones sociales más perentorias, en la conservación de la riqueza patrimonial de los servicios públicos, que permitan y sostengan una actividad económica que debe mejorar en términos sostenibles.

Las carreteras locales suponen un patrimonio viario que puede cifrarse en 20 000 millones de euros; una estimación sobre unos 70 000 km de tipología muy variada. Las carreteras locales, se ha dicho muchas veces, constituyen una red capilar, alternativa o complementaria, que da acceso en su primer escalón a gran número de municipios, partidas rurales o parajes de interés; proporciona acceso a la totalidad del territorio; fija la población; permite actividades económicas, agrícolas, forestales, de pequeñas industrias o turísticas. Su tráfico constituye la apreciable cifra del 10% del total. Sin embargo estos pasados años, no sólo la inversión en mejoras de estas vías no se ha acompasado a la mejora de otras redes viarias superiores, empeorando su situación comparativa; sino que incluso su conservación (por eso que la conservación "no vende") ha sido deficiente. Si admitimos que los presupuestos deseables de conservación pueden suponer un 2% del valor patrimonial, deducimos que las cifras para la atención de las redes locales para evitar su deterioro (ya que luego sería más cara su reparación) alcanzaría la cifra de 400 millones de euros al año. Si comparamos esta cifra con el

vértigo millonario de gastos de las distintas administraciones, comprobaremos que no son significativas. Estos años pasados las cifras reales aplicadas no han llegado ni a la tercera parte, en una política inversora más propia de buscar relumbrón que de una sociedad madura.

No olvidemos además que las infraestructuras deben ser seguras, ante todo y por encima de todo, ocupando la mejora de la seguridad una parte fundamental de la gestión de las redes provinciales de las carreteras. Es conocida la existencia de una relación directa entre la inversión en conservación ordinaria y la mejora de la seguridad vial de las carreteras. Por tanto, cualquier planteamiento de ahorro en la conservación conllevaría una situación inasumible de deterioro de los índices de seguridad, que no serían ni entendidos, ni compartidos, ni asumidos por los usuarios ni por la sociedad.

Una de las características básicas de la conservación de carreteras es que ésta debe realizarse de una forma sistemática; no de forma aislada, sino de forma estructurada y continua, alejándose de planteamientos de impulsos y paradas bruscas.

A todo ello añadamos la deuda histórica que viene soportando la conservación de carreteras, que tiene su origen en el fuerte ritmo inversor en construcción de los últimos años, que ha generado que no se dedique en estos años el mínimo necesario para las operaciones de conservación ordinaria y extraordinaria: lo que hace que nos encontremos con una situación de la red con un riesgo real de degradación del uso de las infraestructuras.

Trabajar con los actuales presupuestos destinados a conservación en las redes provinciales es una labor de optimización en la ejecución de dar una "puntada a tiempo", reconociendo que en muchos momentos ni tan siquiera se puede llegar a ello. Por ello no sólo consideramos inapropiado cualquier planteamiento que se base en una disminución de los recursos destinados a la conservación; sino que, por el contrario, abogamos por su incremento, dentro de las posibilidades existentes en el contexto económico que nos imbuye.

También es significativo el incremento de las demandas de los usuarios sobre la calidad del servicio que reciben de las diversas Administraciones de carreteras. Hoy difícilmente se justifica que un temporal de nieve pueda motivar el cierre de un tramo de carretera, ni se concibe la existencia de un bache en el pavimento de una carretera, ni que una incidencia no sea señalizada de forma rápida y eficiente. Con lo que cualquier disminución de recursos haría necesario adecuar la oferta a la demanda creciente de los usuarios.

Desde el Comité de Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico de la ATC se está llevando a cabo una encuesta que perfile la situación económica, técnica y organizativa de las redes locales de carreteras, en aras a su conocimiento real y sus posibilidades de mejora. En cualquier caso se pretende cargarse de razón para conseguir que los presupuestos necesarios de conservación no falten en estas horas difíciles. ■

Nacido en Madrid el 20 de enero de 1.975, Francisco de Borja Carabante es Licenciado en Ciencias Económicas por la Universidad Complutense de Madrid y Máster en Dirección Económico Financiera. Diputado Autonómico desde el año 2003 al 2008, en septiembre de 2009 fue nombrado Director General de Carreteras de la Comunidad de Madrid.

Entrevista a

D. Francisco de Borja Carabante Muntada, Director General de Carreteras de la Comunidad de Madrid

¿Qué supuso para usted este nombramiento y cuáles son los objetivos que se ha marcado?

Este nombramiento supuso una enorme satisfacción y, al mismo tiempo, la asunción de una gran responsabilidad, ya que se trata de un puesto de mucha relevancia, porque permite llevar a cabo políticas que mejoran el nivel y la calidad de vida de los ciudadanos.

Los objetivos son los que marcó el Consejero en su día y que yo comparto plenamente, desde que

asumí el cargo. Son dos principalmente: el primero, mejorar la movilidad de los usuarios de la carretera en un entorno de libertad con infraestructuras adecuadas, para que pueda elegir libremente entre el uso del coche privado o utilizar el transporte público; y un segundo, aún más importante, que es el de reducir la siniestralidad en la carretera y mejorar la seguridad vial.

¿Cómo se estructura su Departamento?

La Dirección General de Carreteras se estructura en dos subdi-

recciones: una de ellas relacionada con la planificación y la explotación de la red viaria que, a su vez, se divide en tres áreas responsables de la planificación, de la explotación y de las concesiones; y otra subdirección, que también se divide en tres áreas: proyectos, construcción y mantenimiento y conservación de carreteras.

¿Con qué presupuesto cuenta para este año y cómo se desglosa?

El presupuesto de esta Dirección para 2010 asciende a 316 millones



Mejorar la movilidad de los usuarios de la carretera en un entorno de libertad, con infraestructuras adecuadas para que se pueda elegir libremente entre el uso del coche privado o utilizar el transporte público; y reducir la siniestralidad en la carretera son los objetivos principales de su Dirección.

de euros. De esa cantidad 110 millones se destinan a construcción de carreteras y 62 millones de euros para conservación. El resto a todo lo que es gasto ordinario, y, una parte muy importante, al pago de las concesiones de peajes en sombra.

En estos tiempos de crisis en los que estamos, no podemos dejar de preguntarle ¿de qué forma ha afectado o va a afectar a su departamento?

El escenario es lógicamente de ajuste presupuestario. Ya en el año pasado, esta Dirección tuvo una reducción significativa, porque entendimos que había proyectos que aún no se había puesto en marcha y que podían esperar.

Sin embargo, lo que sí hemos tenido siempre claro es que todo lo relativo a la seguridad vial es lo que no se puede posponer. Se retrasaron aquellas actuaciones que no eran imprescindibles y que podían esperar y se redujo el presupuesto de construcción de obra nueva, manteniendo el de conservación que es el que más directamente incide sobre la seguridad vial. Por ello, se han tenido que reestructurar y redefinir los compromisos y las prioridades, siguiendo

el criterio de realizar todo lo que se considere imprescindible.

Por lo que me está diciendo, la Comunidad de Madrid adelantó su ajuste presupuestario con respecto a otras Administraciones.....

Nos adelantamos al menos en dos ejecuciones presupuestarias, lo que nos obligó a redefinir todas las actuaciones previstas e hizo posible reducir en un 28% el presupuesto del año anterior, una reducción muy importante. De hecho, también en los años 2008 y 2009 habíamos analizado las actuaciones y redefinido nuestro plan de ejecuciones, ajustando sus presupuestos.

En definitiva, en este año vamos a finalizar gran parte de nuestros compromisos de Legislatura, pero vamos a retrasar otros, debido a las circunstancias económicas actuales.

¿Qué obras destacaría de las recientemente finalizadas?

Yo destacaría fundamentalmente todas las que tienen que ver con la seguridad vial, como las mejoras de intersecciones, accesos y travessías, para lo que estamos haciendo un esfuerzo importante que muchas veces, al tratarse de peque-

ñas inversiones, no adquieren la relevancia informativa que tiene la construcción de obra nueva. Sin embargo, también tenemos grandes obras y proyectos, como la duplicación de la M-100, entre la R-2 y la A-2, cuyo coste alcanzará los 30 millones de euros; o la nueva M-224, entre Torre de la Alameda y Alcalá de Henares, así como nuevas variantes de población como la de Valdelaguna o la de Villar del Olmo. Son obras que están en marcha y muchas de ellas las vamos a poner en servicio entre finales de este año y el primer trimestre del año que viene.

En nuestro anterior acercamiento a esta Comunidad, a través de la entrevista a su Consejero responsable de infraestructuras, éste nos habló de una serie de compromisos en esta materia para el periodo 2007 - 2011 y de un montante total de 4 200 millones de euros para infraestructuras. ¿Nos puede hacer un balance de ello?

Teniendo en cuenta lo antedicho sobre el escenario económico, yo creo que ha ido relativamente bien, puesto que, aunque se han retrasado algunas actuaciones, se

han puesto en marcha y se han acabado obras de gran interés para la Comunidad. Además, en ningún momento hemos llegado al nivel de la Administración del Estado, que ha rescindido 44 contratos que ya estaban adjudicados. Por ello, mi valoración es positiva, y eso ha permitido que tengamos ahora unas infraestructuras mejores que hace 4 años. Como digo, se han tenido que reducir el presupuesto de 2010 y se tendrá que reducir el de 2011, pero no se ha dejado de hacer ni se dejará de hacer lo que sea imprescindible. Además, hay que tener en cuenta que algunos proyectos estaban un tanto sobredimensionados, fruto de una etapa de sol-

más importancia. ¿Es así? ¿Qué actuaciones destacaría en este tema?

Como siempre y perdone la reincidencia, todas las relacionadas con la seguridad vial, como las comentadas con anterioridad relativas a la mejora de accesos, travesías, intersecciones.

Como ejemplos de estas actuaciones se pueden citar el próximo inicio de la mejora de las travesías de Los Molinos y de Aldea del Fresno que, aunque van a disponer de una pequeña inversión en comparación con la construcción de obra nueva, va a suponer una actuación de alta eficacia social al mejorar la seguridad de todos los usuarios de la carretera.

¿Qué es la Estrategia de Seguridad Vial Integral para motoristas?

En su día se firmó un pacto por parte de la Presidenta de la Comunidad de Madrid con varias asociaciones de motoristas en el que se contempló una serie de compromisos. Quisimos que esas asociaciones fueran partícipes en la mejora de la seguridad vial para este tipo de usuarios. Por un lado, consistía en la mejora de las infraestructuras y en la incorporación de los sistemas de contención para motoristas en los puntos más conflictivos. Pero, por otro lado, como queríamos que se hiciera bien y no sólo desde el punto de vista técnico, quisimos que también fueran los propios



La fotografía corresponde a la inauguración de las obras de rehabilitación del firme realizada en la M-610, desde la A-1 (La Cabrera) a la M-611 (Miraflores de la Sierra), por la localidad de Bustarviejo.

vencia económica, que en estos momentos hemos tenido que reajustar, ajuste que, por otra parte y en lo relativo a algunos proyectos, incluso resultará beneficioso para la Comunidad de Madrid.

Por todo lo antedicho y dado que la red viaria ha mejorado sensiblemente gracias a la construcción de obra nueva, ahora nos encontramos en unos momentos en los que, parece ser, la construcción va a pasar a segundo plano, y es la conservación la que va a cobrar

Y también, dentro de este tema, se puede citar la reciente inauguración del acceso a la M-601, en Becerril de la Sierra, que se ha resuelto con una gran eficacia ya que era un punto muy conflictivo, especialmente en época estival. Y todo esto se suma a las campañas anuales de asfaltado. Todas estas actuaciones, de pequeña cuantía económica, suponen la solución a problemas de siniestralidad muy graves. No merecerán mucha atención informativa, pero su eficacia es incuestionable.

usuarios de estas asociaciones los que participaran en ello. Dicho de otra forma, queríamos ser auditados por los propios motoristas, y que éstos analizaran este sistema, que opinaran sobre su necesidad y sobre su ubicación. Todo ello creo que ha dado como fruto un balance muy positivo.

También, al realizar este trabajo quisimos concienciar a los más jóvenes, puesto que este es el sector potencialmente con más riesgo y decidimos hacer unas campañas de concienciación, en colaboración



En el año 2011, la Comunidad de Madrid será la primera Comunidad Autónoma de España en tener toda la red de carreteras adaptada para la seguridad de los motoristas.

con estas asociaciones de motoristas, en los institutos de la Comunidad de Madrid. Y, aún más, elaboramos una normativa de instalación de estos sistemas de protección, no sólo para los puntos conflictivos sino también para toda la Red de Carreteras dependientes de la Comunidad, y que estas asociaciones colaboraran con nosotros; y así, en función de unos lógicos parámetros técnicos, redactaran con nosotros esta normativa de obligado cumplimiento.

De hecho, creo que estos sistemas ya se han implantado en toda la red principal de la Comunidad.

Así es, somos la primera Comunidad de España que ha instalado en toda su red principal estos sistemas de protección para motoristas y que ha supuesto un esfuerzo muy importante tanto técnico como de mantenimiento; y, para el año que viene, tenemos previsto acabar con su instalación en toda la red secundaria. De esta forma, en el 2011 seremos la primera Comunidad de España en tener toda la red de carreteras adaptada para la seguridad de los motoristas.

Todo esto habrá supuesto una mejora de la siniestralidad para este tipo de usuarios.

Aunque ha habido un notable incremento en el número de vehículos y usuarios, los datos nos confirman una sensible disminución tanto de la siniestralidad como en la mortalidad de los usuarios.

Además, creo que esta labor lleva consigo una asunción de responsabilidad por parte de los usuarios.

Tuvimos muy claro que queríamos que ellos formaran parte de todo esto y asumieran el compromiso de decirnos dónde se debían ubicar estos sistemas, con los condicionantes técnicos que hemos mencionado, ya que tampoco se podían instalar de cualquier manera y en cualquier sitio. Creo que ha sido un ejemplo de buena colaboración y de corresponsabilidad, con un objetivo común como es el de la disminución de la siniestralidad en este sector de usuarios.

¿Qué importancia tiene o qué objetivos persigue la nueva señalética de la Comunidad de Madrid?

Con esta medida perseguimos identificar nuestras carreteras para que no haya confusión, que el usuario tenga constancia de que esa infraestructura por la que circula es competencia de la Comu-

nidad de Madrid y que ésta es responsable tanto de lo bueno como de lo malo, tanto si tiene problemas de firme como si se trata de una carretera bien conservada. Y esto va acompañado de una auditoría de la señalización. Estamos revisando toda la señalización de nuestra red de carreteras en lo que se refiere a los itinerarios, porque es verdad que, cuando uno va con el coche, puede tener dudas, y por eso hemos contratado una asistencia técnica para que realice esa auditoría que nos va a decir no sólo si está bien señalizado el itinerario, sino también si existen otros problemas de señalización.

Aunque estamos en verano, este invierno pasado ha sido especialmente duro para nuestras carreteras. ¿De qué forma ha respondido la Comunidad en el tema de vialidad invernal?

Ha sido un año muy difícil y mucha gente no recuerda un año tan duro, especialmente en horas diurnas, ya que en invierno es bastante normal que se produzcan nevadas por la noche, especialmente en pueblos de la sierra. Pero este año, incluso en la capital, se han producido una serie de nevadas que han exigido notables



La disposición previa de los recursos necesarios y el conocimiento de cuándo se iban a producir las nevadas, junto a un personal totalmente entregado y unos medios adecuados, han hecho posible que no se hayan producido problemas graves de vialidad invernal.

esfuerzos, especialmente al personal encargado de esta labor y del que me siento muy orgulloso por sus constantes esfuerzos y desvelos.

En cuanto a su incidencia, y excepto en lugares y momentos muy puntuales, creo que la Comunidad de Madrid ha respondido muy bien. La prevención ha sido fundamental, pues al disponer previamente de los recursos necesarios y saber cuándo se iban a producir estas nevadas, junto a un personal totalmente entregado y unos medios adecuados, se puede afirmar que no ha habido problemas graves de vialidad invernal, excepto, como digo, en momentos y lugares puntuales. Situaciones lógicas, por otra parte, debido a la ubicación de ciertas localidades. Además, y esto también lo quiero subrayar, se va comprobando cómo el usuario cada vez es más consciente y comprensivo con estos problemas y sabe reconocer dónde está el límite de nuestras actuaciones.

Quiere decir que los usuarios están demostrando un alto grado de madurez.

Por supuesto. Creo que cada vez comprenden mejor las situaciones

y son más comprensivos con las circunstancias, algo que realmente hay que agradecer.

Hoy en día cada vez es más difícil ejecutar obra nueva o conservarla dependiendo exclusivamente de las aportaciones presupuestarias. La Comunidad de Madrid ha utilizado sistemas de colaboración público-privada en obras como la M-45, el Metro Ligero o en los Intercambiadores. ¿Cuál es el momento de esta colaboración en el sector de la carretera?

Madrid fue pionera en materia de colaboración público-privada en carreteras al construir la primera vía de peaje en sombra como lo fue la M-45. Un sistema de peaje en sombra mediante el cual el concesionario construye, conserva y explota la vía, y al que anualmente se le paga una subvención por vehículo que circula. En ese sentido fuimos pioneros y por ahí va la futura línea de actuación. Además, en estos momentos también tenemos como ejemplos de esta colaboración público-privada y de peaje en sombra la M-501 y la M-407, y con unos resultados muy buenos. Todo el mundo sabe que la M-45 se construyó en un plazo ré-

cord, y que si se hubiera construido a expensas de la financiación pública exclusivamente, probablemente aún no la hubiéramos podido construir.

Con el peaje en sombra gana la empresa ya que tiene negocio, gana la Administración porque pone en servicio una obra que difícilmente hubiera podido realizar con la única financiación del dinero público, y gana el usuario porque disfruta de sus ventajas, de su comodidad, de su seguridad y de una significativa reducción de tiempo de recorrido.

Finalmente y tras agradecer su atención, le preguntamos a D. Francisco de Borja Carabante si desea añadir algo más.

Tan sólo subrayar una vez más que la Comunidad de Madrid está comprometida con la seguridad vial, dentro de un marco de libre elección del modo de transporte por parte del usuario, para que pueda optar libremente por un transporte público, que es de los mejores del mundo, o bien por una carretera que cumpla con las exigencias de seguridad, comodidad en la conducción y de ahorro en los tiempos de recorrido que demanda nuestra Sociedad. ■

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

Desarrollo y aplicaciones de un nuevo Laboratorio Móvil de Tráfico



portamiento de los conductores que circulan por las vías. Este efecto, que siempre hay que tratar de minimizar, es inferior al que puede tener lugar si se emplea una metodología de grabación de vídeos desde la propia vía.

A partir de los vídeos se pueden obtener tanto los parámetros del tráfico, como la evolución individualizada de los vehículos o peatones, así como medidas de la conflictividad del tráfico.

El Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras (GIIC) del Departamento de Transportes de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) ha desarrollado un Laboratorio Móvil de Tráfico que posibilita la grabación de imágenes del tráfico desde una posición elevada. Con el Laboratorio Móvil de Tráfico, a diferencia de las grabaciones convencionales, se introduce como novedad la utilización de hasta 8 cámaras de vídeo digital, que permiten cubrir una zona más amplia y en diferentes direcciones. Asimismo, el Laboratorio Móvil de Tráfico cuenta con un único equipo de grabación, que toma los vídeos de manera sincronizada, garantizando de esta manera la referencia temporal entre ellos.

La incorporación de cámaras adicionales pretende mejorar la calidad de los vídeos obtenidos, de manera que puedan analizarse con mayor precisión un mayor número de maniobras, que quedaran grabadas de principio a fin en las distintas cámaras. Se logra, por tanto, una toma de datos más eficaz y precisa que la que se obtendría si se realizara con una única cámara. Del mismo modo, se ha desarrollado una aplicación informática que permite la restitución de las trayectorias seguidas por los vehículos basada en homologías cónicas.

Se describen a continuación las características del Laboratorio Móvil de Tráfico, las técnicas utilizadas pa-

Alfredo García García, Catedrático;
Mario A. Romero R., Doctor;
Ana Tsui Moreno Chou, Doctorando;
y **Carlos Llorca García**, Becario.
Departamento de Transportes.
Universidad Politécnica de Valencia.

Introducción y resumen

La grabación de vídeos en carreteras desde puntos situados en el exterior de la misma permite obtener imágenes reales del tráfico, con una influencia muy reducida, incluso inexistente, en el com-



Figura 1. Ejemplo de utilización del Laboratorio Móvil de Tráfico.

ra la restitución de maniobras y las aplicaciones posibles.

Palabras Clave: tráfico, vehículo, trayectoria, restitución, conflictividad, seguridad, peatón

Objetivos

El principal objetivo del desarrollo del Laboratorio Móvil de Tráfico es posibilitar la toma de datos en vías provocando la menor afeción posible a los conductores por medio de cámaras de vídeo desde una posición elevada. De esta manera, es posible la obtención de las trayectorias, velocidades y aceleraciones de los vehículos a partir de la restitución de las imágenes grabadas por medio de un programa de restitución.

Se pueden identificar como objetivos secundarios el desarrollo de un equipo de grabación de vídeos, dotado con varias cámaras digitales, que sea remolcable y emplazable en los márgenes de las vías; así como el desarrollo de una aplicación informática para el análisis de las imágenes tomadas por las cámaras de vídeo incorporadas en el Laboratorio Móvil de Tráfico.

Descripción

El Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras (GIIC) del Departamento de Transportes de la Universidad Politécnica de Valencia ha desarrollado un Laboratorio Móvil de Tráfico que permite la grabación si-

multánea del tráfico con hasta 8 cámaras de vídeo digital.

El Laboratorio Móvil de Tráfico se compone de una plataforma elevadora articulada a la que se le han instalado seis cámaras de vídeo en la parte superior junto con el sistema de grabación. La principal aplicación de la plataforma es la obtención de vídeos desde una posición elevada, de manera que se disponga de una mejor visibilidad sobre el área que se pretende grabar.

La ventaja que proporciona este Laboratorio Móvil de Tráfico, además de disponer de una altura elevada para la grabación, es la cantidad de cámaras instaladas en él. Las seis cámaras que pueden grabar desde lo alto de la plataforma elevadora proporcionan una buena visión de amplias zonas, al poder enfocar cada una de ellas a una parte distinta de la zona que se estudia, y con un ni-

vel de detalle propio en cada uno de los enfoques. Además, es posible conectar otras dos cámaras inalámbricas adicionales, de forma que se posibilita la grabación de imágenes desde otros dos puntos de vista adicionales.

Es necesario remarcar que, con anterioridad a la toma de vídeos en las vías públicas, se debe contar con los permisos de las autoridades competentes.

Para describir con mayor grado de detalle el equipo, se explicará la función de cada uno de sus componentes.

Plataforma

Es un remolque equipado con una plataforma elevadora articulada. Una vez estacionada y desplegados sus cuatro apoyos, puede elevarse hasta aproximadamente 12 metros.

Para ello, cuenta con un sistema hidráulico que mueve tres brazos y una canastilla, ubicada en la parte más alta. En la canastilla se instalan las seis cámaras domo y el equipo de grabación. La altura conseguida con la elevación de la cesta permite obtener una buena visibilidad del área que la rodea. Además, al contar la plataforma con distintos brazos metálicos, posee una gran flexibilidad de movimientos, para poder situar la canastilla en el punto más conveniente en función de la posición de la plataforma y las áreas a grabar.

La plataforma móvil dispone de un motor de gasolina empleado para el sistema hidráulico de elevación, y de



Figura 2. Plataforma elevadora en posición de transporte.

Rutas Técnica

un generador eléctrico para la alimentación de los equipos de grabación de vídeo. La plataforma puede ser controlada desde dos cuadros de mando que funcionan de manera alternativa, estando uno de ellos situado en la canastilla. Una vez situada la plataforma en su ubicación óptima, se estabiliza su posición por medio de los cuatro patas de apoyo. A partir de dicho punto, se eleva la canastilla controlando los brazos metálicos de la plataforma hasta la ubicación más conveniente de la misma considerando la colocación de las cámaras y el área objeto de la grabación.

Cuando es remolcada, la plataforma se encuentra totalmente plegada y acoplada a un vehículo tractor, y dispone de luces de freno.

Vehículo tractor

El vehículo a motor se emplea para remolcar la plataforma hasta el lugar en el que se lleva a cabo la toma de datos. Debido a aspectos de seguridad y para no requerir un permiso de conducción especial, debe tener un peso superior al de la plataforma, pero la suma de ambos vehículos (tractor y remolque) no debe superar los 3 500 kg. Todo ello limita las dimensiones, peso y potencia del vehículo.

Cámaras de vídeo

El Laboratorio Móvil de Tráfico cuenta con seis cámaras de vídeo como instaladas en la canastilla de la plataforma remolcable.

Las cámaras cuentan con un sistema de anclaje rápido a las barandillas de la canastilla, colgadas hacia el exterior de la misma para permitir la grabación de imágenes. Las seis cámaras como se distribuyen a lo largo de los tres lados exteriores (vistas en planta) de la canastilla. El cuarto lado es en el que la canastilla está unida al brazo articulado que la eleva y en el que se dispone de un segundo cuadro de mandos de la plataforma.

Cada uno de los tres lados libres de la cesta cuenta con dos cámaras de vídeo formando, por tanto, el total de seis. Las cámaras son de tipo domo que se emplean usualmente para seguridad y vigilancia en edifi-



Figura 3. Generador eléctrico del Laboratorio Móvil de Tráfico.



Figura 4. Cuadro de mandos del sistema hidráulico de elevación y estabilización.



Figura 5. Apoyo de la plataforma elevadora.

cios, y para control de tráfico, situándose encima de mástiles altos. La cámara puede moverse en dos ejes, uno vertical que puede girarla 360 grados y uno horizontal, que permite 90 grados de variación. Por este motivo todo el campo que pueden

abarcar está definido por la semiesfera de cristal que contiene la cámara. Además, están equipadas con zoom óptico de 18 aumentos. El empleo del zoom permite obtener imágenes a una distancia considerable de la plataforma elevadora.

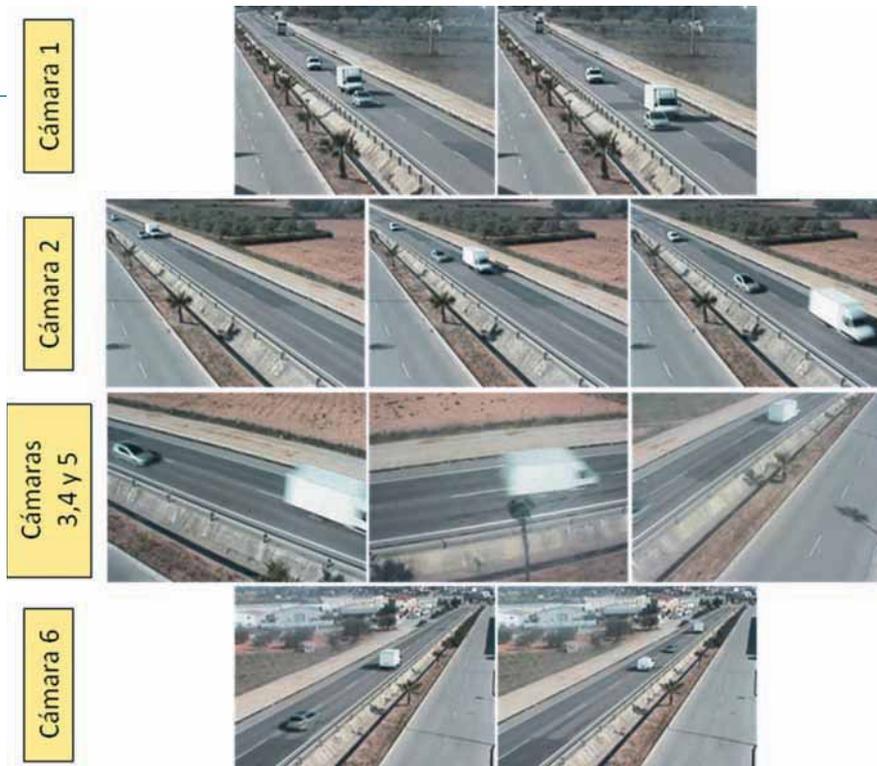


Figura 6. Maniobra de adelantamiento grabada con seis cámaras del Laboratorio Móvil de Tráfico.

Empleando correctamente la orientación y el nivel de zoom en las seis cámaras es posible obtener imágenes de zonas muy amplias, con diferente nivel de detalle en cada vídeo generado.

No obstante, hay casos en que un menor número de cámaras puede ser suficiente. En cada caso deben observarse las imágenes captadas por las cámaras en el momento de realizar la toma de datos para determinar cuántas son necesarias y cómo hay que ajustar cada una de ellas, así como la posición óptima de la plataforma remolcable, que debería variarse en caso de no obtener la perspectiva deseada. El enfoque de las cámaras se realiza en tiempo real mediante un ordenador portátil conectado a la red inalámbrica del equipo de grabación, que se describe a continuación.

Las especificaciones de las cámaras que proporciona su fabricante se resumen en la *tabla 1*.

| | |
|-----------------------|------------------------------------|
| Lente | f:4,1 ~ 73,8 mm |
| Ángulo de visión | De 2,8° a 48° |
| Sensor de visión | CCD Sony de resolución VGA 640x480 |
| Movimiento horizontal | 360° |
| Movimiento vertical | 90° |
| Zoom | 18x |
| Tasa de imágenes | 30 imágenes/s |

Tabla 1. Especificaciones de las cámaras del Laboratorio Móvil de Tráfico.

Además de las seis cámaras instaladas en lo alto de la plataforma, se dispone de dos cámaras inalámbricas que pueden instalarse sobre trípodes. Estas cámaras van equipadas con baterías propias y envían la señal de vídeo al sistema de grabación por medio de una red inalámbrica.

Las cámaras inalámbricas pueden emplearse para obtener, por ejemplo, datos de la velocidad de los vehículos, si se disponen perpendicularmente al eje de la carretera, o para grabar un ángulo distinto, que no puede ser captado por las cámaras situadas en la canastilla de la plataforma remolcable.

Sistema de grabación

El equipo de grabación está formado por un RAID (*Redundant Array of Independent Disks*) de discos du-

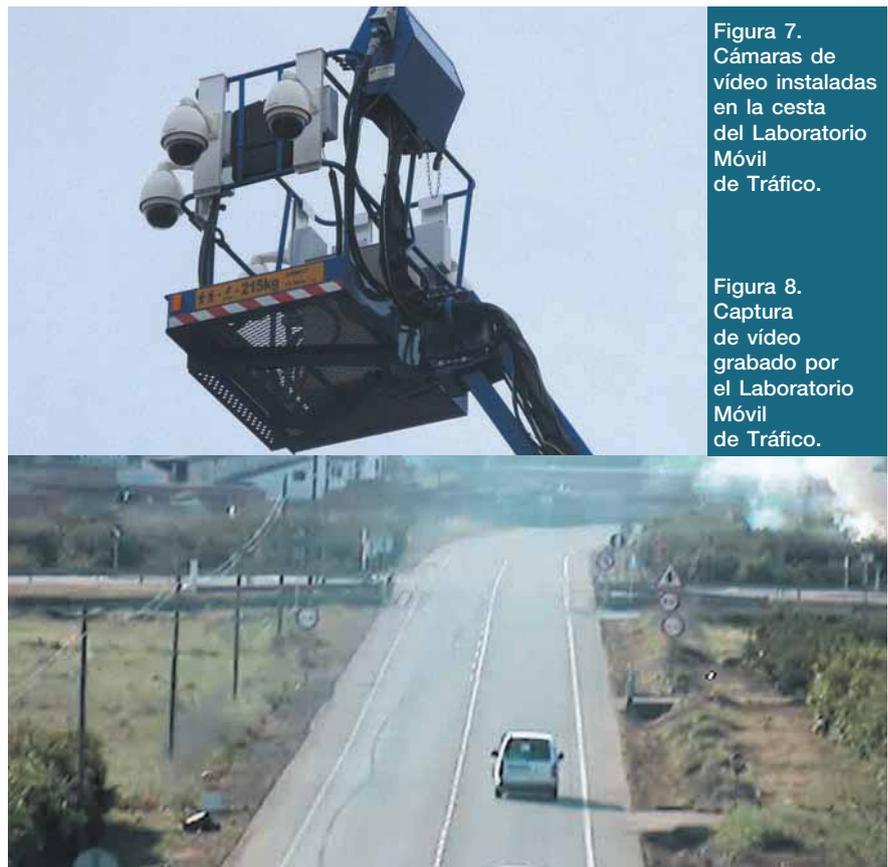


Figura 7. Cámaras de vídeo instaladas en la cesta del Laboratorio Móvil de Tráfico.

Figura 8. Captura de vídeo grabado por el Laboratorio Móvil de Tráfico.

ros de gran capacidad, para almacenar los vídeos que graban las cámaras. Además, cuenta con un *router* para conectar las distintas cámaras a los discos duros, y para generar una red inalámbrica a través de la cual, y mediante un ordenador portátil, es posible controlar todo el dis-

Rutas Técnica

positivo en tiempo real.

Ambos equipos, el RAID y el *router*, se encuentran dentro de un armario de fibra. Dicho armario se encarga, tanto de alojar estos elementos como de distribuir la energía y la red de datos a las cámaras.

Ordenador portátil

Mediante el ordenador portátil conectado a la red inalámbrica que genera el equipo de grabación es posible controlar todo el sistema. Cada una de las cámaras y el RAID se controlan por medio del explorador web, utilizando la dirección IP específica de cada una de las ocho cámaras con las que cuenta el Laboratorio Móvil de Tráfico, y una dirección para el control del evento de grabación.

Desde la página correspondiente a cada cámara es posible observar la vista grabada por ésta y ajustar la orientación y el enfoque deseado. Además, desde la página del propio sistema de grabación se escogen las cámaras que se desea que estén grabando, la duración de la grabación y otros parámetros de la misma.

Desde el ordenador se accede a cada una de las funciones por medio de una dirección IP que se puede consultar en cualquier navegador web.

En la *figura 10* se observa la página correspondiente a cada cámara, desde la cual es posible controlar la orientación y el enfoque de la misma. En la *figura 11* se muestra la página del equipo de grabación, en la que se configura la duración y momento de inicio de la grabación, así como el número de cámaras que van a estar grabando.

Por último, el sistema cuenta con un programa específico de reproducción de vídeos, en el que es posible ver simultáneamente las imágenes obtenidas con las distintas cámaras, así como ampliarlas, dividir las en partes más pequeñas, o extraer capturas de las mismas. El tiempo mostrado en este programa, representado por la hora de grabación o reproducción, es la referencia temporal a emplear en el resto del proceso de tratamiento de los vídeos.

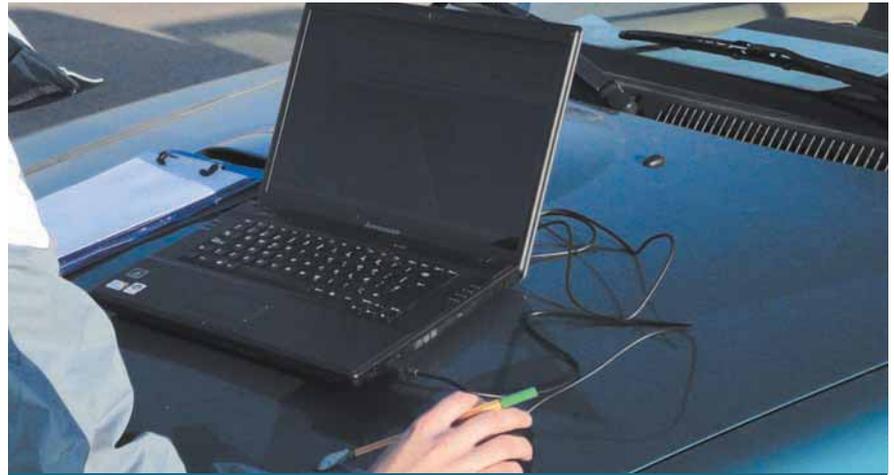


Figura 9. Configuración del sistema de grabación en la localización estudiada.

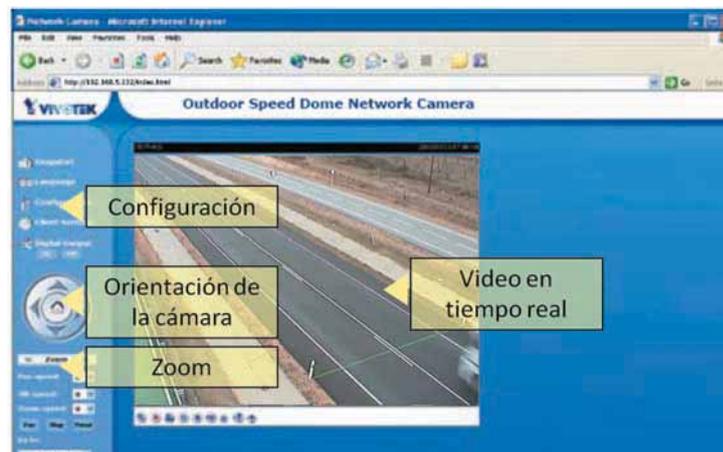


Figura 10. Página de control de las cámaras del Laboratorio Móvil de Tráfico.



Figura 11. Página de control del sistema de grabación.



Figura 12. Software de visualización del Laboratorio Móvil de Tráfico.

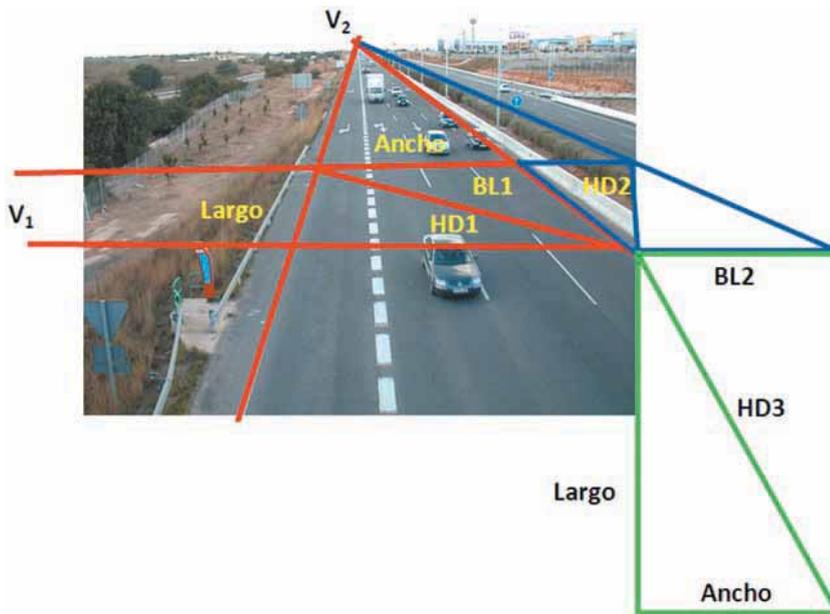


Figura 13. Homologías utilizadas en el programa.

Restitución de maniobras

Una vez realizadas las grabaciones de vídeo se procesan, por medio de una aplicación informática desarrollada por el Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras, empleando técnicas de restitución de perspectiva cónicas por medio de una doble homología.

A continuación se describen las técnicas utilizadas para restituir la posición de los vehículos, para calcular sus parámetros cinemáticos y las técnicas utilizadas para facilitar esta labor.

Restitución de la posición de los vehículos

La restitución utilizando perspectiva cónica permite la reconstrucción a escala de la planta y el alzado de un objeto con la ayuda del conocimiento de su forma y de alguna de sus medidas, mediante las relaciones de homología existentes entre una figura plana y su perspectiva.

Los fotogramas obtenidos a partir del vídeo, serán perspectivas de cuadro inclinado, con tres direcciones principales de fuga, donde, para hacer la restitución, se convierte el trapecoide correspondiente al tramo de vía en un rectángulo, a través de dos homologías consecutivas, sin necesidad de calcular el centro de la homología, sino a partir de dos medidas de la planta (ancho y largo).

Para realizar la restitución, mediante el empleo de esta técnica de do-

blemente, las marcas viales, cuyas medidas y distancias se determinan previamente *in situ*.

Como se observa en la figura 13, en la primera homología se convierte el trapecoide de la imagen en un trapecio. En la segunda homología este trapecio se convierte en un rectángulo de dimensiones conocidas.

Para realizar el procedimiento de la doble homología, es necesario en primer lugar determinar los puntos de referencia. A continuación se determinan los puntos de fuga (V_1 y V_2) encontrando la intersección de las líneas de referencia.

Posteriormente, con las dimensio-

| Línea | Desde | Hasta | Característica | Encontrar intersección con | Define nuevo punto |
|-------|-------|-------|---------------------|----------------------------|--------------------|
| L1 | V2 | P | | BL1 | P1 |
| L2 | P1 | | Paralela a BL2 | HD2 | P2 |
| L3 | V1 | P2 | | BL2 | P3 |
| L4 | P3 | | Perpendicular a BL2 | HD3 | P4 |
| L5 | V1 | P | | HD1 | P5 |
| L6 | V2 | P5 | | BL1 | P6 |
| L7 | P6 | | Paralela a BL2 | | P7 |
| L8 | V1 | P7 | | BL2 | P8 |

Tabla 2. Restitución de puntos.

ble homología, es necesario definir únicamente 4 puntos de referencia. No obstante, con el fin de aumentar la precisión es posible definir un número mayor de puntos, al igual que en el caso de realizar una restitución de una vía con cambio de pendiente.

Como sistema de referencia para la restitución se utilizan, principal-

nes de la vía, se construyen las líneas de base de las dos homologías (BL_1 y BL_2), así como las tres diagonales homológicas (HD_1 , HD_2 y HD_3) como se observa en la figura 13.

El procedimiento para obtener las coordenadas reales de un punto en la imagen se resume en la tabla 2 y la figura 14.

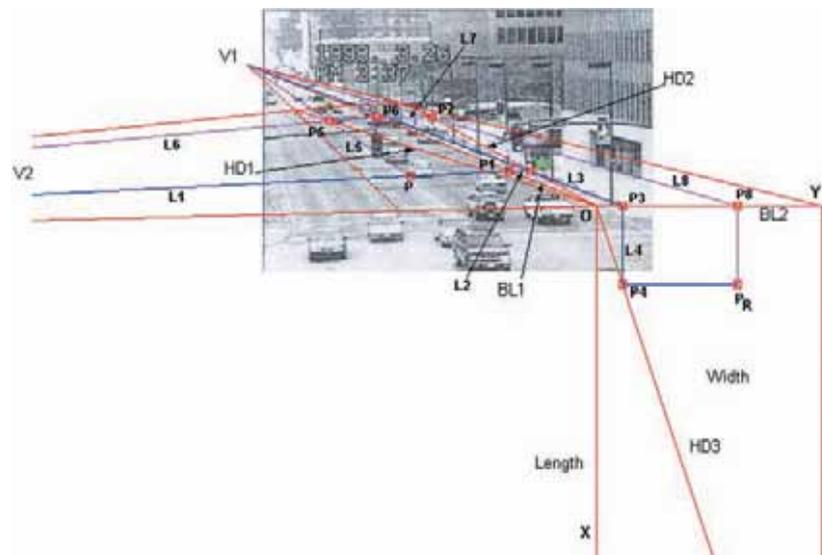


Figura 14. Restitución gráfica.

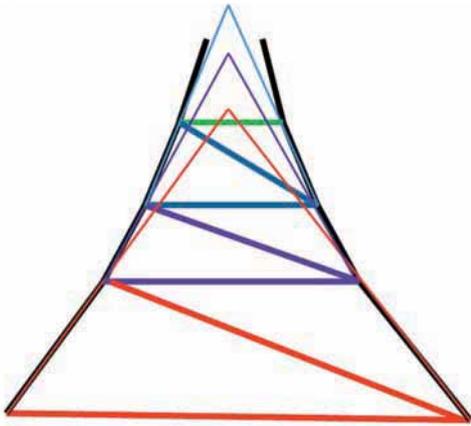


Figura 15. Homologías para cambio de pendiente de la vía.

Para el caso en el que la vía tiene cambios de pendiente, y teniendo en cuenta que las homologías están dadas para una figura plana, se hace una aproximación de la sección de la vía a planos sucesivos, de forma que pueda aplicarse las homologías con el mínimo de error, como se muestra en la figura 15.

El programa fue diseñado para permitir el trabajo con varios vídeos de manera simultánea, referenciando cada uno de ellos al mismo punto como eje de coordenadas (figura 16).

Cálculo de parámetros cinemáticos de los vehículos

Las mediciones de tiempos se toman a partir de los vídeos y con ellas se calcula la velocidad de los vehículos, sus aceleraciones y deceleraciones.

Una vez conocida la posición de los vehículos en cada cuadro del vídeo, al restituir su posición en cada uno de ellos, se puede calcular su velocidad y su aceleración relacionando dichas posiciones con el tiempo transcurrido en el vídeo (García y Romero, 2009).

Se utilizan las siguientes ecuaciones para el cálculo de derivadas de la posición respecto al tiempo. Estas ecuaciones coinciden con el cálculo de la recta de mejor ajuste de tres puntos. La ecuación (1) corresponde al cálculo de la velocidad y la ecuación (2) a la aceleración.

A continuación se presenta, de forma gráfica, los resultados obteni-



Figura 16. Sistema de referencia para los vídeos.

$$f'(x) = \frac{f'(x + \Delta) - f'(x - \Delta)}{2 \cdot \Delta} \quad (1)$$

$$f''(x) = \frac{f'(x + \Delta) - f'(x - \Delta)}{2 \cdot \Delta} = \frac{f'(x + 2 \cdot \Delta) - 2 \cdot f'(x) + f'(x - 2 \cdot \Delta))}{4 \cdot \Delta^2} \quad (2)$$

dos de la aplicación informática para dos vehículos. En la figura 17 se observa la posición tanto longitudinal, PK, como transversal, Pt, de los vehículos. Además se ha representado la escala temporal de dichas posiciones.

Se puede observar en la figura 18 la variación de velocidad de los ve-

hículos en función de su posición. Al igual que en la figura 17, se presenta una escala temporal.

Aplicaciones

El Laboratorio Móvil de Tráfico se ha utilizado en diferentes proyectos de investigación, pero sus aplicacio-

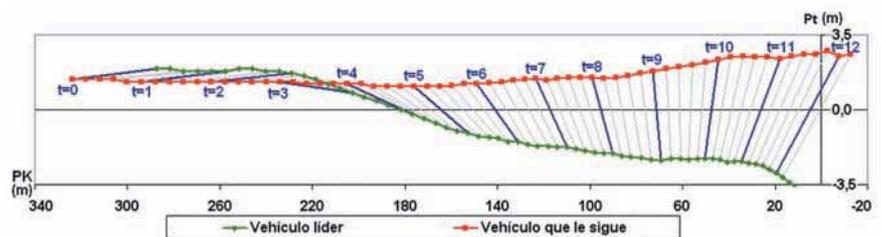


Figura 17. Evolución de dos vehículos.

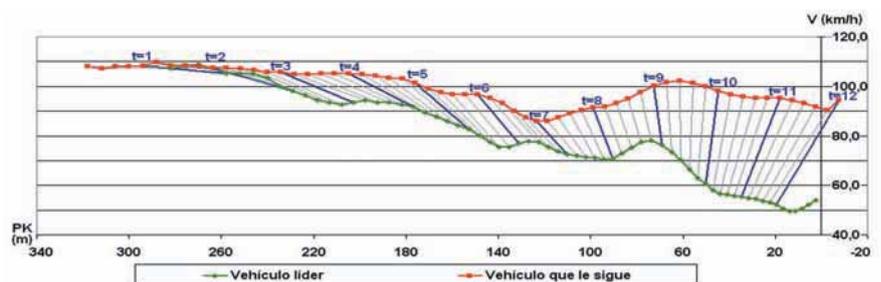


Figura 18. Variación de la velocidad de los vehículos.

nes van más allá de dicho ámbito, pues se ha demostrado su utilidad en el ámbito profesional.

Dentro de los proyectos de investigación destaca la utilización, hasta el momento, del Laboratorio Móvil de Tráfico en:

- La evaluación de las maniobras de adelantamiento en vías convencionales. El Laboratorio Móvil de Tráfico se está empleando para caracterizar tanto la trayectoria como las velocidades de los vehículos adelantante, adelantado y opuesto, en diferentes tramos de carreteras convencionales en los que es posible el adelantamiento. En base a los resultados de este estudio se propone la calibración de un modelo de distancia de adelantamiento.

- Estudio de la conflictividad peatonal ante la utilización de diferentes elementos moderadores del tráfico (Cafiso *et al.*, 2010). Las imágenes proporcionadas por el Laboratorio Móvil de Tráfico se han empleado para evaluar la conflictividad en los pasos de peatones en la travesía de Bélgida, en la provincia de Valencia. En dicha travesía se configuraron en dos localizaciones diferentes elementos moderadores de tráfico, evaluando en cada caso la conflictividad peatonal a partir de las velocidades desarrolladas por los vehículos en los pasos de peatones con presencia de un peatón. Mediante los datos proporcionados por el Laboratorio Móvil de Tráfico se desarrolló un Indicador de Conflictividad Pevalonal (PRI).

- Estudio del comportamiento de los conductores en el paso por *chicanes*. En la misma travesía de Bélgida (Valencia), se implantó como puerta de entrada una *chicane*, con diferentes geometrías que fueron evaluadas por medio de las imágenes tomadas con el Laboratorio Móvil de Tráfico y tratadas con la aplicación informática de restitución de trayectorias. Gracias a estos datos, se obtuvieron conclusiones sobre la influencia del diseño geométrico de las *chicanes* en el comportamiento

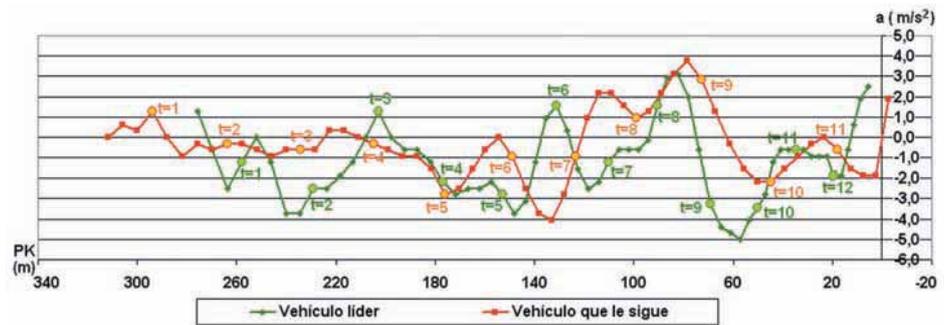


Figura 19. Variación de la aceleración de los vehículos.

de los conductores (Soria *et al.*, 2010).

- Evaluación de los nuevos elementos moderadores de la velocidad *Speed Kidney*. Dentro del proyecto de investigación “Metodología para el diseño e implantación de sistemas de moderación de tráfico (MODETRA)”, se ha llevado a cabo el desarrollo geométrico y tecnológico de un nuevo dispositivo moderador de tráfico denominado *Speed Kidney*. En el desarrollo tecnológico del dispositivo se han empleado los datos proporcionados por el Laboratorio Móvil de Tráfico para la calibración de las características geométricas de los diferentes elementos implementados en una pista de pruebas en Puzol (Valencia). Asimismo, se ha utilizado para evaluar las trayectorias y velocidades desarrolladas por los conductores a su paso por el *Speed Kidney* construido en una calle de la UPV. (García *et al.*, 2010).

Asimismo, las técnicas de restitución de perspectivas cónicas han sido utilizadas para:

- Modelo de diseño de la longitud de los carriles de deceleración paralelos, basado en el desarrollo y la aplicación de un indicador de la conflictividad de las maniobras de salida (Romero y García, 2010). La utilidad de la aplicación de restitución de trayectorias basada en perspectivas cónicas en este estudio radica en la evaluación de la conflictividad en los carriles de deceleración de tipo paralelo a partir de la caracterización de la trayectoria y velocidad de los vehículos implicados en los posibles conflictos.

- REVEL - Una Metodología para

la Revisión de los Límites de Velocidad. La aplicación de restitución de trayectorias se empleó para el cálculo de velocidades puntuales en un tramo de carretera convencional, validando la metodología propuesta en dicha investigación (Pérez *et al.*, 2010).

- Estudio de las distancias de seguridad en autovías para el desarrollo de un modelo de seguimiento de vehículos y cambios de carril. La utilidad de la herramienta informática en este estudio radica en la evaluación de la conflictividad entre los vehículos que realizan maniobras de cambio de carril en autopistas y autovías. Asimismo, se está evaluando la conflictividad en el seguimiento de vehículos.

En los estudios mencionados se destaca la utilización del Laboratorio Móvil de Tráfico para:

- Caracterizar las trayectorias de los vehículos.
- Medición de velocidades tanto puntuales como a lo largo de un tramo.
- Medición de aceleraciones y deceleraciones de los vehículos.
- Medición de márgenes de seguridad entre los vehículos y diferentes elementos de la vía.
- Análisis de la conflictividad peatonal y vehicular en diferentes situaciones, aplicando las Técnicas de Conflictos de Tráfico.
- Realización de aforos direccionales en glorietas u otras intersecciones y enlaces.

Adicionalmente, el Laboratorio Móvil de Tráfico, está preparado para la realización de aforos direccionales automáticos en intersecciones o en ro-



Utilización del Laboratorio Móvil de Tráfico en entorno urbano.

tondas y en general para la realización de estudios de tráfico de detalle.

Conclusiones

El Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras ha desarrollado un Laboratorio Móvil de Tráfico que permite la grabación de imágenes desde una posición elevada con el encuadre y enfoque que el usuario desee en tiempo real.

Este Laboratorio Móvil de Tráfico está compuesto por una plataforma elevadora, seis cámaras domo, dos cámaras inalámbricas, un sistema de grabación, un vehículo tractor y un ordenador portátil. La grabación de vídeos se controla en tiempo real mediante la conexión inalámbrica entre el ordenador portátil y el sistema de grabación, pudiendo variar tanto el encuadre como el enfoque de cada una de las cámaras que compone el sistema.

Este equipo permite obtener datos de tráfico sin invadir la calzada y sin influir en gran medida en el comportamiento de los conductores. Se ha validado y se ha demostrado su utilidad en un gran número de investigaciones, como el desarrollo de un modelo de distancia de adelantamiento, el desarrollo de un mode-

lo de diseño de la longitud de los carriles de deceleración paralelos, la evaluación de la conflictividad peatonal en los pasos de peatones, o el desarrollo tecnológico de un nuevo moderador de tráfico, aunque su aplicación no se limita únicamente al campo de la investigación. El Laboratorio Móvil de Tráfico puede ser empleado tanto por investigadores como por profesionales para hallar trayectorias, velocidades y aceleraciones de los vehículos en un tramo de vía, lo cual es útil para múltiples aplicaciones desde el seguimiento de vehículos hasta la verificación del cumplimiento de las limitaciones de velocidad o realización de aforos direccionales en las intersecciones.

Agradecimientos

El desarrollo del Laboratorio Móvil de Tráfico ha sido posible gracias a la subvención del CEDEX del Ministerio de Fomento, con Referencia PT-2007-052-23/APM.

Referencias

Cafiso, S., García, A., Cavarra, R., y Romero, M.A. (2010). Pedestrian Crossing Safety Improvements: Before and After Study using Traffic Conflict Techniques, 4th International

Symposium on Highway Geometric Design. Valencia, junio de 2010.

García, A. y Romero, M. A. (2009). Discussion of Video-Capture-Based Approach to Extract Multiple Vehicular Trajectory Data for Traffic Modeling by Heng Wei, Chuen Feng, Eric Meyer, and Joe Lee, *Journal of Transportation Engineering*, 2009, pp 149-150. Marzo 2009

García, A., Moreno, A.T. y Romero, M.A. (2010). Funcionalidad del Speed Kidney, un nuevo dispositivo moderador de la velocidad, XVI Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito y Transporte y Logística. Lisboa, julio 2010.

Pérez, A.M., García, A., Camacho, F.J., y D'Attoma, P. (2010). Use of GPS data to model operating speed and deceleration on two-lane rural roads, 89th TRB Annual Meeting. Washington D.C., enero 2010.

Romero, M.A. y García, A. (2010). Deceleration Lane Length Evaluation based on a New Conflict Indicator, 4th International Symposium on Highway Geometric Design. Valencia, junio de 2010.

Soria, F., García, A. y Romero, M.A. (2010). La chicane como puerta de entrada a travesía en carreteras en servicio, IX Congreso de Ingeniería del Transporte – CIT 2010. Madrid, julio de 2010. ■



Reconocimientos especiales del estado de cimentaciones en puentes

Álvaro Navareño Rojo.

Dirección General de Carreteras.

Ministerio de Fomento.

Resumen

Resulta necesario conocer el estado de conservación de los puentes al objeto de optimizar la gestión de las infraestructuras. En la Red de Carreteras del Estado existen más de 25 000 obras de paso de diversas edades, tipologías y materiales, lo que origina gran complejidad en su gestión. Las cimentaciones han sido tradicionalmente el “talón de aquiles” de muchos puentes. Su emplazamiento y la falta de visibilidad provoca fallos poco previsibles, de este modo se hace muy necesario obtener información de las mismas y caracterizarlas en función

de su importancia y situación o exposición. El reconocimiento de las cimentaciones se basa, lógicamente, en el análisis del terreno de cimentación, mediante ensayos tipificados, y en el estudio de la estructura de cimentación, mediante inspecciones visuales de distinta intensidad y frecuencia (básicas o rutinarias, principales y especiales), así como en ensayos de caracterización.

Palabras clave: Conservación, gestión, sistema de gestión, inspección, cimiento, puente, cauce.

1. Introducción

El desarrollo alcanzado en el sistema viario correspondiente a la Red de Carreteras del Estado ha permitido asistir en los últimos años a un cambio de mentalidad: **no basta con**

construir nuevas obras sino que es igualmente necesario atender a la conservación de lo ya construido.

Esta lógica preocupación por la conservación es debida por una parte a la necesidad de la propia Administración, como titular de dicho patrimonio, de llevar a cabo una buena gestión, ya que **el coste de una reparación cuando se ha alcanzado un nivel de daño es muy superior al que origina una actuación preventiva, y por otra, a los requerimientos de los usuarios, que cada vez exigen una mayor calidad de la infraestructura viaria.**

Sin embargo, el mantenimiento de este tipo de obras debe preverse con antelación; y ya desde la fase de proyecto de un puente pueden facilitarse enormemente las tareas precisas y necesarias para su conservación.

Para conservar un patrimonio es necesario conocerlo. Este conocimiento debe abarcar tanto la definición de sus elementos como el estado en que se encuentran. El análisis de ambos permite una mejora de los trabajos necesarios para la conservación de las obras de paso de una Red de carreteras, ya que gracias a la información que se obtiene de ellos es posible estudiar su comportamiento, así como las consecuentes propuestas de actuación. En lo que respecta a las cimentaciones de las obras de paso, resulta especialmente importante conocer el estado en que se encuentran, ya que son elementos de los que dependen la seguridad y funcionalidad de toda la estructura, y cuyas patologías son a veces poco visibles lo cual provoca que la capacidad de diagnóstico y respuesta tenga que ser muy eficaz e inmediata.

En este marco se inscribe este artículo, que pretende únicamente exponer resumidamente, en el ámbito de las cimentaciones de puentes, cuáles son los principales reconocimientos que se realizan para determinar su estado de conservación. Reconocimientos que comprenden tanto la parte correspondiente al terreno como la parte estructural, aspecto éste complejo de sistematizar y de programar ya que suelen ser zonas poco accesibles, que convierten este tipo de trabajos en altamente específicos y especializados.

Para concluir, sólo queda destacar la importancia de este tipo de estudios, ya que la experiencia demuestra que los principales problemas en puentes se producen por fallos en las cimentaciones, difícilmente predecibles si no se planifican y programan este tipo de reconocimientos.

2. Sistema de gestión de obras de paso

En la Red de Carreteras del Estado existen más de 25 000 obras de paso, de las que el 66% tienen uno o más vanos con luces iguales o superiores a 10 m, es decir, son las que se denominan técnicamente "puentes". Este importante patrimonio unido a su

| | | | | | | | | |
|--|---|--|-----------------------------------|---|---|-----------|---------------|-----------|
| <input type="checkbox"/> Cama de nivelación en clave | | | | | | | | |
| APOYOS | Continuo / no continuo | Nº apoyos | Rótula | Rodillo | Casquete | Anclado | Zunchado | |
| Articulación en arranques / riñón. | | | | | | | | |
| Línea dorsal | | | | | | | | |
| Línea frontal | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Cama de nivelación en arranques / riñones | | | | | | | | |
| 2.3 Cimentación: | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Arranques del Arco | | | | | | | | |
| | <input type="checkbox"/> Superficial | <input type="checkbox"/> Zapata <input type="checkbox"/> Losa <input type="checkbox"/> Viga <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/> Sin determinar | <input type="checkbox"/> Profunda | <input type="checkbox"/> Pilotes <input type="checkbox"/> Pantallas <input type="checkbox"/> Cajones hincados <input type="checkbox"/> Pozos <input type="checkbox"/> Recintos tablestacados <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/> Sin determinar | | | | |
| | <input type="checkbox"/> Sin determinar | | | | | | | |
| 2.4 Materiales: | | | | | | | | |
| MATERIALES | Anillos | Ariostramiento entre anillos | Otros | Cama de nivelación en clave | Cama de nivelación en arranques/riñones | Refuerzos | Revestimiento | Arranques |
| Sillería | | | | | | | | |
| Mampostería | | | | | | | | |
| Fábrica de ladrillo | | | | | | | | |
| Fábrica de bloques | | | | | | | | |
| Hormigón en masa | | | | | | | | |
| Hormigón armado | | | | | | | | |
| Hormigón pretensado | | | | | | | | |

"Detalle ficha de inventario en el aspecto de cimentaciones".

diversidad, ya que se compone de obras de paso de edad, tipología, luces y cimentaciones y materiales empleados en su construcción muy variados, origina una complejidad en la gestión de su conservación.

Por todo ello resulta conveniente tener conocimiento actualizado del estado de conservación de los puentes, al objeto de optimizar la gestión de las infraestructuras: ya que la decisión de reparar una obra de paso deteriorada no debe tomarse, en general, desde la perspectiva aislada de una estructura, sino desde la perspectiva general del conjunto de la Red en las mejores condiciones de utilización y seguridad.

En lo que se refiere a los distintos tipos de cimentaciones existentes en los puentes de la red, se diferencia fundamentalmente entre cimentación profunda y superficial, siendo éste un primer filtro importante de cara a la gestión de su mantenimiento.

Desde 1999 la Dirección General de Carreteras, originariamente mediante la asistencia técnica de la empresa Torroja Oficina Técnica, posteriormente con la asistencia de la UTE Geocisa e Ines Ingenieros y actualmente con la empresa Geocisa, ha implantado un Sistema de Gestión de las obras de paso de la Red de Carreteras del Estado, incorporando, coordinando y sistematizando actua-

ciones que venían desarrollándose con anterioridad, e introduciendo otras nuevas de forma que responda a las necesidades actuales de calidad en la infraestructura. Este sistema se desarrolla, básicamente, a partir de:

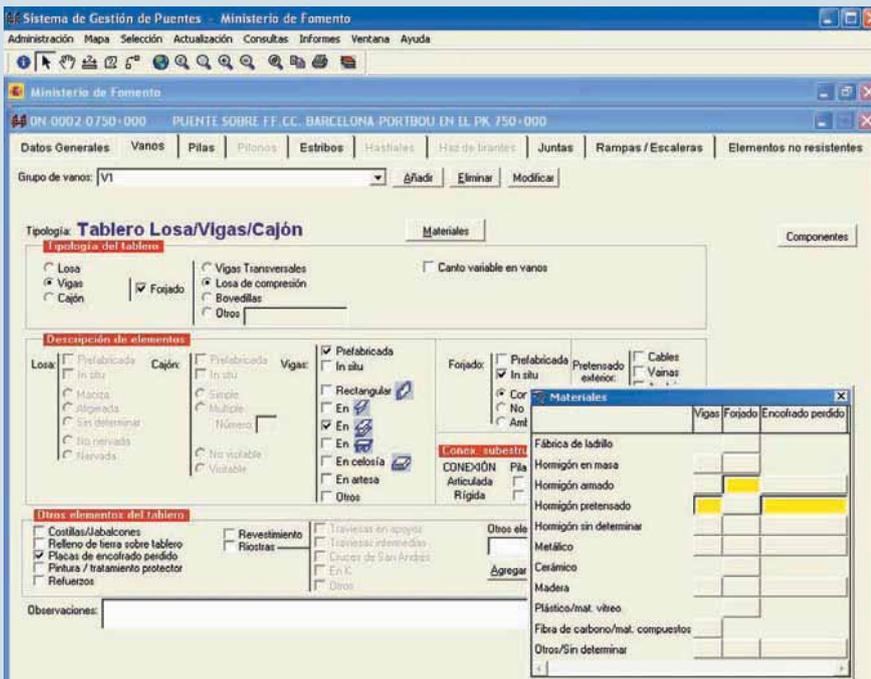
- El Inventario de las estructuras que conforman la Red.

- La realización sistemática de inspecciones a las obras de paso, las cuales tienen tres niveles de estudio diferenciados:

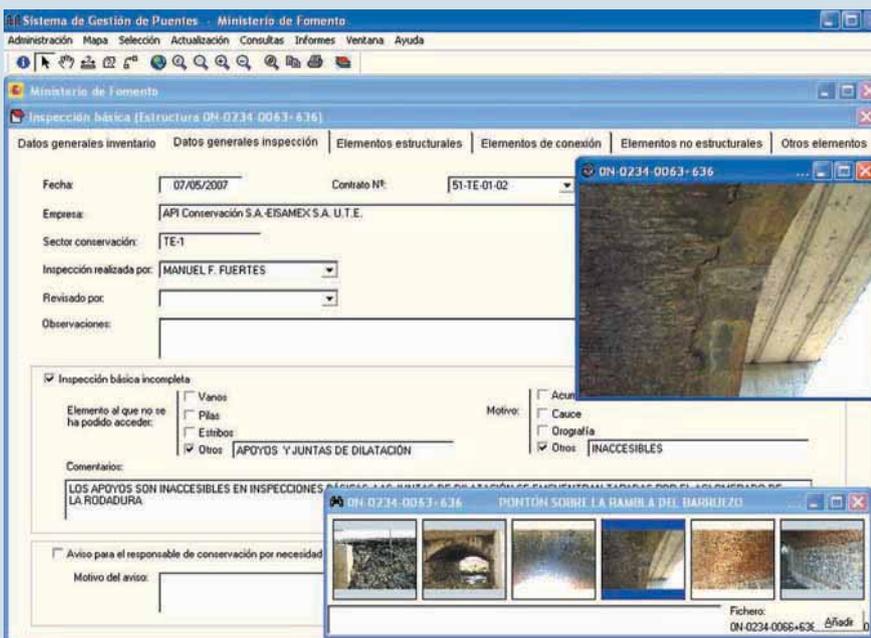
*Inspecciones Básicas (o Rutinarias),
Inspecciones Principales,
Inspecciones Especiales.*

- La evaluación sistematizada de los deterioros de los elementos de una estructura, para lo cual se ha elaborado un catálogo exhaustivo de deterioros posibles, así como de sus causas probables, que ayuda al personal encargado de la Inspección Principal a caracterizar de forma inequívoca los deterioros detectados. Además se dan los criterios para determinar la importancia de los daños detectados. Esta cuantificación es relativamente objetiva y permite establecer correlaciones con otras estructuras deterioradas, de cara al establecimiento de un orden de prioridades.

- La estimación del estado de las obras de paso se obtiene asignándoles un índice de estado, que se obtiene a partir de los siguientes pará-



Visualización de una de las pantallas del programa SGP Actual (2009). "Módulo de Inventario: Datos de Identificación-Tipología de tablero".



Visualización de una de las pantallas del programa SGP Actual (2009). "Módulo de Inspección: Datos Generales".

metros evaluados para cada daño: la extensión del daño (refleja si el daño afecta a una mayor o menor parte del elemento), la gravedad (indica la intensidad/grado del daño en el elemento, reflejando la imposibilidad del elemento dañado de ejercer su función) y la evolución (refleja la posibilidad de que el daño se desarrolle con mayor o menor rapidez).

■ El establecimiento de prioridades de reparación, ponderando a su vez

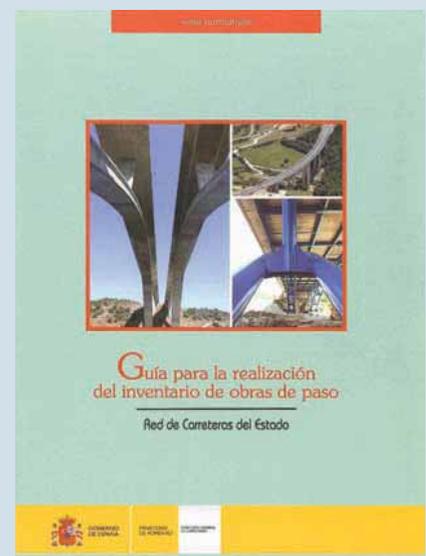
los índices de estado mediante factores que tienen en cuenta la seguridad, la funcionalidad, el tráfico, la importancia del itinerario donde está ubicada la estructura, la posibilidad de itinerarios alternativos, el valor patrimonial o histórico, etc.

■ El control y seguimiento de los programas de actuación. Este punto es el último en enumerarse y resulta un aspecto fundamental en la gestión en tanto que sirve para verificar, cali-

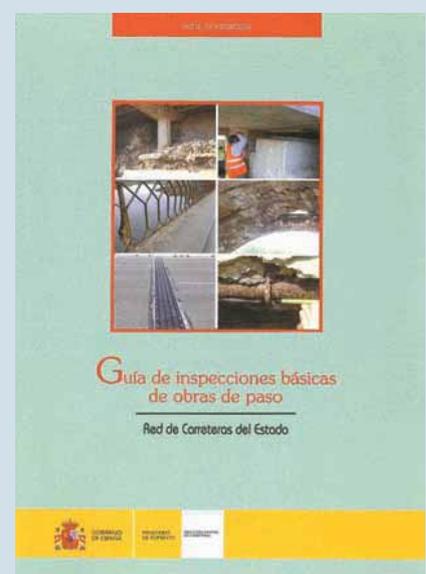
brar y determinar la eficacia de las actuaciones realizadas y su correcta elección y planificación.

Por último, comentar que el Ministerio ha publicado a comienzos de 2010 dos guías didácticas con el objetivo de hacer más intuitivas algunas de las tareas incluidas en el Sistema de Gestión de obras de paso implementado en la Dirección General de Carreteras:

- *Guía para la realización del inventario de obras de paso*, que contempla el desarrollo y ejecución del Inventario de las estructuras existentes en la RCE.



- *Guía de inspecciones básicas de obras de paso*, que sirve de referencia y guía en el desarrollo de los trabajos encaminados a la realización de Inspecciones Básicas en las estructuras de la RCE.



3. Reconocimientos de estado - Inspección de la cimentación

En las inspecciones de las obras de paso que se llevan a cabo en la Dirección General de Carreteras, en el marco del Sistema de Gestión implantado, y según la definición que de ellas se realiza en el documento "Inspecciones principales de puentes de carretera" publicado en marzo de 1988 por el Servicio de Puentes y Estructuras, se establecen distintos niveles de inspección que se diferencian en su intensidad, frecuencia y medios humanos y materiales empleados. Estos son: Inspecciones básicas (o rutinarias), principales y especiales.

Veremos fundamentalmente qué incidencia tiene cada una de estas inspecciones en el reconocimiento específico de la estructura de cimentación, desde un nivel somero de estudio hasta llegar finalmente a un nivel avanzado de su caracterización completa, cuando una patología se ha manifestado en un cimiento de cierta magnitud.

A continuación, en primer lugar y como no podía ser de otra manera, expondremos sucintamente cuáles son los reconocimientos más frecuentes del terreno de cimentación, que sin duda constituyen un paso imprescindible para caracterizarlo cuando se han detectado anomalías en el mismo. En general resulta un tema tratado en diversas publicaciones; sin embargo, hemos seguido el mismo enfoque que aparece en la reciente publicación "Cimentaciones de fábrica en puentes", elaborado dentro del Grupo de trabajo de "Puentes de fábrica" perteneciente al Comité de Puentes de la ATC.

3.1. Reconocimientos del terreno de cimentación

3.1.1. Geología y cartografía de la zona de obra

La cartografía y geología generales básicas de la zona de estudio se obtendrá a partir de los mapas del Instituto Geográfico Nacional, Mapa Geológico de España, así como de los elaborados por las Comunidades Autónomas, o de publicaciones similares,

para posteriormente realizar *in situ* una cartografía en detalle a la escala requerida. La cartografía geológica en detalle del emplazamiento e incluso la elaboración de un perfil litológico bajo la obra, debe realizarse a una escala tal que puedan diferenciarse los distintos afloramientos de materiales existentes, sobre los que se sitúa el puente, para lo cual una escala adecuada sería en torno a 1:1 000 en horizontal, aunque puede variar según el detalle que se quiera reflejar en la cartografía y, consecuentemente, en el perfil longitudinal a lo largo del puente.

3.1.2. Técnicas de reconocimiento del terreno

■ **Sondeos mecánicos con extracción continua de testigo y toma de muestras inalteradas y ensayos SPT:** En principio, será suficiente con realizar un sondeo en el entorno del centro de las pilas y siempre en el emplazamiento de los estribos. El método más utilizado es el de perforación a rotación, con extracción continua de testigo, con diámetros de la misma entre 65 mm y 150 mm, que permita obtener muestras inalteradas a percusión, y ejecución de ensayos SPT, alternando ambos cada cierta profundidad (normalmente 2 m) o también, con la toma de muestra inalterada seguida del ensayo SPT (cada 3 m). En general, se opta por la toma de muestras inalteradas en suelos cohesivos y la ejecución de ensayos SPT en suelos esencialmente granulares. En los casos en que la consistencia del terreno impida la hincada de las muestras, se debe proceder a parafinar parte del testigo obtenido directamente de la perforación. Estas decisiones las debe tomar el técnico que supervisa los trabajos. En cuanto a la longitud de perforación de los sondeos, al menos se debe alcanzar una profundidad del orden de 10 m bajo la cota de apoyo de la cimentación. Si la misma se realiza en suelos, el sondeo debería finalizar una vez alcanzado un terreno de compacidad alta; como criterio inicial, habitualmente se da por finalizado el sondeo cuando se obtiene resultado de rechazo en los tres

últimos ensayos SPT. Si, por el contrario, se llega a alcanzar roca, se recomienda que el sondeo penetre en ella al menos 5 m y, en cualquier caso, nunca menos de 3 m. (Las profundidades propuestas contemplan recabar la información suficiente para la realización de un posterior recalce, si fuera necesario.) En relación con los ensayos a realizar en laboratorio sobre las muestras extraídas en los sondeos, los más generales y comunes en caso de muestras de suelos, son siempre los necesarios para determinar:

- a) la identificación o naturaleza del terreno (granulométricos y de plasticidad);
- b) las condiciones de estado (densidad y humedad);
- c) resistencia (compresión simple en muestras de naturaleza cohesiva).

Si se trata también de conocer con más detalle la deformabilidad del terreno bajo la cimentación, aunque no suele ser frecuente, se recurre en el laboratorio a los ensayos edométricos para determinar asentamientos y consolidación bajo carga, los de colapso para valorar la posibilidad de que una cimentación pueda sufrir asentamientos bruscos o rápidos debidos a inundación o presencia de agua, y finalmente ensayos como la determinación de la presión de hinchamiento y el hinchamiento libre para conocer el potencial expansivo o capacidad de un suelo arcilloso de modificar su volumen frente a cambios en su contenido de humedad. Dado que se trata de cimentaciones de puentes existentes, en general será necesario investigar la capacidad del terreno de apoyo en situaciones de incremento de carga sobre la cimentación o posible fallo de ésta. Los datos realmente imprescindibles entonces son la definición de los niveles de terreno y sus características resistentes: presión admisible en zapatas y resistencias unitarias en punta y fuste en caso de recalces con micropilotes, parámetros que pueden cuantificarse a partir de los reconocimientos *in situ* y de ensayos habituales en laboratorio. En muestras de roca, el ensayo normal para trabajos de



Inspección de la cimentación de un ensanche.

este tipo determina únicamente la resistencia a compresión simple, aunque no se debe descartar ampliar la información mediante ensayos de rotura del tipo *point-load*, corte directo o de compresión triaxial.

■ **Ensayos de penetración dinámica:** Si el recubrimiento de suelos se estima mayor de 3-4 m, suele ser eficaz completar el reconocimiento con ensayos de penetración dinámica. Proporcionan un buen indicador de la variación en forma continua de la compactación de un suelo con la profundidad, mostrando el espesor de los suelos o rellenos superficiales, capas blandas intermedias, techo de formaciones duras o de roca y siempre es un complemento de la información obtenida en sondeos mecánicos. El penetrómetro dinámico, de forma similar al SPT que se realiza de forma puntual en los sondeos, transmite al terreno la fuerza necesaria para introducir una puntaza mediante la caída de una maza desde una determinada altura. En el ensayo se contabiliza el número de golpes necesarios para avanzar 20 cm. Con ello se obtiene un registro continuo del golpeo con la profundidad.

■ **Calicatas:** Si, por el contrario, el recubrimiento de suelo se estima escaso, parte de los sondeos podrá sustituirse por calicatas junto a la cimentación, lo que permitirá reconocer su morfología. Consisten en excavaciones de formas diversas, (pozos, zanjas, rozas, etc) realizadas mediante medios mecánicos convencionales,

que permiten la observación directa del terreno a cierta profundidad, así como la toma de muestras y la realización de ensayos in situ.

Este tipo de excavaciones presentan las siguientes limitaciones:

- La profundidad del reconocimiento ronda los 4 metros.
- Los terrenos han de ser excavables con medios mecánicos.
- Ausencia de nivel freático o, al menos, aportaciones de agua moderada en terrenos de baja permeabilidad.
- Ausencia de instalaciones, conducciones y servicios afectados.
- No causar problemas de apoyo para cimentaciones futuras o próximas.

■ **Prospecciones geofísicas:** En ocasiones se obtiene una buena información de la situación del techo del sustrato rocoso utilizando, en sustitución de catas y penetraciones dinámicas, la prospección geofísica. Son ensayos esencialmente cualitativos que permiten completar la información geológica y la obtenida en los sondeos mecánicos. Entre los principales métodos cabe distinguir los siguientes:

- Métodos eléctricos (tomografía eléctrica). Se basan en la medición de la resistividad de los diferentes niveles de terreno. Son adecuados para detectar niveles freáticos.
- Métodos sísmicos (tomografía sísmica). En ellos se mide la velocidad de propagación de ondas producidas por un impulso provocado artificialmente. Dicha velocidad depende prin-

cialmente del módulo de elasticidad del terreno. Permiten diferenciar distintos tipos de terreno (en las dos primeras capas), su grado de ripabilidad, identificando también la situación del techo del sustrato rocoso bajo capas de suelos.

En terrenos de cimentación en los que se considere necesario obtener datos más específicos de comportamiento tanto resistente como de deformabilidad, pueden realizarse otros reconocimientos menos frecuentes como son:

■ **Ensayos de penetración estática con o sin registro de presiones intersticiales, CPTU y CPT respectivamente.** Es un reconocimiento óptimo en suelos blandos tanto cohesivos como granulares finos. Consiste en la hinca continua a presión de una punta cónica, midiendo directamente el esfuerzo necesario para la penetración del cono y el rozamiento lateral. La ventaja de este ensayo, al margen de que sus resultados deben contrastarse con los sondeos con extracción de testigo, reside en la diferenciación bastante precisa de capas de distinto comportamiento geotécnico, especialmente en niveles drenantes que aceleren procesos de consolidación bajo carga. Con los datos que se obtienen de estos ensayos, pueden correlacionarse otros como densidad relativa, ángulo de rozamiento, parámetros de deformabilidad, resistencia a licuefacción, resistencia al corte, resistencias unitarias de punta y fuste, coeficientes de consolidación, etc.

■ **Ensayos presiométricos.** En los ensayos presiométricos se aplica a la profundidad requerida una presión radial sobre el taladro de la perforación, midiendo las deformaciones producidas. Es, por tanto, un ensayo de carga - deformación. Con el mismo se obtiene una curva que relaciona la presión aplicada y la deformación, y permite obtener parámetros geotécnicos, principalmente, módulos de deformación, presión límite, correlaciones con la presión admisible, etc.

3.2. Reconocimientos de la estructura de cimentación

3.2.1. Búsqueda de la documen-

tación existente

La búsqueda de datos de proyecto u otros documentos relacionados con la estructura a estudiar y, en este caso, con las cimentaciones, constituye la primera fase del "reconocimiento". Si recurrir a la documentación que existe es imprescindible al enfrentarse a un problema relacionado con estructuras existentes, aún lo es más en el caso particular del estudio de la cimentación debido a la dificultad que supone su reconocimiento e inspección.

Entre los datos a considerar resultan de especial interés los siguientes:

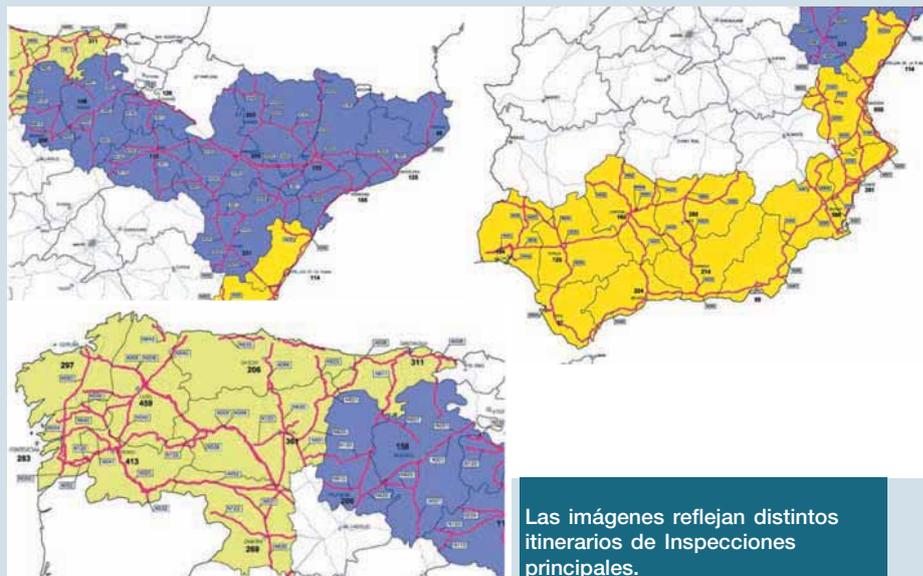
- Planos de las cimentaciones.
- Cálculos estructurales.
- Información relativa al proceso de ejecución.
- Datos geológicos y geotécnicos.
- Datos hidráulicos relativos a los cauces, en el caso de obras cimentadas en cursos de agua.

Debe realizarse un análisis crítico de los documentos que se encuentren. Para comprobar aquellos datos que se consideren dudosos será necesario recurrir a la ayuda de técnicas de reconocimiento como campañas de campo o inspecciones visuales.

3.2.2. Inspecciones básicas o rutinarias

Definición y normativa

Las inspecciones básicas (o rutinarias) son efectuadas por las personas encargadas de la conservación de la carretera con la misma frecuencia que se realizan labores de vigilancia en ella. Su objetivo es hacer un buen seguimiento del estado de las estructuras, para detectar lo antes posible fallos aparentes que podrían originar gastos importantes de conservación o reparación si no son corregidos a tiempo. Para ello se reconocen las distintas partes de la obra de paso, su estado de conservación y la evolución de los posibles deterioros. *En este sentido, debemos remitirnos a lo dispuesto en la "Guía de inspecciones básicas de obras de paso" que es conforme además con la NOTA de SERVICIO de marzo de 2007 sobre "Inspecciones de Nivel Básico en Obras de Fábrica" donde se deter-*



mina la periodicidad (15 meses) de este tipo de inspecciones y se define la ficha tipo de elementos que inspeccionar.

Como consecuencia de ellas se emprenden, en general, operaciones de conservación ordinaria; pero también puede surgir la necesidad de otro tipo de inspección más detallada o de realizar actuaciones de conservación extraordinaria, reparación o incluso rehabilitación.

Medios necesarios

Actualmente, las labores de inspección básica de las obras de fábrica de la Red se incluyen dentro de los Contratos de Conservación Integral, o bien se realizan por personal adscrito a las Unidades de Conservación.

Metodología

Desde el punto de vista de las cimentaciones las inspecciones básicas deberán contemplar, al menos, los siguientes aspectos:

Cimentación: erosiones y socavaciones apreciables, colapsos, desmoronamientos, etc.

Es decir, suponen un reconocimiento muy somero del estado aparente del cimiento, pero con una frecuencia de 15 meses, para intentar detectar problemas graves producidos.

3.2.3. Inspecciones principales

Definición

Las inspecciones principales son aquellas que consisten en la obser-

vación minuciosa del estado de todos los elementos de la obra de paso. Son realizadas por personal especializado, aunque sin requerir la utilización de medios especiales. Para el desarrollo de la inspección se acotan cuatro zonas de la obra de paso: **cimiento**, subestructura, superestructura y equipamientos, distinguiendo en cada zona una serie de elementos cuyo deterioro puede alterar, en mayor o menor grado, el comportamiento funcional y estructural de la obra de paso. Aunque depende del tipo de obra de paso y sus antecedentes, estas inspecciones se realizan cada cinco años como media, a menos que sean solicitadas como consecuencia de una inspección rutinaria o un suceso accidental.

En general, de estas inspecciones surgen las necesidades de reparación que, en algunos casos, requieren una inspección especial para su proyecto, de acuerdo con los pasos posteriores del Sistema de Gestión de Obras de Paso.

Medios necesarios

Dentro de cada equipo de inspección, el personal deberá estar compuesto, al menos, por un equipo con un ingeniero de caminos, un ingeniero técnico de obras públicas y un auxiliar de campo.

Metodología

Antes de comenzar la Inspección Principal del puente, y tras un somero recorrido por el puente y su entor-

no, el jefe del equipo de inspección debe evaluar los riesgos y tener una visión de conjunto de la estructura y de su estado de conservación.

La Inspección Principal consiste en detectar los deterioros existentes en cada uno de los elementos de la estructura. Estos elementos deberán estar previamente registrados en la ficha de Inventario, de forma que exista una relación biunívoca entre el Inventario y la Conservación. Los diferentes elementos se encuentran organizados en el Inventario según unas fichas descriptivas de los vanos, pilas, estribos, juntas, etc., variables según la tipología de la estructura.

La inspección principal es una observación detallada de todos los elementos visibles del puente, que debe realizarse de una forma sistemática, para que no se produzcan ni errores ni omisiones. Para ello, una vez definidos los elementos constitutivos del puente, su inspección principal **se realizará siguiendo estas tres fases consecutivas:**

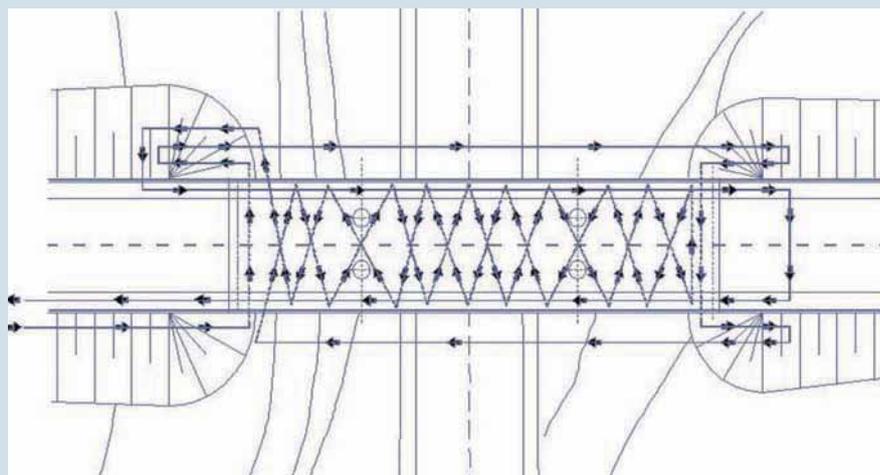
1. Inspección perimetral inferior de los paramentos verticales de estribos, parte visible de cimentación, y de las caras laterales del tablero.
2. Inspección en "zig-zag" desde debajo del tablero, de las pilas y cimientos visibles y de la cara inferior del mismo, en el siguiente orden (ver figura):
3. Y así sucesivamente hasta finalizar en el vano del tablero entre la pila P_n y el Estribo E2.

Realización del mismo itinerario anterior, pero en sentido inverso.

La inspección del cauce

Consistirá en la caracterización del cauce en una cierta distancia tanto aguas arriba de la obra de paso como aguas abajo, cuando se trate de puentes. En estos casos se rellenará la correspondiente ficha de inspección, con indicación de esvajes, existencia de barreras, geometría de cauce, etc.

La importancia de la inspección de una cimentación sometida a las acciones del cauce es prever adecuadamente cuáles serán los efectos del cauce sobre la misma, dada la acción



Croquis de metodología de Inspección Principal.

dinámica y evolutiva de éste, así como determinar la vulnerabilidad de la obra y de la cimentación.

Para estimar el riesgo en la interacción cauce-puente, el primer paso es la realización de una inspección que permita registrar las variables que pueden hacer vulnerable el puente en relación al cauce. Para ello se hace necesario estimar objetivamente el riesgo potencial de colapso del puente frente a una avenida extraordinaria, atendiendo a la hidráulica fluvial, basándose en parámetros geomorfológicos del cauce y en la propia hidráulica del puente. Indudablemente los grados de libertad y las incertidumbres que pueden recogerse de estos parámetros son elevados, por cuanto la propia dinámica del cauce no permite, como en el caso del puente, establecer criterios sistemáticos que otorguen exactitud en la inspección. Además, puede ser que en el momento de la inspección no se ha-

yan manifestado signos (socavaciones ligeras, leves descalses, depósitos de acarreo, ...) que puedan apuntar de forma evidente la existencia de riesgo. Esto lleva a considerar, en la evaluación del conjunto puente-cauce, los riesgos potenciales y no los riesgos certeros, gobernados por las relaciones cualitativas y cuantitativas entre todas las variables que se consideren.

En esta primera toma de contacto visual con el estado del puente se debe considerar una serie de datos realistas para la evaluación de su estado. Estos datos, están siendo revisados actualmente, en el ámbito de la gestión de los puentes, y con las asistencias técnicas de gestión, para optimizar la Ficha de Inspección de Cauces, de manera que con el mínimo número de parámetros pueda determinarse la vulnerabilidad de la obra y sus cimentaciones al cauce.

A modo de ejemplo exponemos una *ficha tipo de inspección de cauce*, que



Obra de paso pilotada.

Rutas Técnica

aparece en la página siguiente..

3.2.4.- Inspecciones especiales

Definición

Las Inspecciones Especiales se efectúan como consecuencia de situaciones singulares, producidas por las propias características o dimensiones de las estructuras (altura importante de pilas, obras de paso sobre cauces,...) o como resultado de una decisión tomada a la vista del informe de una Inspección Principal, en donde se aprecien deterioros de importancia cuyo estudio de patologías y posterior rehabilitación así lo requieran. Son inspecciones de detalle que necesariamente implican la presencia de técnicos y equipos especiales.

Medios necesarios

El personal encargado de las inspecciones especiales debe ser especialista en estructuras, y disponer de una serie de medios especiales como son: pasarela para inspección de puentes, grúa autopropulsada con cesta, plataforma elevadora, barca, buzos para inspección subacuática, equipos de desbroce, etc.

Metodología

Las Inspecciones Especiales contemplan un estudio previo de la obra de paso, al objeto de determinar los trabajos o investigaciones a realizar en relación con la misma, entre los que se encuentran:

1. El levantamiento de detalle de la geometría de la obra de paso.
2. El levantamiento de daños con la localización y caracterización precisa de cada uno de los deterioros existentes.

3. La realización de pruebas de carga de carácter estático o dinámico tendientes a determinar la capacidad portante de la estructura

4. CARACTERIZACIÓN DEL TERRENO DE CIMENTACIÓN:

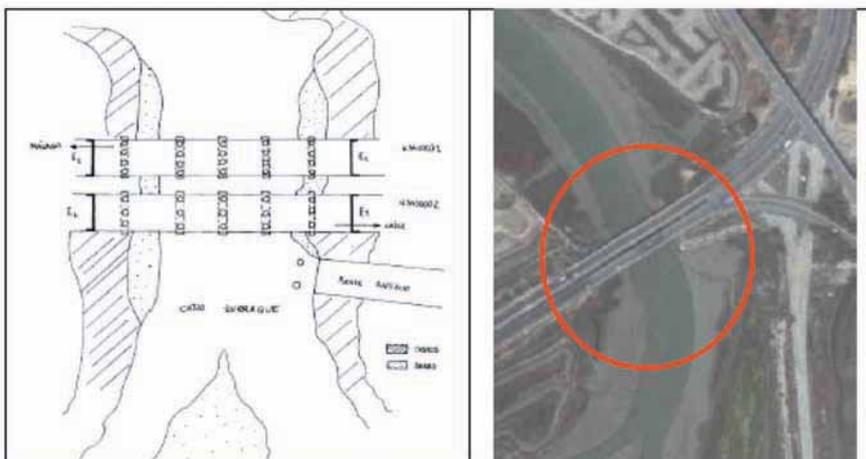
- La ejecución de sondeos y la realización de ensayos de caracterización geotécnica del terreno de cimentación según lo ya expuesto en el apartado 3.1.

- La toma de muestras y la realización de ensayos físico-químicos.

5. CARACTERIZACIÓN DE LA



Croquis del cauce y vista aérea



Cauce aguas abajo



Inspección Principal de Cauce, en obra de paso pilotada. Datos fotográficos.

ESTRUCTURA DEL CIMIENTO:

- La realización de inspecciones subacuáticas de cimentaciones.

- Calicatas, tomas de muestras y realización de ensayos de caracterización de los materiales.

- La realización de ensayos *in situ* y la auscultación mediante la instrumentación necesaria, para conocer la medida de los movimientos en juntas o fisuras, las deformaciones, etc.

- Otros relacionados con la estructura de cimiento.

CAMPAÑA DE CAMPO MÁS FRECUENTE PARA CARACTERIZACIÓN DE CIMENTACIONES

1. Calicatas.

En el estudio y reconocimiento de una cimentación una calicata, realizada con las mismas consideraciones expuestas en el apartado 3.1.2, puede estar diseñada para acceder a la cimentación y ver su estado real cuando su examen exterior no permite obtener los datos buscados. La superficie y profundidad de excavación dependerán de la tipología y dimensiones de la cimentación. En general

las profundidades de excavación variarán entre tres o cuatro metros, mientras que su superficie estará condicionada por las características de la cimentación y del terreno. Los resultados de este reconocimiento se registrarán en un estadillo en el que se indicará la profundidad, geometría, presencia de filtraciones, presencia de grietas o fisuras o cualquier otro deterioro visible.

2. Sondeos. (Para caracterizar rellenos o materiales constituyentes de la estructura de cimentación).

Se aprovecharán los sondeos que se realicen para el reconocimiento del terreno intentando que éstos se ejecuten atravesando los macizos de cimentación. Esto permite obtener datos acerca del espesor del cimiento, materiales que lo constituyen, características de los mismos, etc.

Siempre que sea posible los sondeos se realizarán desde la plataforma de la obra de paso.

3. Inspecciones subacuáticas.

En el reconocimiento de la cimentación de estructuras que se encuen-

zar, si resulta necesaria, y la orografía de las laderas que acceden al cauce para poder alcanzar las pilas o cimientos del puente.

Si el agua del río no presenta excesiva turbidez, es posible y recomendable grabar un vídeo de los parámetros del elemento, o tomar fotografías, o incluso ver las imágenes en directo a través de monitor de televisión.

En la inspección de **cada elemento de la subestructura** se debe tomar al menos la siguiente serie de datos:

- Socavaciones bajo el elemento (socavación local). Detección de ausencia de materiales y magnitud.

- Profundidad del lecho.

- Estado de los parámetros de la subestructura: grietas, alteración de materiales.

- Estado del lecho en las proximidades del elemento. Morfología.

- Estado de los elementos de protección y escolleras.

4. Otras técnicas de reconocimiento.

Puesta en seco.

Esta técnica consiste en desviar el curso del río mediante la construcción de ataguías, islas y desvíos consiguiendo que la zona objeto del estudio quede en seco.

Métodos no destructivos.

Actualmente hay numerosos estudios orientados al desarrollo y aplicación de métodos no destructivos al reconocimiento de las características de los cimientos. Tratan de poner de manifiesto la aplicabilidad de estas técnicas en el campo del reconocimiento de las cimentaciones, si bien no se tienen conclusiones definitivas sobre la fiabilidad y su campo de aplicación.

La mayor parte de estos métodos (eco, sísmica paralela, sondeo sísmico) tienen su principal aplicación en el control de cimentaciones profundas en obras de nueva construcción, por lo que su adaptación al reconocimiento de cimentaciones existentes y de desarrollo de técnicas nuevas será una alternativa interesante a las técnicas tradicionales.

4. Algunas reflexiones finales

En un país avanzado y desarrollado no ha de pensarse únicamente en planificar y construir nuevas infraestructuras; sino que se hace necesario mantener un nivel de servicio de éstas acorde con el nivel de desarrollo del país. Importan por tanto la calidad, la funcionalidad de las obras, la optimización de las inversiones y por supuesto la seguridad.

Las cimentaciones son o han sido tradicionalmente el “talón de aquiles” de muchos puentes, en muchos casos por verse demasiado expuestas a los cauces entre otros factores. Además, su especial emplazamiento y la falta de visibilidad provoca fallos poco previsible: de este modo se hace muy necesario obtener información de las mismas y caracterizarlas en función de su importancia y situación o exposición.

La técnica de caracterización de las cimentaciones se basa lógicamente en el conocimiento del Terreno de Cimentación, y en el conocimiento de la Estructura de Cimentación.

Para reconocer el **terreno de cimentación** en puentes son frecuentes la realización de sondeos mecánicos y ensayos tipo SPT, con análisis de las muestras extraídas, ensayos de penetración dinámica, calicatas, prospecciones geofísicas, o ensayos de penetración estática y presiométricos (menos frecuentes), todo ello acompañado previamente con una adecuada planificación de la campaña y el análisis previo de la cartografía.

Para reconocer la **estructura del cimiento**, es necesario “a priori” una búsqueda documental, puesto que puede ahorrar mucho tiempo y dinero si resulta fructífera. De cualquier modo, hay que realizar también una campaña de inspección visual con diferente intensidad, en función del objetivo que tenga el reconocimiento, y que en la Dirección General de Carreteras comprenden desde las inspecciones básicas o rutinarias, las principales que nos permiten evaluar el estado de conservación del cimiento cuando es po-

sible, hasta las especiales, que nos permiten caracterizar con el máximo nivel de detalle la cimentación.

Merece la pena destacar por su importancia las inspecciones de los cauces, y analizar la vulnerabilidad de la interacción cauce – puente – cimiento dados los efectos catastróficos que un fallo de estas características puede causar, acrecentado con el poco tiempo de aviso con que estas patologías suelen presentarse. Por este motivo la previsión y la planificación es fundamental.

5. Bibliografía relacionada

A continuación se exponen algunos documentos relacionados con los reconocimientos de cimentaciones en puentes.

- Ministerio de Obras Públicas y Transportes. 1988. Inspecciones principales de puentes de carretera. Centro de publicaciones, Secretaría General Técnica. Madrid.

- Ministerio de Fomento. 2009. Guía para la realización del inventario de obras de paso. Centro de publicaciones, Secretaría General Técnica. Madrid.

- Ministerio de Fomento. 2009. Guía de Inspecciones básicas de obras de paso. Centro de publicaciones, Secretaría General Técnica. Madrid.

- ATC. 2008. Cimentaciones de Fábrica en Puentes. Asociación Técnica de Carreteras.

- Geotecnia y Cimientos III. Primera y Segunda Parte. Cimentaciones, excavaciones y aplicaciones de la geotecnia. Editorial Rueda. J.A. Jiménez Salas *et al.*

- Ministerio de Obras Públicas y Transportes. 1988. Control de la Erosión fluvial en Puentes. Centro de Publicaciones. Secretaría General Técnica. Madrid.

- Nota de Servicio. 1995. Sobre actuaciones y operaciones en obras de paso, dentro de los contratos de conservación. Ministerio de Fomento.

- Ministerio de Fomento. 1999. GSM, Sistema de Gestión de las Actividades de conservación ordinaria y

ayuda a la vialidad. Centro de publicaciones, Secretaría General Técnica. Madrid.

■ Nota de Servicio 2007 (9 de marzo). Sobre la Realización de Inspecciones de Nivel Básico en Obras de Fábrica de la Red de Carreteras del Estado. Ministerio de Fomento. Secretaría de Estado de Infraestructuras y Planificación. Madrid.

■ Dirección General de Carreteras (2002): "Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera".

■ Evaluating Scour At Bridges. Fourth Edition. Publication No. FHWA NHI 01-001. May 2001. (Hydraulic Engineering Circular N.º. 18).

■ Larry D. Orson, Farokh Jilinoos, Marwan F. Aouad, Determination of unknown subsurface bridge foundations. A summary of the NCHRP 21-5 interim report.

■ Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et de l'Espace (Diciembre 1991): «Instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art», fascicule 11, Fondations en site terrestre.



Detalle de daños en zona marina.

■ Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et de l'Espace (Diciembre 1991): "Instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art, fascicule 10 Fondations en site aquatique"

■ Ministère des Transports. Direction Générale des Transports Intérieurs (Diciembre 1980): "Fondations de ponts en site aquatique en état précaire".

■ Avent R.R., Alawady M., Heyms-

field E., Inspecting Concrete Bridge Substructures (Part 1: Scour). Concrete International, January 2001.

■ LeMieux G.F., Underwater inspection of the world's longest overall bridges, part I and II. Concrete International, February- March 1998.

■ Sánchez Domínguez F., Métodos no destructivos de control de cimentaciones profundas. Casos Prácticos. EUROCONSULT-CEBTP, S.A. ■

RUTAS

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.
Teléf. 91 308 23 18/19
28010 MADRID

Talón

Giro

Transferencia

NOMBRE

CIF

DIRECCIÓN

TFNO. CIUDAD

PROVINCIA

AÑO 2010

FECHA:

FIRMA:

Deseo suscribirme por un año a la revista RUTAS, cuyo importe de 60,10 € para miembros de la A.I.P.C.R. y 66,11 € para no miembros (+ 4% I.V.A. y gastos de envío) correspondiente envío adjunto por:

Nuevo puente sobre la ría del Odiel en Punta Umbría.

Condicionantes especiales para el proyecto de la cimentación

José Luis Sánchez Jiménez, Director
Dpto. Estructuras de TYPESA; y
Pedro Ramírez Rodríguez, Director
Dpto. Geotecnia de TYPESA.

Resumen

El proyecto de una nueva Conexión Sur Metropolitana de Huelva tiene como objetivo la redistribución de los intensos flujos de tráfico de toda el área con criterios de máxima protección medioambiental del entorno de marismas mareales de gran valor, encargado a TYPESA por la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía y por Gestión de Infraestructuras de Andalucía S.A. (GIA-SA). Destaca el tramo del Puente sobre la ría del Odiel, diseñado por el Profesor D. Javier Manterola, atirantado de 300 m de luz central.

El diseño de las cimentaciones debe contar con las desfavorables condiciones geotécnicas de terreno con importantes espesores de suelos

blandos saturados, para lo que es necesario contar con datos del terreno de la mayor fiabilidad para una caracterización precisa de su comportamiento tenso-deformacional.

Palabras clave: Puente atirantado, cimentaciones, pilotes, caracterización geotécnica, marismas, suelos blandos saturados.

Ámbito de actuación

La ciudad de Huelva se localiza en un enclave singular desde el punto de vista físico, entre la desembocadura de los ríos Tinto y Odiel. Este emplazamiento ha condicionado históricamente el desarrollo de infraestructuras de transporte que faciliten las comunicaciones con las poblaciones de su entorno inmediato situadas en las

orillas opuestas de ambos cauces.

La construcción del puente sobre el río Tinto contribuyó a la mejora de las comunicaciones terrestres entre la capital onubense y las localidades situadas en el litoral “este” (fundamentalmente Palos de la Frontera y Mazagón).

De igual forma, el puente sobre el río Odiel supuso un avance sustancial para los desplazamientos entre Huelva capital y Aljaraque, potenciando además el reciente desarrollo



Figura 2. Planta ortofoto.

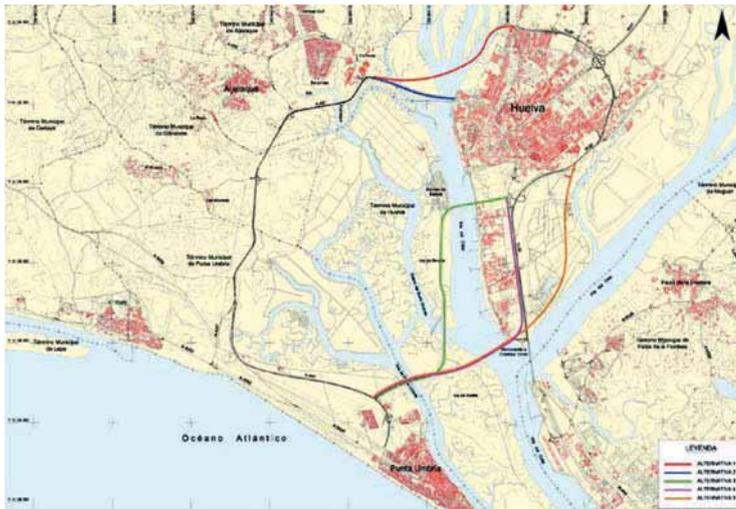


Figura 3. Planta general de alternativas de trazado.

urbanístico de esta población, que se ha convertido en lugar de residencia de parte de la población de la aglomeración urbana de Huelva.

Sin embargo, la creciente demanda de movilidad motivada por esta nueva configuración territorial, en la que puestos de trabajo y servicios esenciales (administrativos, educativos y sanitarios entre otros) se concentran en la capital, da lugar, en la actualidad, a situaciones de congestión viaria cada vez más frecuente, tanto en los accesos a la propia ciudad de Huelva como en su red interna, que ha de soportar los flujos de tráfico interurbano.

Para resolver estos problemas la Dirección General de Infraestructuras Viarias de la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía plantea la construcción de una Conexión Sur Metropolitana de Huelva, que permitirá la redistribución de los intensos flujos de tráfico que actualmente soportan los puentes sobre la Ría del Odiel, canalizando los movimientos entre la capital y las poblaciones del litoral oeste de Huelva (Punta Umbría, El Portil, El Rompido y Cartaya). TYPESA, con la colaboración del Prof. D. Javier Manterola para el diseño del tramo del puente sobre la ría del Odiel, recibe el encargo de la redacción del proyecto.

Esta nueva infraestructura está concebida además para permitir la creación de un sistema de transporte público moderno, eficiente, ecológico y alternativo a los despla-

mientos en vehículo privado, permitiendo la vertebración y el desarrollo sostenible de la incipiente Área Metropolitana de Huelva.

Durante el estudio de soluciones de la Conexión Sur Metropolitana de Huelva se han planteado diversas alternativas que contemplan desde soluciones de conexión por el norte, hasta soluciones con trazado soterrado, siendo finalmente descartadas por cuestiones de funcionalidad o de viabilidad constructiva.

Condicionantes ambientales y patrimoniales

El ámbito de actuación se localiza junto a las Marismas del Odiel, que hoy en día constituye el mayor complejo de marismas mareales del litoral andaluz. Dicha zona presenta una gran sensibilidad desde el punto de vista medioambiental; no en vano está declarada como Paraje Natural, Lugar de Interés Comunitario (perteneciente a la Red Natura 2000) y Reserva de la Biosfera. En su interior destacan Reservas Naturales como la Isla de Enmedio y la Marisma del Burro.

Las Marismas del Odiel se encuentran surcadas por una extensa red de cauces fluviomarítimos, entre los que destacan el propio río Odiel, que, en su tramo final, confluye con el río Tinto, la Ría de Punta Umbría, o el estero del Burro Grande. Dado que una eventual conexión entre Huelva y los territorios situados al

oeste del Odiel necesariamente ha de atravesar el citado espacio protegido, en la concepción de la Conexión Metropolitana ha primado desde el primer momento la sensibilidad frente a los valores ambientales que atesora el ámbito de actuación, influyendo de este modo tanto en la selección del corredor como en el diseño de la infraestructura.

También cabe señalar la presencia de enclaves de interés arqueológico, dado que la confluencia de los ríos Tinto y Odiel ha sido lugar de asentamiento de diversas poblaciones a lo largo de la Historia.

En particular, puede destacarse el enclave del Almendral, en la zona norte de la Isla de Saltés, con algunos vestigios del siglo VII, y de mayor entidad desde el siglo XII, asociados a una ciudad islámica medieval. Otros enclaves de interés son el litoral de Aljaraque, en la zona norte, y el litoral de Punta Umbría, en la zona del "Eucaliptal".

Descripción del trazado de la Conexión Sur Metropolitana

La solución finalmente propuesta trata de aminorar en lo posible las afecciones al entorno desde el punto de vista medioambiental, reduciendo en lo posible la longitud de paso a través del Paraje Natural de las Marismas del Odiel, y evitando el paso a través de la Reserva de la Isla de Enmedio y las zonas de interés arqueológico de El Almendral.

La Conexión Sur Metropolitana tiene su origen sobre la autovía H-30, a la altura del enlace de acceso a Huelva "sur", discurriendo en su primera parte en sentido norte-sur, en paralelo al trazado de la citada carretera, hasta situarse en las inmediaciones de la Punta del Sebo (próximo ya al monumento a Colón) donde gira hacia el oeste y encara el paso sobre la ría del Odiel. Desde ese punto la plataforma discurre ya sobre estructura, situación que no abandona hasta alcanzar las inmediaciones de la población de Punta Umbría.



Figura 4. Infografía. Vista de la Ría del Odiel desde Huelva hasta el sur.

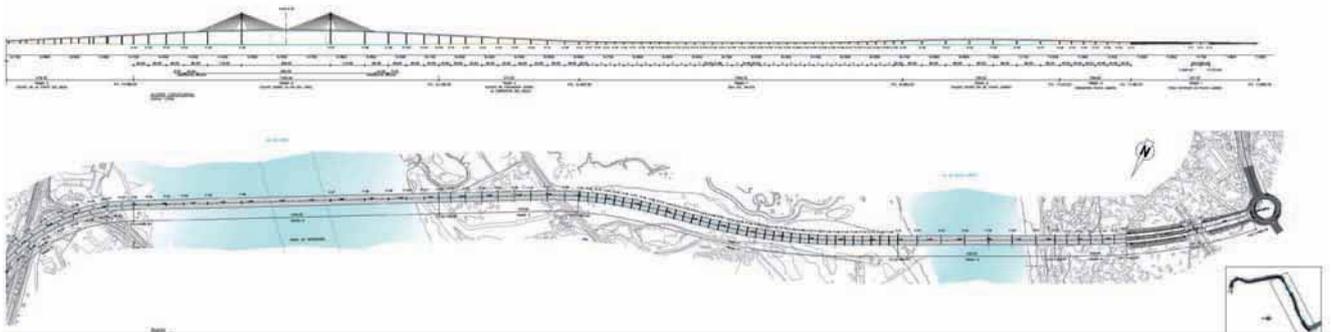


Figura 5. Desarrollo del trazado.

El cruce sobre la ría del Odiel se resuelve mediante la ejecución de un puente singular de más de 1 000 metros de longitud y 45 metros de altura sobre el agua, que permite compatibilizar la actuación con el tráfico marítimo del canal de acceso a la zona interior del Puerto.

Ya en la Isla de Saltés, dentro del Paraje Natural de Las Marismas del Odiel, el trazado discurre ligeramente elevado sobre el terreno (sobre estructuras) a través del pasillo definido por el gancho arenoso de El Almendral –zona con menor valor ambiental relativo del entorno– sin afectar a la Zona arqueológica de “Saltés”, que queda situada junto a su margen derecha.

Finalmente la rasante se eleva para afrontar el cruce sobre la ría de Punta Umbría y alcanzar la autovía A-497, junto a la localidad del mismo nombre.

Descripción general de la estructura

Desde un punto de vista estructural la actuación supone un reto sin-

gular, tanto por la entidad del puente sobre la ría del Odiel como por el encaje del conjunto de las estructuras del tramo en un entorno tan delicado y sensible como las marismas de la ría del Tinto, la ría del Odiel y la ría de Punta Umbría.

Todo el trazado se enfrenta a condiciones de cimentación muy complejas por diferentes y variados motivos. En general, en toda la traza se encuentran espesores de rellenos cuaternarios con potencias muy importantes, que exigen cimentaciones profundas para las estructuras que transmiten cargas bajas y medias, y cimentaciones especiales muy profundas para las estructuras que transmiten cargas altas. Otro condicionante sustancial es el medio tan extraordinariamente agresivo en el que se van a disponer las cimentaciones de la estructura sobre la ría del Odiel, lo que obliga a dotar a los materiales de características y medidas específicas para preservar su integridad y garantizar su durabilidad.

El hecho de atravesar el Paraje Natural de las Marismas del Odiel con plataforma elevada sobre el terreno

da lugar a un imponente viaducto de 3 983 m de longitud, que integra los puentes singulares sobre las rías del Odiel y de Punta Umbría.

El alto valor ecológico y paisajístico de las zonas de marisma constituye el principal condicionante de diseño del trazado de la vía, únicamente supeditado al mantenimiento del gálibo vertical de paso sobre los canales de navegación de las rías del Odiel y Punta Umbría, de 45 y 15 m respectivamente, y que obligan a elevar su rasante. En el resto de la actuación se plantea un perfil longitudinal relativamente ajustado al terreno, de forma que ésta genere el menor impacto visual posible.

El cruce sobre la ría del Odiel: Puente atirantado

La ría del Odiel cuenta con una anchura cercana a los 900 m en cualquiera de las soluciones de paso consideradas, siendo necesario respetar el canal de navegación de acceso al puerto interior y a la zona de astilleros, de 180 m de anchura y 45 m de altura libre.



Figura 6. Infografía del puente sobre la ría del Odiel.

La sección transversal de la conexión metropolitana presenta dos calzadas de dos carriles de circulación, separadas por una plataforma reservada para transporte público. Esta disposición da lugar a una plataforma de anchura mínima de 31 m.

Los condicionantes funcionales de partida expuestos determinan la necesidad de proyectar un puente de gran luz, cuyo diseño se debe compaginar con el impacto que produce la ejecución una obra de tal envergadura, en un entorno de especial singularidad y que demanda un detenido estudio de implantación.

La solución propuesta consiste en un puente atirantado con longitud total de 1 030 m y vano principal de 300 m, con una distribución de luces de 50 + 2x60 + 80 + 115 + 300 + 115 + 80 + 2x60 + 50 m. El vano principal está atirantado a los pilonos superiores, que tienen una altura aproximada sobre la rasante de 60 m.

El atirantamiento del tablero está resuelto con un doble plano que enmarca la plataforma del futuro tranvía. El tablero está formado por un

cajón bicelular de hormigón de 9,0 m de ancho inferior, 11,0 m de ancho superior y almas inclinadas, con un canto de 3,0 m. Los voladizos se resuelven con costillas de hormigón transversales cada 5,0 m.

Los pilonos se definen mediante forma de A, empotrados en el tablero, alojándose sus arranques en la separación entre la plataforma de transporte público y las calzadas. Tiene una altura sobre rasante de 60 m aproximadamente.

Bajo el tablero se disponen pilas de hormigón con un capitel con transiciones curvas adaptadas al tablero. Todas las cimentaciones de las pilas se resuelven con pilotes excavados

“in situ” de 2,0 m de diámetro y unos 60 m de longitud. Los encepados se constituyen disponiendo entre 9 y 36 pilotes por pila.

Las cargas en los pilonos principales alcanzan valores en el entorno de las 34 000 t, mientras que, en las pilas de los accesos, la reacción vertical ronda las 8 000 t. Inicialmente se ha previsto hacer trabajar a los pilotes a tensiones no superiores a 4 MPa.

Puente sobre la ría de Punta Umbría

En el tramo final, próximos ya a la población de Punta Umbría, se localiza el cruce sobre la ría del mismo nombre, en un paisaje de singular belleza. En el punto de cruce, la ría presenta una anchura cercana a los 300

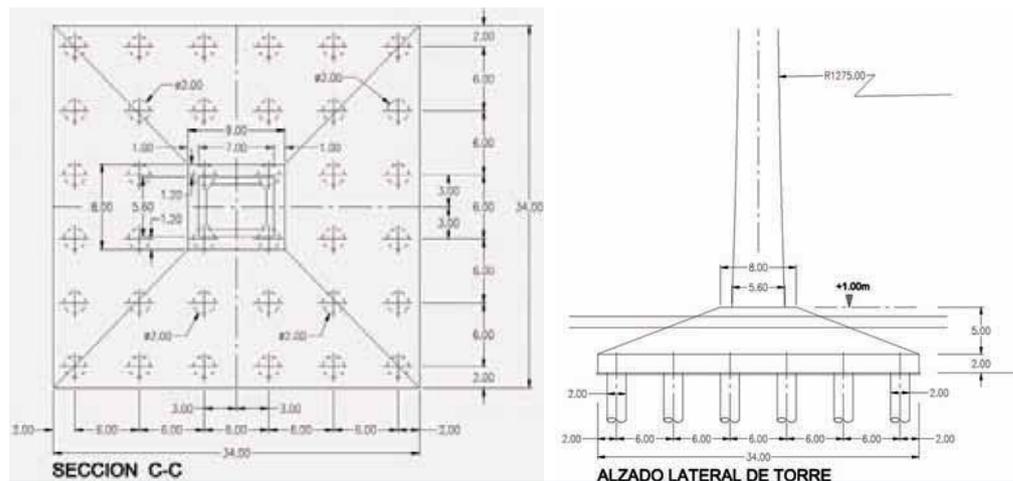


Figura 7. Encepado de las pilas principales de la cimentación del Puente sobre la ría del Odiel.

m, debiendo respetarse un canal de navegación de 40 m de ancho y 15 m de altura, que permita a las embarcaciones remontar el cauce y navegar hacia mar abierto por la ría del Odiel.

Se plantea una solución clásica y bien conocida, el puente de canto variable inferior, con 5 vanos de vanos de 80 m más dos vanos de 65 m de compensación. En sección transversal es una sección mixta con doble cajón metálico de canto variable y losa de hormigón “in situ”. El canto total varía de 4,70 m en pilas a 2,70 m en centro de vano.

La cimentación de las pilas del puente presenta la misma problemática que en el puente sobre la ría del

Rutas Técnica

Odiel, aunque las cargas aquí son significativamente menores. Se proyectan pilotes excavados "in situ" de diámetro 1,50 m y de unos 40 m de profundidad.

Puente sobre la Punta del Sebo

En los accesos al puente sobre la ría del Odiel desde el este, a través de la zona conocida como Punta del Sebo, se plantea un puente de hormigón con una sección transversal similar al puente atirantado, de modo que puedan utilizarse los mismos medios constructivos, simplificándose toda la operación en su conjunto.

El puente sobre la Punta del Sebo destaca por la complejidad de su encaje geométrico, dado el gran número de condicionantes que las infraestructuras existentes imponen a la implantación de pilas: la Autovía H-30, la Avenida Francisco Montenegro, los ramales ferroviario del Puerto, la central térmica Cristóbal Colón y las numerosas conducciones y líneas eléctricas de transporte que garantizan el suministro al Polo Químico de Huelva.

Una solución que responde de forma óptima a estos condicionantes es un tablero de hormigón postesado, formado por dos cajones (ancho tipo de 31 m) separados 15,50 m entre ejes y de 4,50 m de anchura cada uno, con voladizos de 5,50 m en cada extremo, encajando vanos de hasta 60 m de luz. Esta estructura es similar a la de los vanos exteriores del puente atirantado, por lo que se ejecutará con la misma autocimbra que sirve para su construcción, adaptando los encofrados a cada caso.

La cimentación en esta zona presenta una problemática similar al resto de estructuras del trazado, por lo que se diseñan pilotes excavados in situ de 1,5 m de diámetro y de unos 25 a 40 m de profundidad.

Tramo en estructura sobre la Isla de Saltés

En esta zona, típica de marisma, se ha previsto que todo el tramo se re-



Figura 8. Infografía del puente sobre la ría de Punta Umbría.

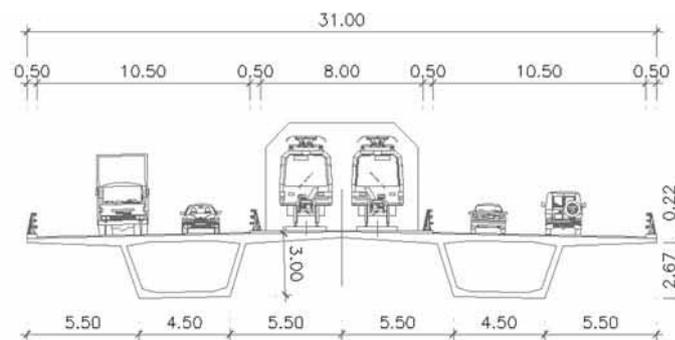


Figura 9. Sección tipo puente sobre la Punta del Sebo.

suelva en estructura, respetando las condiciones mínimas de permeabilidad territorial que demanda el entorno atravesado. Se ha encajado una estructura de vanos isostáticos con tableros de vigas prefabricadas doble T de canto 1,50 m, para luces de 30 m. Las pilas se forman con un dintel de hormigón de 2,50 m de canto y tres fustes separados 11,0 m entre ejes.

La cimentación de esta estructura se resuelve mediante encepado y pilotes prefabricados hincados de 0,40 x 0,40 con una longitud media estimada de 20 m.

La baja capacidad portante y la po-

sible incidencia de los asientos diferenciales diferidos, han condicionado la decisión de diseñar un puente isostático, de forma que estos asientos no produzcan esfuerzos significativos en la estructura. Los detalles de apoyo de las estructuras isostáticas y los dinteles deben permitir un eventual recalce del vano que facilite recuperar parte del asiento diferencial, si el producido realmente es mayor que las estimaciones teóricas compatibles con la funcionalidad de la plataforma.

La estructura prefabricada con vigas tipo dobles T prefabricadas presenta la ventaja de minimizar las afec-

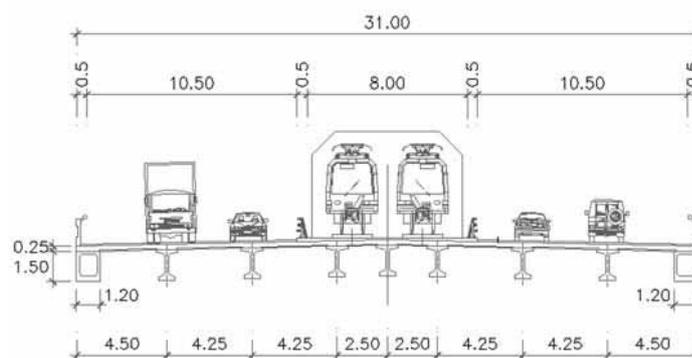


Figura 10. Sección tipo tablero estructura sobre la Isla de Saltés.

ciones al entorno, permitir una rápida y limpia ejecución. Además, la certidumbre en la fabricación, control y suministro de estos elementos son mayores que los que se lograrían con su construcción "in situ", permitiendo plazos de ejecución ajustados. El factor de escala que proporciona el gran número de piezas iguales convierte esta solución en la más económica y eficiente de entre las que pueden plantearse con estos condicionantes.

Dadas las características geotécnicas del terreno, y para evitar las molestias y contaminación que pueden producir los pilotes a ejecutar "in situ" mediante lodos de tipo bentónico, entendiéndose que estas zonas deben tener la máxima protección posible, se ha preferido proyectar la cimentación mediante pilotes hincados prefabricados, que minimizan la contaminación y los plazos de ejecución, siendo muy adecuados para su ejecución en el sustrato existente y con longitudes medias.

Esquema geológico-geotécnico del emplazamiento

Desde el punto de vista geológico, la zona afectada por el presente proyecto se ubica en el sector occidental de la Depresión del Guadalquivir, en las cercanías de su límite septentrional. Esta depresión constituye una de las principales cuencas terciarias de la Península Ibérica, limitada al norte por el Macizo Ibérico o Hespérico de la Meseta y al sur por las Cordilleras Béticas.

La cuenca del Guadalquivir es una depresión alargada en dirección ENE - OSO. Las cotas de esta cuenca varían desde los 800 m de altura en el extremo oriental, al nivel del mar en la zona de Huelva - Cádiz. Hoy día continúa el relleno de la cuenca bajo el mar en el Golfo de Cádiz.

Se trata de la última expresión de una cuenca de tipo antepaís situada entre los dominios Atlántico y Mediterráneo.

El relleno sedimentario de la Cuenca del Guadalquivir se puede dividir

en varias unidades de morfología sigmoidal debida al relleno progresivo de la cuenca a partir de los márgenes norte, este y sur. Este serie de depósitos comenzó hace unos 8 millones de años y continúa actualmente en el Golfo de Cádiz.

De esta secuencia forma el grueso de los materiales presentes en el área de estudio, de más a menos profundidad, turbiditas axiales, las Arcillas de Gibraleón y las denominadas Arenas de Huelva. El tránsito entre las Arcillas de Gibraleón y las

antrópicos son los siguientes:

Formaciones del sustrato

No afloran en el área estudiada por encontrarse tapizados por los potentes depósitos holocenos de los ríos Odiel y Tinto. Por ello, únicamente han sido reconocidas en las columnas de los sondeos geotécnicos realizados para la campaña de investigación.

Para ajustar las edades se ha realizado una datación de toda la columna estratigráfica de materiales atravesados mediante técnicas micropaleontológicas. En ellas se han



Figura 11. Sondeo SA-2 sobre plataforma flotante

Arenas de Huelva está marcado en la zona de estudio por un aumento del contenido en glauconita, que es un filossilicato complejo característico en los sedimentos de la transición Plioceno - Mioceno de la zona.

En la superficie se depositan los materiales cuaternarios holocenos que constituyen el relleno final de la cuenca. Entre estos materiales se encuentran formaciones litorales y fluvio-marinas de la ría de Huelva. Este sistema está constituido por los estuarios de los ríos Odiel y Tinto, que tras su confluencia en la zona de la Punta del Sebo conforman un canal común hasta su desembocadura en el Océano Atlántico.

Los distintos grupos litológicos presentes en el área de estudio, ordenados de más antiguos a más modernos y diferenciando entre sustrato, formaciones superficiales y rellenos

distinguido dos grandes grupos de materiales:

- Arcillas y limos carbonatados de color gris azulado (M-P). Mioceno Superior - Plioceno Inferior. Arcillas de Gibraleón.

Es una formación conocida en la zona como "Arcillas Azules de Gibraleón", definida por Civis *et al.* (1987) y datada por Sierro (1984) como Toroniense Superior - Plioceno Inferior.

Se trata de un conjunto arcillas limosas y limos arcillosos de plasticidad media, de color grisazulado en cortes frescos y tonalidades marrón-verdosas en zonas más alteradas, dispuestos en forma masiva, con intercalaciones esporádicas de niveles más limosos o arenosos. Destaca su abundante contenido micropaleontológico.

A techo de esta formación son comunes las marcas biogénicas (bioturbaciones) y la aparición de niveles



Figura 12. Sondeo SA-2 Arcillas grises de 77,0 a 80,5 m.

de glauconita. La potencia de este conjunto varía desde decenas de metros hasta más de 2 000 m en la zona del Golfo de Cádiz.

– *Limos areno-arcillosos carbonatados de color marrón amarillento (P). Plioceno medio. Arenas de Huelva.*

Estos materiales, conocidos como “Arenas de Huelva”, se disponen de manera concordante sobre las Arcillas de Gibrleón. La transición entre ambas formaciones está marcada por la presencia de un nivel glauconítico de unos 2 m de espesor. Este nivel glauconítico no ha sido reconocido de forma clara en los sondeos, pero sí se ha identificado un aumento de glauconita entre los 65 y 85 metros, lo que podría marcar la transición gradual entre las Arcillas de Gibrleón y las Arenas de Huelva.

Se trata de limos arenosos y arenas limosas muy finas con elevados contenidos de arcilla de color marrón amarillento con tonos ocre y grisáceos; y su contenido macropaleontológico se limita a algunos moldes de bivalvos, aunque su microfauna es muy abundante.

– *Arenas y microconglomerados. Pliocuaternario. Arenas de Bonares.*

Las Arenas de Bonares (Mayoral y Pendón, 1987), se disponen discordantes sobre las arenas de Huelva. Se trata fundamentalmente de arenas y microconglomerados. En los sondeos geotécnicos realizados se han localizado arenas gruesas en sus zonas más superficiales que podrían pertenecer tanto a las Arenas de Bo-

nares como a las Arenas de Huelva.

Formaciones superficiales. Cuaternario.

Depósitos aluviales con predominio de gravas (Qg)

Constituyen el nivel de base de la cuenca estuarina de los Ríos Odiel y Tinto, representando depósitos correspondientes a episodios de mayor energía del transporte fluvial.

Esta facies agrupa gravas y arenas silíceas, de tamaño de grano grueso a muy grueso, en matriz limosa.

El espesor de este nivel es variable según zonas, tal y como ha podido constatarse en las investigaciones realizadas. De este modo se han detectado desde valores del orden de 5-6 m en las columnas de algunos sondeos hasta no haber sido interceptado durante la perforación de otros.

Depósitos arcillosos (Qa)

Se trata de sedimentos de naturaleza fundamentalmente arcillosa que aparece entre 15 y 25 m de profundidad. Frecuentemente se localizan bajo sedimentos aluviales arenosos o directamente bajo los depósitos actuales o subactuales de limos y fangos.

Depósitos aluviales fundamentalmente arenosos (Qs)

Está constituida por espesores de hasta 20 m de arenas de tamaño de grano fino a muy fino y un contenido en fracción limosa en general inferior al 20%. Se trata de material granular fino bien gradado, de coloraciones que varían desde el gris claro hasta beis claro.

Depósitos actuales y subactuales de limos y fangos (Qm)

Estos materiales conforman el relleno actual de la ría del Odiel. El espesor de los mismos es variable pero, tal y como se ha reconocido en la columna de los sondeos, inferior a los 10 m de potencia, se trata de limos orgánicos de colores oscuros y de consistencia muy blanda de muy elevado contenido en agua.

Terrazas fluvio-marinas (Qt).

Son depósitos granulares de variada granulometría, predominando las fracciones más gruesas (gravas, cantos) originados como consecuencia del encajamiento de la red fluvial.

Únicamente han sido detectados en las investigaciones realizadas en la zona final del trazado, en la margen derecha de la Ría de Punta Umbría, recubiertos por un pequeño espesor, en torno a 2-3 m, de arenas eólicas.

Arenas eólicas (Qe).

Es una formación de arenas blancas silíceas de tamaño de grano medio a fino, mal gradadas y con un bajo contenido en finos.

Este conjunto alcanza un amplio desarrollo horizontal en la parte final del trazado, constituyendo una extensa franja de unos 2,5 km de anchura máxima y escaso espesor (2-3 m), entre la ría de Punta Umbría y El Rompido.

Hidrogeología

Las formaciones dominantes desde el punto de vista hidrogeológico son someras y están compuestas fundamentalmente por arenas y gravas. Poseen una apreciable superficie de absorción y elevada porosidad, encontrándose justo encima de las margas impermeables, apareciendo agua con gran facilidad sobre todo en los niveles arenosos neógenos.

Los materiales existentes en las zonas de marisma (la más extendida en la zona de actuación) pueden considerarse sin embargo de baja permeabilidad. Esta característica, junto a su morfología ligeramente cóncava, hace de estos depósitos unos terrenos pobremente drenados, ocupados temporal o permanentemente por las

aguas, originando zonas encharcadas.

Además de la capa freática superficial, pueden existir otras en profundidad, debidas a acuíferos cautivos en niveles permeables por porosidad intergranular.

Formaciones geotécnicas consideradas

Se han diferenciado las siguientes formaciones geotécnicas:

Rellenos compactados (Rc). Formación de edad cuaternaria constituida por materiales de naturaleza muy variada perteneciente a viarios, zona industrial y urbanización. Se trata fundamentalmente de gravas y gravillas redondeadas marrones en matriz arenosa y arenas medias-greasas con bastantes cantos. En ambos casos se han estimado contenidos variables de finos que van desde indicios hasta bastante.

Rellenos tipo vertedero (Rv). Formación de edad cuaternaria constituida por materiales de vertido procedentes de la actividad industrial próxima a la zona de proyecto. Entre otros materiales, existen vertidos de fosfoyesos y cenizas de pirita, que presentan espesores de entre 3 m y 10 m. Se trata de materiales de consistencia muy blanda cuyo tratamiento se enmarca en los de gestión de vertidos industriales.

Arenas eólicas (Qe). Formación de edad cuaternaria constituida por arenas finas con pequeños contenidos de gravas y finos. Está formada por arenas blancas silíceas de tamaño de grano medio a fino, mal graduadas y con un bajo contenido en finos, de carácter predominantemente granular no plástico. Presenta intercalaciones de niveles en los que las arenas aparecen mezcladas con gravas.

Fangos grises (Qm). Formación de edad cuaternaria constituida por arcillas limosas grises de baja plasticidad (CL) que adquieren una tonalidad ocre

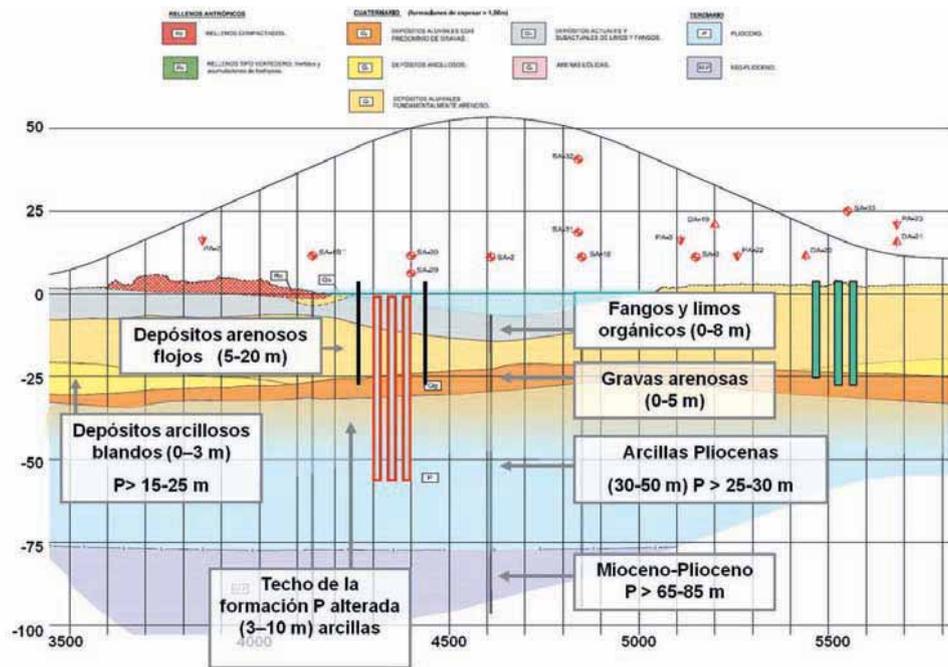


Figura 13. Detalle del perfil geotécnico en la zona del cruce del río Odiel.

con la profundidad. Se caracterizan principalmente por su alto contenido en finos arcillosos y su elevado contenido en materia orgánica. Presentan una consistencia muy blanda.

Arenas medias-finas(Qs). Formación de edad cuaternaria constituida por arenas medias-finas y contenidos variables de finos arcillosos y gravas. Estos materiales se clasifican según el sistema USCS como SP-SM, es decir, como arenas mal graduadas y arenas limosas. La compactación típica es de medianamente densa a densa.

Arcillas limosas grises(Qa). Formación de edad cuaternaria constituida por arcillas limosas grises de consistencia blanda a muy blanda que se disponen bajo el nivel de arenas medias finas. Se trata de materiales cohesivos de plasticidad media que se clasifican según el sistema USCS como CL y CH, arcillas de baja plasticidad o de alta plasticidad según las muestras ensayadas.

Gravas medias-finas(Qg). Bajo los niveles de arenas medias-finas (Qs) y de las arcillas limosas grises (Qa), se han encontrado materiales de edad cuaternaria formados por gravas y arenas silíceas, de tamaño de grano grueso a muy grueso en matriz limosa. Se encuadran dentro de la denominada formación Qg-gravas medias-finas.

Tienen un carácter predominantemente granular y presentan una compactación densa a muy densa.

Los materiales de esta formación se han clasificado según el sistema USCS como GW-GM, correspondiente a gravas bien graduadas y gravas limosas.

Arcillas limosas carbonatadas (P). Formación del Plioceno medio constituida por arcillas limosas y limos arcillosos con tonos gris azulado con contenidos variables de arenas finas. Se trata de suelos cohesivos con, en general, altos contenidos de finos. Presentan una consistencia firme a dura. Los materiales de esta formación se clasifican según el sistema USCS como CL, CH y ML, es decir como arcillas de baja a alta plasticidad y limos de baja plasticidad, respectivamente, con grado de expansividad relativamente bajo.

Para la caracterización geotécnica del terreno se ha partido de información existente y de los trabajos de campo realizados. La investigación geotécnica está integrada por sondeos (hasta 108 m de profundidad en algún caso), calicatas, ensayos de penetración dinámica (DPSH), ensayos de penetración estática, con ensayos de disipación de presión de poros (CPTU), ensayos de deformabilidad

in situ (presiómetros) y ensayos de laboratorio. Esto ha permitido caracterizar geotécnicamente las distintas formaciones diferenciadas que previsiblemente se verán afectadas durante el desarrollo de la obra.

A partir del análisis de resultados algunos de los parámetros característicos de la formación son los que se indican en la *tabla 1* (página 39).

Condicionantes especiales para el diseño de la cimentación

Genéricamente, para la definición de las tipologías de cimentación más adecuadas para este proyecto, se han tenido en cuenta, entre otros, los siguientes aspectos:

Esquema geológico y características geotécnicas

Se trata de suelos muy finos, suergidos y saturados, con algún nivel más arenoso en los primeros metros y de naturaleza fundamentalmente arcillo-limosa, de compacidad floja y consistencia blanda hasta profundidades muy elevadas (> 40 m) lo que se traduce en baja resistencia al corte, creciente gradualmente hasta grandes profundidades (> 60 m), lo que plantea problemáticas derivadas de su naturaleza, tanto por capacidad de carga como por posibles asentamientos, instantáneos y diferidos por consolidación.

Agresividad del medio

Tanto la naturaleza de las aguas del río Odiel como del río Tinto a lo largo del cauce y la intensa actividad minera e industrial de sus cauces y la actividad química en esta zona de Huelva ha favorecido que el agua en el estuario del Odiel, presente valores de PH que suele ser ácido, con valores que son, con frecuencia inferiores a 6, lo que se debe tener en cuenta en los hormigones en contacto con el terreno y el agua del medio, y en el tipo de cemento, dosificaciones, aditivos, así como el control de fisuración con las cuantías necesarias y protecciones complementarias para garantizar la durabilidad a lo largo de la vida útil de la infraestructura.

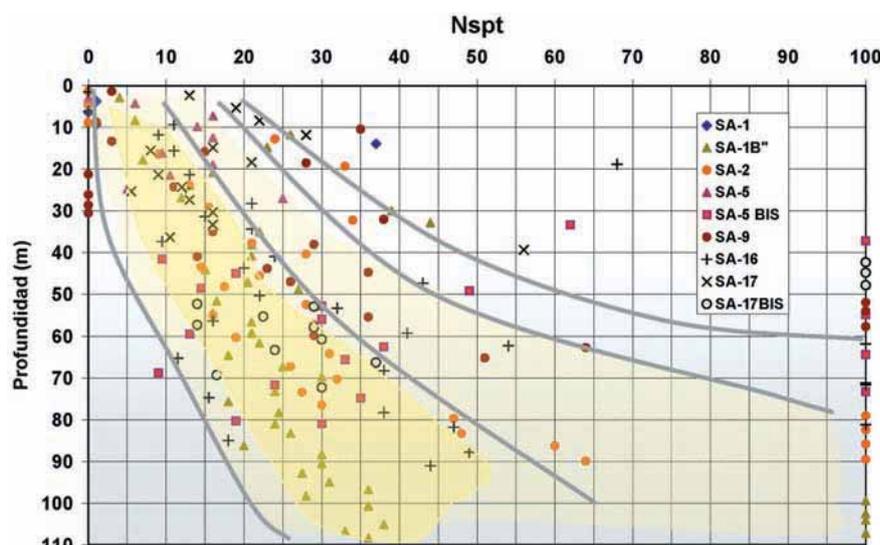


Figura 14. Variación de Nspt con la profundidad.

Se considera, de forma simplificada, un ambiente muy agresivo (ataque fuerte Qc) para la zona de la Marisma del Pinar y bastante agresivo (ataque medio Qb) para el resto de la obra hasta Punta Umbría.

Sismicidad y riesgo de licuefacción

La zona presenta un grado de sismicidad relativamente apreciable dentro del territorio peninsular, correspondiendo, de acuerdo con el Mapa de Peligrosidad Sísmica de la Norma de Construcción Sismorresistente NCS-07, al Término Municipal de Huelva una aceleración sísmica básica de 0,10 "g" y un valor del coeficiente de contribución de la Falla Azores - Gibraltar de $K = 1,3$.

Para este tipo de construcciones, clasificadas de importancia especial, se obtiene una aceleración de cálculo de $a_c = 0,21$ "g" que incluye el efecto de amplificación del suelo.

Desde ese punto de vista, además de la consideración de la aceleración como acción sísmica como hipótesis de cálculo estructural, ha sido necesario realizar un estudio específico de riesgo de licuefacción. En particular, las formaciones saturadas de más baja resistencia al corte, hasta los 10-15 m de profundidad, podrían ser susceptibles de presentar riesgos de licuefacción para determinadas aceleraciones sísmicas si la magnitud supera el umbral crítico, con el consiguiente riesgo de pérdida de

resistencia por fuste y de confinamiento lateral en los tramos superiores de los pilotes.

Para analizar este aspecto se ha considerado la relación de la tensión de corte cíclica CSR (*cyclic shear stress ratio*) combinado con la intensidad de sismo, de acuerdo con los criterios de Seed e Idriss (1971).

Acciones y requisitos de la estructura

La estructura exige una limitación de asentamientos <5 cm para el puente principal y distorsiones angulares inferiores a 1/1 000. Para los tramos isostáticos de luces más cortas, entre 25 a 30 m, se limita el asentamiento máximo a 3 cm, por criterios no ya estructurales sino funcionales.

A efectos de desplazamiento horizontal el comportamiento del conjunto se evalúa con un modelo estructural de interacción suelo-estructura que, para las tipologías adoptadas, en general no resulta limitativo en el diseño.

Criterios de accesibilidad de equipos y maquinaria

El escaso calado en las márgenes de los cauces y en la zona de marisma, unido a una significativa carrera de marea (3,70 m), además de los criterios ambientales, plantea dificultades para el acceso a los emplazamientos de los encepados, lo que, unido a la dificultad de disponer de materiales adecuados para la formación de penínsulas provisiona-

les, se prevé resolver mediante plataformas metálicas apoyadas en pilote hincado recuperable y configuración de recintos temporales (islas) en los apoyos del cauce mediante tablestacados recuperables.

Antecedentes de cimentaciones en la zona

Por las desfavorables condiciones que ofrece el medio en este sector de Huelva son numerosas las obras marítimas que han empleado en su construcción pilotes de tipologías muy diversas, desde pilotes perforados con camisa perdida, hasta hincados prefabricados de hormigón o metálicos con o sin azuche en punta, o más convencionales con entubación recuperable. Ejemplos de estas actuaciones son el puente sobre el río Tinto hacia Matalascañas, el puente sobre el estero del Burro Grande, o los numerosos pantalanos asociados al Polo Industrial de la margen izquierda del Odiel.

Protecciones ambientales

La intensa protección medioambiental que caracteriza el ámbito de actuación, constituyendo el mayor complejo de marismas mareales del litoral andaluz, supone un condicionante de primera magnitud para la definición no sólo de la tipología de cimentación más adecuada a este requerimiento, sino de los equipos y medios auxiliares para llevarla a cabo.

Como se ha señalado con anterioridad, gran parte de este área está declarado como Paraje Natural, Lugar de Interés Comunitario (pertenece a la Red Natura 2000) y Reserva de la Biosfera.

Disposiciones de Normativa y reglamentarias

Además de las recomendaciones de ámbito europeo, recogido en EUROCODIGOS, y otros documentos de referencias técnicas, se han considerado las siguientes:

- Guía de Cimentaciones en Obras

de Carretera. Ministerio de Fomento. Dirección General de Carreteras. Madrid 2004.

- ROM 0.5-95 Recomendaciones Geotécnicas para Obras Marítimas y Portuarias. Ministerio de Fomento. Puertos del Estado. Madrid 2005.

- CTE – Código Técnico de la Edificación. Documento Básico SE-C Seguridad Estructural – Cimentaciones. Ministerio de Fomento. Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo. Madrid 2006.

- Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP). Ministerio de Fomento. Dirección General de Carreteras. Madrid 1998.

- Guía para el proyecto y la ejecución de muros de escollera en obras de carretera. Ministerio de Fomento. Dirección General de Carreteras. Madrid 2006.

- NCSP-07 “Norma de construcción sismorresistente: puentes” Real

| FORMACIÓN | NSPT TÍPICO | DENSIDAD APARENTE γ_{ap} (kN/m ³) | LÍMITE LÍQUIDO LL % | ÍNDICE DE PLASTICIDAD IP % | ÁNGULO DE ROZAM. INTERNO EFECTIVO ϕ | COHESIÓN EFECTIVA C (kPa) | COEF. DE POISSON ν | MÓDULO PRESIÓM. E_p (MPa) |
|---|---------------|--|---------------------|----------------------------|--|---------------------------|------------------------|-----------------------------|
| Rellenos Compactados Rc | 5-15 | 19 | - | - | 28 | 15 | 0,32 | 20,0 |
| Rellenos tipo vertedero Rv | 2-5 | 17 | - | - | 5-35 (20) | 5-15 (10) | 0,35 | 1,9 |
| Arenas eólicas Qe | 10-14 (12) | 19 | NP | NP | 30 | 0 | 0,32 | 16,0 |
| Fangos grises Qm | <5 | 18 | 25-30 | 20-25 | 7-32 (15) | 0-14 (5) | 0,35 | 1,4 |
| Arenas medias - grises Qs | 1-40 (16) | 20 | NP | NP | 32 | 5 | 0,31 | 27,0 |
| Arcillas limosas grises Qa | 0-15 (7) | 19 | 25-55 (40) | 6-30 | 27 | 15 | 0,33 | 15,0 |
| Gravas medias - finas Qg | 15-R (53) | 21 | | NP | 35 | 5 | 0,31 | 35,0 |
| Arcillas limosas carbonatadas (Arenas de Huelva) P hasta cotas 60-65) | 20-R (35) | 20 | NP | 15-25 | 15-32 (23) | 45-150 (100) | 0,30 | 25,0 |
| Arcillas limosas carbonatadas (Arcillas de Gibraltar) P (cotas inferiores a 60-65m) | 25-R (50) | 20 | NP | 15-25 | 15-35 (25) | 45-150 (120) | 0,30 | 39,0 |

TABLA 1. Algunos parámetros característicos de las formaciones identificadas.

decreto 637/2007 de 18 de mayo de 2007 BOE 2/07/2007.

Tipologías de cimentación y tratamientos de mejora del terreno considerados

Desde el punto de vista de la continuidad física de la infraestructura por condicionantes geotécnicos se pueden identificar cinco subtramos agrupados por presentar problemáticas similares:

- Subtramo 1: desde el inicio de la actuación hasta la Punta del Sebo, atravesando las Marismas del Pinar.

Los terrenos de apoyo de los rellenos son de naturaleza diversa, variando entre vertidos, rellenos compactados, fangos, arcillas grises, gravas, depósitos eólicos, etc., una zona llana caracterizada por una explanación moderada y terraplenes de pequeña altura y taludes suaves.

La presencia de niveles en superficie de baja capacidad portante es la principal dificultad que se ha detectado en el entorno en estudio para el proyecto de terraplenes.

Se ha establecido un criterio de diseño de terraplenes que ha limitado su altura a no superar en general 3 m para que la presión transmitida al terreno sea compatible con su capacidad de carga y deformabilidad. En los casos en los que no ha podido respetarse esta limitación geométrica o que el apoyo de los rellenos se ha previsto especialmente complicado, se ha considerado la disposición de tratamientos de refuerzo y mejora del terreno de apoyo, entre los que cabe señalar columnas de grava, columnas de mortero con desplazamiento, *jet-grouting*, pilotes hincados (prefabricados de hormigón armado o de eucalipto), así como el empleo de mechas drenantes y geosintéticos con función drenante, de filtro y de refuerzo en la base de los terraplenes.

- Subtramo 2: el cruce de la ría del Odiel, que por su singularidad constructiva -puente atirantado-, ejecución de obras en el cauce de la ría del Odiel, con calados relativamente limi-



Figura 15. Equipos de pilotes sobre pontona para ampliación de pantalanes.

tados lo que condicionará las obras auxiliares para el emplazamiento de equipos especiales de cimentación. En este tramo se disponen los apoyos de mayor carga del puente lo que exigirá la formación de islas artificiales para la construcción de las cimentaciones que reciben mayor carga.

En la zona de ubicación de los apoyos del puente la potencia de suelos cuaternarios llega a superar 35 m, con un nivel superficial de rellenos antrópicos de unos 3 m y de fangos entre 6 a 8 m.

El diseño considera que las cargas de la cimentación del viaducto se deben transmitir en profundidad superando los niveles blandos y de arenas flojas más superficiales (susceptibles de licuefacción) hasta alcanzar las formaciones menos deformables de las arcillas grises pliocenas (P).

La solución de cimentación contemplada es de pilotes de extracción de 2,0 m de diámetro, con disposición de una camisa de acero perdida, y al amparo de una entubación recuperable, tipo "morsa", y de lodo bentonítico en los siguientes metros. La longitud es del orden de 60 m, lo que supone una esbeltez de 30. Se considera que la forma de trabajo será fundamentalmente por fuste para limitar asentamientos. La tensión de trabajo se prevé relativamente reducida, 4 MPa, no resultando limitativa del diseño, por las desfavorables condiciones del terreno.

En este caso los valores de resistencia unitaria considerada por fuste varían entre 14 kPa para los niveles de arcillas limosas grises cuaternarias hasta 85 kPa para los niveles de arcillas limosas grises del plioceno. Para el proyecto se ha optado por considerar factores de seguridad 3, tanto para fuste como para punta.

Se prevé el control de integridad mediante la disposición de tubos para ensayos de transparencia ultrasónica (*cross-hole*) y adicionalmente, para los pilotes de mayor diámetro se ha previsto la realización de prueba carga estática con célula bidireccional del tipo *Osterberg*. Esta tecnología ha sido aplicada con éxito, entre otras obras recientes, en el puente del Tercer Milenio y en el Pabellón Puente de la Expo'08 de Zaragoza.

- Subtramo 3: el paso a través de la Isla de Saltés, dentro del Paraje Natural de las Marismas del Odiel, donde se conjugan las dificultades geotécnicas propias de un terreno de marisma con un entorno de alta sensibilidad medioambiental. En los tramos de estructura del paso a través de la isla de Saltés se prevé la hincada de pilotes prefabricados, que presentan la posibilidad de realizar un seguimiento y análisis dinámico de la hincada (P.D.A.), lo que permite comprobar la resistencia del terreno y la capacidad portante del pilote mediante el parámetro básico del rechazo, de-

finido como la longitud de avance de la hincada de un pilote en cada golpe frente a unas condiciones geológico-geotécnicas preestablecidas.

- **Subtramo 4: el cruce de la ría de Punta Umbría,** de similares circunstancias al cruce sobre la ría del Odiel aunque de menor envergadura, se prevé la cimentación profunda mediante encepados de pilotes de 1,0 a 1,5 m de diámetro y longitudes en el rango de 40-50 m.

- **Subtramo 5: Tramo final, ya en la península de Punta Umbría,** sobre terrenos de mejor calidad geotécnica, al constituir una barra litoral, lo que permitirá soluciones de relleno y cimentación con menor necesidad de disponer tratamientos especiales.

Resumen y conclusiones

El proyecto de una Conexión Sur Metropolitana de Huelva, se concibe como una solución que permitirá la redistribución de los intensos flujos de tráfico que actualmente soportan los puentes sobre la Ría del Odiel, canalizando los movimientos entre la capital y las poblaciones del litoral oeste de Huelva (Punta Umbría, El Portil, El Rompido y Cartaya).

Durante el estudio de soluciones de la Conexión Sur Metropolitana de Huelva se han planteado diversas alternativas que contemplan desde soluciones de conexión por el norte, hasta soluciones con trazado soterrado, siendo finalmente descartadas por cuestiones de funcionalidad o de viabilidad constructiva.

Genéricamente, para la definición de las tipologías de cimentación más adecuadas para este proyecto se han tenido en cuenta las desfavorables condiciones geotécnicas de terreno con importantes espesores de suelos blandos saturados, de baja resistencia y alta deformabilidad, la agresividad del medio con valores de PH ácido, la sismicidad y el riesgo de licuefacción potencial de los niveles arenosos más superficiales, las posibilidades de accesibilidad de equipos, y las limitaciones de movimientos que

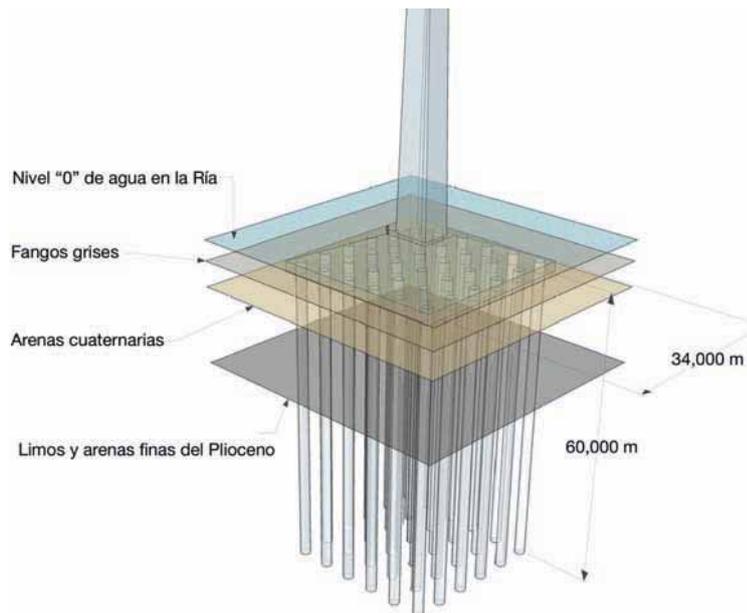


Figura 16. Modelo 3D geométrico de la cimentación del puente principal.



Figura 17. Puente sobre el Estero del Burro Grande.

impone la propia estructura.

De forma muy especial se ha tenido en cuenta la intensa protección medioambiental que caracteriza el ámbito de actuación, constituyendo el mayor complejo de marismas marales del litoral andaluz.

El diseño de las cimentaciones del Nuevo Puente sobre la ría del Odiel en Punta Umbría y de las obras auxiliares y de acompañamiento, supone un reto que requiere la disposición de datos del terreno de la mayor fiabilidad para una caracterización precisa de su comportamiento tenso-deformacional, un análisis de cálculo riguroso mediante procedimientos y programas numéricos que permitan cuantificar el comportamiento del conjunto estructura-cimentación, tanto a corto como a lar-

go plazo, para distintas hipótesis de acciones, una ejecución de obra muy cuidada y exigente, y, finalmente, sistemas y dispositivos de auscultación y control adecuados para la verificación de la idoneidad del proyecto, en consonancia con la singularidad de la infraestructura y del medio natural en el que se enmarca.

Agradecimientos

Finalmente, los autores desean expresar su agradecimiento a la Dirección General de Infraestructuras Vías y Transportes de la Junta de Andalucía y a la Gestión de Infraestructuras de Andalucía, S.A. (GIASA), por la confianza depositada para la presentación de este artículo. ■

Finalizada la Ronda Norte de Zamora

*Esteban Marino Alonso, ICCP,
Jefe de la Unidad
y Director Facultativo de las obras.*

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1. Situación actual

La ciudad de Zamora se encuentra enclavada en la confluencia de dos ejes de gran importancia: un eje Norte-Sur (ruta de la Plata) y un eje Este-Oeste (N-122). Es, por tanto, un punto estratégico en las comunicaciones entre España y Portugal. En la actualidad ambas vías tienen sección de carretera convencional, con doble sentido de circulación en las cercanías de Zamora. El tráfico de paso debe entrar en la ciudad a través de la Avenida de Galicia, para seguir camino o bien puede circunvalarla por la Avenida del Cardenal Cisneros. Esto unido a la conversión en vías de gran capacidad, con sección de autovía, de ambas carreteras nacionales (N-630 y N-122) hace necesaria la construcción de una Ronda que libere a la ciudad del tráfico de paso.

Actualmente está en funcionamiento la autovía A-11, entre Tordesillas y Zamora, así como la A-66, entre Salamanca y Zamora, estando en fase de redacción los proyectos de las autovías entre Zamora y Benavente (actual N-630) y entre Zamora y Portugal (actual N-122).

De este modo, la ciudad de Zamora tendrá en un futuro cercano unos accesos, por los cuatro puntos cardinales, constituidos por vías de gran capacidad con sección de autovía, de tal forma que, para evitar que el tráfico de paso tenga que penetrar en la ciudad, se crea una circunvalación con igual sección, formada por el tramo de la Autovía de la Plata (A-66) entre su enlace con la Autovía del Duero (A-11) y el enlace con la Ronda Norte de Zamora, más la propia Ronda Norte de Zamora que finaliza con la conexión con la actual N-122 (futura Autovía del Duero).



Vista aérea del enlace con la N-630.

1.2. Descripción del proyecto

La Ronda Norte de Zamora, cuyas obras han supuesto una inversión cercana a los 27 millones de euros, se desarrolla en los términos municipales de Valcabado, Roales del Pan y Zamora. La orientación de la Ronda es noroeste-sureste, el terreno tiene pequeñas ondulaciones y zonas alomadas donde destaca el valle del arroyo Valderey, que es afluente del río Duero.

En su amplia mayoría, el terreno se dedica a labores agrícolas y ganaderas, con edificaciones aisladas destinadas a vivienda

y a algunas naves industriales, existiendo también zonas puntuales dedicadas a la función de vertedero, tanto de productos inertes como de desecho, de algunas industrias de manufacturación. A continuación se detalla el medio atravesado.

– La Ronda Norte de Zamora nace en el enlace con la Autovía de la Plata (A-66), a la altura de su p.k. 272 (estructura E-1), dentro del término municipal de Valcabado, al norte de su suelo urbano. Los terrenos atravesados en su desarrollo hasta su cruce con la carretera de Valcabado a Roales del Pan son rústicos y están dedicados a labores agrícolas y ganaderas dejando en sus márgenes algu-

nas edificaciones aisladas destinadas a vivienda y al resto de labores antedichas.

Una vez que se salva la carretera de Valcabado a Roales del Pan (estructura E-3), el trazado se dirige hacia el enlace con la N-630, y pasa entre diferentes naves industriales por la franja de reserva destinada para la Ronda en el planeamiento urbano de Roales del Pan. La conexión con la carretera nacional se realiza mediante una glorieta a desnivel que regula los tráficos provenientes de ambas vías (estructuras E-4 y E-5).

Una vez superado el enlace con la N-630 se encamina, a través de suelos dedicados a la agricultura y la ganadería, a su conexión con la N-122 al oeste de la ciudad de Zamora, mediante un enlace formado por dos rotondas (estructura E-10). Para ello tiene que salvar la carretera local a La Hiniesta, el arroyo de Valderrey (estructura E-7) y la línea férrea Zamora-Orense (estructura E-8), además de algunos caminos agrícolas (estructuras E-9 y E-11).

1.2.1. Trazado

De acuerdo con la Orden de Estudio Modificada, la velocidad de proyecto es de 100 km/h, que ha sido la velocidad considerada en el diseño, si bien siempre que ha sido posible se ha aumentado a 120 km/h en aquellas zonas donde no hubiese otros motivos (ocupación de suelos, edificaciones, servicios existentes etc.) que lo imposibilitarán.

Secciones transversales

Las secciones transversales adoptadas en el tronco de la autovía se resumen en el cuadro 1.

Por lo que se refiere a los **ramales de enlace**, para todos los que entran y salen del tronco de la autovía, se adopta una sección transversal compuesta por una calzada de 3,50 m + sobreebanco \geq 4,00 m, arcén izquierdo de 1,00 m, arcén derecho de 2,50 m y bermas exteriores de 1,50 m.

En el enlace con la **N-630 actual (es-**



Vista panorámica del tramo en la que se observa la Estructura E-9, un paso de camino sobre la Ronda.

estructuras E-4 y E-5), además de la sección adoptada para los ramales del enlace, ya indicados anteriormente, para la glorieta se adopta una sección compuesta por una calzada de 8,00 m, arcén exterior de 1,50 m, arcén interior de 0,50 m y berma exterior de 1,50 m.

La sección para la *conexión de la glorieta con la actual N-630*, en sentido a Gijón, es de una calzada de 7,00 m, con arcenes de 1,50 m y bermas de 1,50 m.

La sección tipo para la *conexión de la glorieta con la N-630*, en sentido a Zamora, vino determinada por el proyecto de construcción ya ejecutado "Reordenación de Accesos y Mejora de la Seguridad Vial, pp.kk. 272,500 al 275,000 de la N-630", Clave 39-ZA-2920, consistente en una doble vía urbana, con sección de autovía, cuyos anchos se indican a continuación:

- Calzada (2): 7,00 m
- Arcén exterior: 2,50 m
- Arcén interior: 1,00 m

- Mediana: De ancho estricto para barrera rígida B.1.1.

- Berma exterior: No existen. Disposición de vías de servicio.

En cuanto al **enlace N-122 Zamora Oeste (estructura E-10)** y para el "*ramal principal*" entre las dos glorietas, su sección es de 2 calzadas de 4 m de anchura, arcenes exterior de 1,50 e interior de 1,00 m, berma exterior de 1,50 m y mediana de 3 m.

La sección adoptada para cada *glorieta* es: calzada de 8,00 m, arcenes interior de 0,50 m y exterior de 1,00 m y berma exterior de 1,50 m.

Para el *ramal de conexión de la glorieta 2 con la N-122*, a la altura de la actual estación de servicio, la sección adoptada se compone de una calzada de 7,00 m, con arcenes y bermas de 1,50 m.

En la *conexión con la N-122*, para mejorar el encauzamiento del tráfico a partir de dicha estación de servicio, se pro-

| Tronco de autovía | Calzada | Arcén int. | Arcén ext. | Berma int. | Berma ext. | Mediana |
|--------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------------------------|
| P.k. 0+000 al p.k. 2+700 | (2) 7,00 m | 1,50 m | 2,50 m | No existen | 1,50 m | 2,00 m |
| P.k. 2+700 al p.k. 2+900 | (2) 7,00 m | 1,00 m | 2,50 m | 1,00 m* | 1,50 m | Transición 2,00 a 10,00 m |
| P.k. 2+900 al p.k. 6+152 | (2) 7,00 m | 1,00 m | 2,50 m | 1,00 m | 1,50 m | 10,00 m |

*Las bermas serán de 1,00 m cuando el ancho de la mediana alcanzado durante la transición sea el necesario para disponer las mismas.

Cuadro 1.

Accesos a Grandes Ciudades

longa un tercer carril hasta la glorieta, de 3,50 m de anchura.

Tipología de los enlaces

Enlace con la A-66, Ruta de la Plata (estructura E-1)

Se diseña con una tipología de trompeta con ramales unidireccionales de un carril por sentido, y porque el tráfico previsto en el estudio realizado indica que no es necesario diseñar convergencias y divergencias de autovías.

Enlace con la N-630 (estructuras E-4 y E-5)

Se diseña de tipo diamante con una gran glorieta a desnivel, quedando resueltos todos los sentidos de la circulación, y teniendo en cuenta que el tramo de reordenación de accesos adquiere la tipología de autovía con un marcado carácter urbano.

Enlace N-122 Zamora Oeste (estructura E-10)

La futura autovía Zamora-Portugal ("Autovía del Duero") condiciona el enlace de la Ronda con la N-122, que pasará a ser la futura autovía de Zamora a Portugal, por lo que este enlace pasará a tener un carácter más acentuado como acceso a la ciudad de Zamora por el Oeste.

Por tanto, teniendo en cuenta las circunstancias anteriormente expuestas y el tráfico previsto, de acuerdo con el estudio de tráfico, se proyecta para esta intersección un enlace tipo "pesas", que resuelve todos los movimientos y permite una buena conexión entre ambos márgenes de la autovía.

También hay que destacar que se opta en el mismo por glorietas en vez de intersecciones, para permitir una mejor confluencia de los ramales y mejorar la conexión de caminos, todo ello encaminado a mejorar la permeabilidad del tronco de la autovía, como se ha comentado anteriormente.

El trazado de la conexión con la N-122 en el enlace proyectado está condicionado por la presencia de la estación de servicio existente. Dada la tipología del enlace, un trazado como el proyectado genera una disminución de velocidad, para el acceso a las glorietas, necesario de cara a la correcta percepción por el usuario de estas.

Características geométricas principales del trazado proyectado



Reposición N-630 (estructuras E-4 y E-5).

Trazado en planta

El eje del tronco de la autovía tiene un desarrollo total de 6 151,516 m, comenzando en el p.k. 0+000 y terminando en el p.k. 6+151,516. Dicho eje está definido por un total de 8 alineaciones, de las cuales 6 son circulares y 2 rectas.

Las alineaciones circulares están dotadas de curvas de transición de tipo clotoide, cumpliendo todos los requisitos de la "Instrucción 3.1-IC "Trazado", con dos excepciones: las clotoides situadas en la zona de transición de mediana (p.k. 2+700 al p.k. 2+900). En esta zona, las clotoides se han alargado para cubrirla toda ella, consiguiendo así una transición suave y sin garrotes. Además, todas las clotoides de entrada y salida de los radios

son simétricas, excepto las anteriormente mencionadas. También en esta zona, el trazado está condicionado para ajustarse lo máximo posible, pero evitando la afección a la edificación situada en el p.k. 2+750, en la margen derecha.

El radio mínimo en alineaciones circulares es de 720 m, mientras que el máximo es de 2 500 m. El mínimo desarrollo de las curvas circulares es de 451,900 m y el máximo 1 012,656 m. El parámetro mínimo de clotoide es de 260 y el máximo 850.

No existen rectas entre curvas en S, ni rectas entre curvas del mismo sentido. Las dos rectas proyectadas se encuentran ubicadas al principio y final del trazado. La primera, situada en el inicio, co-



Enlace con la A-66 (estructura E-1).

necta la autovía con el enlace Ruta de la Plata, mientras que la del final corresponde a la alineación existente en la actual N-122 y sobre la cual nos apoyamos para efectuar la conexión.

Trazado en alzado

El trazado en alzado está definido por 7 alineaciones, siendo la pendiente máxima del 2,0%, sin contar la conexión con la actual N-122 en donde es de 2,223%, y la mínima del 0,500%.

La cota mínima de la rasante en el tramo se alcanza en el p.k. 3+169,459 (Arroyo Valderrey), con un valor de 677,020 m, mientras que la máxima se encuentra en el p.k. 6+151,516 (final de trazado), con una cota de 708,650 m.

Los valores extremos de los parámetros Kv de los acuerdos verticales adoptados son: convexos (Kv min. = 20 000 y Kv max. = 30 000) y cóncavos (Kv min. = 8 000 y Kv max. = 9500).

Todos los parámetros Kv de los acuerdos verticales cumplen el mínimo deseable para 100 km/h, incluso para una velocidad de 120 km/h, en el caso de acuerdos convexos, cumpliéndose el mínimo absoluto para dicha velocidad en todos los casos.

Coordinación planta-alzado

Del examen del perfil longitudinal del tronco, se deduce que se produce la coordinación planta-alzado de acuerdo con los esquemas contenidos en la Norma 3.1-IC. Destacar el diseño de la parte final, con dos acuerdos contenidos en el último radio que, debido a sus grandes parámetros, no reducen la visibilidad, según el estudio de visibilidad realizado.

Peraltes

La ley de peraltes para el tronco ha sido deducida teniendo en cuenta los valores y limitaciones establecidos en la vigente Instrucción de Carreteras 3.1. I.C .



Vista aérea del enlace con la N-122 (estructura E-10).

Todas las transiciones de peraltes se han realizado con los criterios de la Norma antedicha.

Características geométricas de los enlaces proyectados

Las vías de aceleración y deceleración se han proyectado para permitir el cambio de velocidad de 60 km/h a 120 km/h, o viceversa, excepto el Ramal 30 del enlace Ruta de La Plata, que, como ya se ha comentado, tiene una velocidad de control de 50 km/h.

La plataforma resultante hasta la nariz o punta es continuación de la autovía y, entre esta sección y la característica de 1 m, se ha controlado que la diferencia de peraltes entre el tronco y el ramal no supere el 5%.

Las cuñas de aceleración son de 175 m y las de deceleración de 100 m, para la autovía, tal y como establece la vigente Instrucción de Carreteras 3.1-IC para una velocidad de proyecto de 120 km/h.

El radio mínimo utilizado en planta es de 350 m, y el kv mínimo convexo de 3

500 m, siendo la pendiente máxima del 3,8%.

El peralte en las glorietas se ha definido hacia el exterior y con un valor del 2%.

1.2.2. Firmes y Pavimentos

A efectos de dimensionamiento de firme se supone una categoría de tráfico T1 para los dos tramos del tronco y de los ramales de enlace más cargados, que son el ramal 10 y los carriles de aceleración y deceleración de los ramales 20, 30, 40 y 50 del enlace con la Autovía de la Plata; y las calzadas izquierda y derecha de la conexión puesta en servicio.

Para el resto de los ramales del enlace con la Autovía de la Plata, todos los ramales de los enlaces con la N-630 actual y con la N-122 (Zamora Oeste), así como en las reposiciones de carretera y el desvío para el paso bajo la N-630, se les supone una categoría de tráfico T2.

En el cuadro 2 se describe el paquete de firme dispuesto en cada uno de los ejes del proyecto. Tal y como se indica, se han tomado las secciones 132 y 232

| Rodadura | Riego adherencia | intermedia | Riego adherencia | base | Riego adherencia | Riego curado | Suelocemento |
|----------------------------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|--------------|--------------|
| Calzada y arcén izquierdo | | | | | | | |
| 3 cm M-10 | ECR-1-m | 7 cm D-20 | ECR-1 | 10 cm G-25 | ECR-1 | ECR-1 | 20 cm |
| Arcén derecho | | | | | | | |
| 3 cm M-10 | ECR-1 | 7 cm D-20 | ECR-1 | | | ECR-1 | 30 cm |
| Calzada y arcén izquierdo | | | | | | | |
| 5 cm S-12 | ECR-1 | | | 10 cm G-25 | ECR-1 | ECR-1 | 20 cm |
| Arcén derecho | | | | | | | |
| 5 cm S-12 | ECR-1 | | | | | ECR-1 | 30 cm |

Cuadro 2.

Accesos a Grandes Ciudades

del catálogo de secciones de firme de la Instrucción 6.1.-I.C. para tráficos T1 y T2 respectivamente.

Para el tronco, el ramal 10 y los carriles de aceleración y deceleración de los ramales 20, 30, 40 y 50 del enlace con la Autovía de la Plata, y las calzadas izquierda y derecha de la conexión de puesta en servicio, se dispone la sección 132.

El firme en caminos está compuesto por 15 cm de suelo estabilizado "in situ" con cemento S-EST3 sobre 30 cm de suelo "adecuado", según el artículo 330 del PG-3.

El firme dispuesto sobre las estructuras que dan paso al tronco se compone de 3 cm de mezcla bituminosa en caliente del tipo M-10 en la capa de rodadura, riego de adherencia ECR-1-m y 4 cm de m.b.c. D-20 en la capa intermedia.

El firme dispuesto sobre las estructuras que den paso a ramales de enlace o caminos quedará formado por un riego de adherencia ECR-1 sobre el que se disponen 5 cm de mezcla bituminosa en caliente S-12.

El firme extendido en los pasos de mediana es el correspondiente al arcén derecho del tronco.

En los ramales de enlace entre dos ejes con distinta sección, el firme del eje de mayor categoría se mantiene hasta la nariz de la conexión con el mismo.

1.2.3. Estructuras

Estructura E-1

Corresponde al paso sobre la Autovía de la Plata. El cruce se efectúa permitiendo un gálibo aproximado de 9,50. La luz total que salvar es de 74,50 m entre ejes de estribos. Debido al esviaje existente en el lugar del cruce entre las dos vías, los estribos no son perpendiculares al eje de la calzada, situándose los dorsales en el p.k. 10+420 y los frontales en el p.k. 10+494 aproximadamente.

La estructura está situada en una zona de acuerdo horizontal presentando una curvatura variable en planta.

Las pilas se han situado en los laterales de las calzadas dejando una distancia libre, respecto a los bordes exteriores de arcenes, de 4,00 m; y, en la mediana de la calzada que hay que cruzar, manteniéndose el eje que forma cada línea de apoyo paralelo y equidistante respecto a los bordes interiores de las calzadas



Viaducto (estructura E-7).

Consiste en dos estructuras esviadas con tablero de losa maciza continua de hormigón pretensado, de 4 vanos: 15,15 m de luz los laterales, y 20,00 y 23,50 m cada uno de los centrales.

El canto del tablero es constante a lo largo de toda la longitud y de 1,00 m de espesor, teniendo 3 m de ancho inferior, paramentos inclinados de 0,65 m de proyección horizontal y voladizos laterales de 2,35 m. El tablero, un ancho total de 9 m, correspondiente a dos barandillas laterales de 0,5 m, dos arcenes (el exterior de 2,5 m y el interior de 1,5 m de anchura) y una calzada de 4 m. Tanto la sección del tablero como las luces de los vanos son idénticas para las dos estructuras.

Las pilas tienen sección circular de 1,20 m de diámetro constante a lo largo de toda su altura. Entre los tableros y las pilas se colocan aparatos de apoyo circulares de neopreno zunchado.

Los estribos son muros de hormigón armado, con altura variable entre 8,57 y 7,44 m y de espesor constante. Debido al esviaje existente entre las vías que hay que cruzar, los estribos no se sitúan perpendiculares al eje de la calzada, sino paralelos al borde de la autovía, permitiendo que las luces sean iguales para ambas estructuras. El tablero está apoyado sobre elementos rectangulares de neopreno zunchado.

La construcción de las pilas se reali-

za mediante encofrado en toda su altura. Para el tablero se emplea un método de ejecución "in situ" mediante el encofrado de los distintos vanos y posterior hormigonado.

Estructura 2

Esta estructura se proyectó para permitir la reposición de un camino bajo la Ronda Norte de Zamora y se trata de un paso inferior en marco que deja una luz libre de 7,00 m y un gálibo de 4,50 m.

La losa superior se ha proyectado con un espesor de 0,70 m, los hastiales son de 0,60 m de ancho y la losa de solera tiene un canto de 0,80 m. En la parte superior de los hastiales se han dispuesto las correspondientes losas de transición con el terraplén de 5,00 m de longitud y 0,30 m de espesor. La longitud total del marco es de 32,00 m.

Estructura 3

Esta estructura se proyectó para permitir el paso del tronco sobre la carretera de Roales a Valcabado. Es una estructura que deja una luz libre de 17,20 m, sin ningún apoyo intermedio, y con un esviaje medio de 26 g. La estructura dispone de dos tableros de 12,00 m de ancho, uno para cada sentido.

En cada tablero el vano se salva mediante ocho vigas prefabricadas de hormigón pretensado, de 0,90 m de canto y 18,70 m de longitud total, con una separación entre ejes de 1,56 m. Sobre estas vigas se hormigona in situ una losa

de hormigón de 0,25 m de espesor.

Sobre esta losa se dispone un tratamiento de impermeabilización, que recibe la capa de rodadura de 7,00 cm. En los laterales del tablero se ha dispuesto una barrera de hormigón como elemento de contención de vehículos. Igualmente, en los extremos de cada tablero se han dispuesto juntas de dilatación, y sumideros laterales.

Estructuras E-4 y E-5

Corresponden al paso de la glorieta sobre el tronco, y son gemelas.

La glorieta se desarrolla en circunferencia de radio 60 m y el ancho de la estructura es de 11,50 m, correspondiente a dos carriles de 4 m, arcén exterior de 1,50 m e interior de 1,00 m, y dos zonas de 0,50 m para alojar las barreras rígidas.

Es una losa continua, aligerada, de hormigón pretensado, con dos vanos de 25 m.

La losa, con canto constante de 1,20 m, tiene una anchura inferior de 5,20 m, paramentos laterales inclinados a 45° con proyección horizontal de 0,85 m y voladizos laterales de 2,30 m.

La sección se aligera con tres tubos de 0,85 m de diámetro en el vano central.

Las pilas se componen de dos fustes por línea de apoyo, de 7,87 m de altura la E-4 y de 7,70 m la E-5, de sección cuadrada, de 0,90 m de lado, con bordes redondeados con cuartos de círculo de 0,10 m de radio. Ambas se cimentan mediante zapata corrida de 7,90 x 5,00 x 1,60 m.

Estructura E-6

Corresponde a un paso de camino sobre la Ronda.

El ancho de la estructura es de 8,00 m, con calzada de 5 m, dos arcenes de 1 m, y las dos zonas de 0,50 m para ubicación de las barreras rígidas.

La Ronda tiene tres carriles en la calzada izquierda y dos carriles con una vía de aceleración en la calzada derecha, por lo que no hay simetría respecto al eje de la mediana.

Es una losa continua, maciza, de hormigón pretensado, con cuatro vanos de 16-21-19-13 m.

La sección del tablero tiene canto constante de 1,00 m, con una anchura inferior de 2,50 m, paramentos laterales inclinados a 45° con proyección horizontal de 0,65 m, y voladizos laterales de 2,10 m.



Vista panorámica del viaducto (estructura E-7) y del trazado desde el p.k. 3 hacia el final del tramo.

Se dispone fuste único circular, de 1,40 m de diámetro por cada línea de apoyo, con alturas de 13,70 m en la pila 1, 12,36 m en la pila 2 y 10,99 m en la pila 3, cimentadas sobre zapatas.

Estructura E-7

Corresponde al paso del tronco de la variante sobre el Arroyo Valderrey, así como de la carretera de la Diputación hacia la localidad de La Hiniesta.

El paso del tronco del valle se efectúa a una altura de unos 18 m, en unos 240 m de longitud, subiendo luego suavemente la ladera en otros 60 m, hasta quedar la rasante a unos 10 m sobre el terreno.

Las longitudes de los viaductos son de 304 m y 264 m para la calzada izquierda y derecha, respectivamente.

Consiste en dos estructuras con tablero en losa aligerada, continua de hormigón pretensado. La calzada de la izquierda tiene 7 vanos, teniendo los laterales una luz de 32 m y los frontales de 40 m. La de la derecha, debido al esviaje de la carretera, es de 8 vanos, siendo de 32 m los extremos y de 40 m de luz el resto.

El canto del tablero es constante de 1,8 m, con un ancho inferior de 5,8 m, paramentos laterales inclinados de 0,6 m de proyección horizontal y dos voladizos laterales de 2,5 m. La anchura es de 12,00 m en cada calzada, correspondiente a dos carriles de 3,5 m, arcén derecho de 2,50 m e izquierdo de 1,50 m, y dos

zonas extremas de 0,50 m para anclaje de las barreras rígidas laterales. La sección se aligera con tres tubos de 1,40 m de diámetro, a 1,95 m de separación entre ejes, que se interrumpen a 1,00 m de las líneas de apoyo en estribos y pilas para materializar las riostras de apoyo.

Las pilas son de sección octogonal alargada, aligeradas, de 5,80 x 2,00 m, con chaflanes 0,90 x 0,50 m. El espesor de la pared varía entre 30 y 20 cm. Se macizan los 1,50 m superiores.

Los estribos son muros de hormigón armado, de 12 m de altura en las esquinas próximas a la carretera, 1,55 m de espesor, escalonados los dorsales, y de parecidas dimensiones los frontales. Debido a la diferente longitud de las calzadas, se ha previsto la construcción entre los estribos dorsales de un muro de 40 m de longitud y altura variable que impida la caída de tierras contra la calzada derecha.

La construcción de las pilas se realiza con encofrado trepante, y la del tablero por vanos sucesivos, dejando las juntas de construcción a 10 m del eje de apoyo en pilas.

Estructura E-8

Esta estructura se ha proyectado para permitir el paso del tronco sobre la vía de ferrocarril que atraviesa la traza. Es una estructura que deja una luz libre de 17,20 m, sin ningún apoyo intermedio, y con un esviaje medio de 5 g. La estructura se pro-

Accesos a Grandes Ciudades

yecta con dos tableros de 12,00 m de ancho, uno para cada sentido.

En cada tablero, el vano se salva mediante ocho vigas prefabricadas de hormigón pretensado, de 0,90 m de canto y 18,70 m de longitud total, con una separación entre ejes de 1,56 m. Sobre estas vigas se hormigona in situ una losa de hormigón de 0,25 m de espesor.

Sobre esta losa se dispone un tratamiento de impermeabilización, que recibe la capa de rodadura de 7,00 cm. En los laterales del tablero se ha dispuesto una barrera de hormigón como elemento de contención de vehículos. Igualmente, en los extremos de cada tablero se han dispuesto juntas de dilatación, y sumideros laterales.

En la parte superior de los estribos, al igual que en el resto de estructuras, se ha dispuesto la correspondiente losa de transición con el terraplén, de 5,00 de longitud y 0,30 m de espesor.

Estructuras E-9 y E-11

Corresponden a pasos de caminos sobre la Ronda.

El ancho de la estructura es de 8,00 m, con calzada de 5 m, dos arcones de 1 m, y las dos zonas de 0,50 m para ubicación de las barreras rígidas.

Son losas continuas macizas, de hormigón pretensado, con 4 vanos de 13-19-19-13 m.

La sección del tablero tiene canto constante de 0,90 m, con una anchura inferior de 2,70 m, paramentos laterales inclinados a 45° con proyección horizontal de 0,55 m, y voladizos laterales de 2,10 m.

Se dispone fuste único circular, de 1,20 m de diámetro por cada línea de apoyo, con alturas variables, cimentadas sobre zapatas.

Estructura E-10

Esta estructura se proyecta para permitir el paso del tronco sobre un ramal (eje 21) que conecta dos glorietas. Se ha proyectado una estructura que deja una luz libre de 17,20 m, sin ningún apoyo intermedio y prácticamente sin esviaje. La estructura se proyecta con dos tableros de 12,00 m de ancho, uno para cada sentido.

En cada tablero, el vano se salva mediante ocho vigas prefabricadas de hormigón pretensado de 0,90 m de canto y 18,70 m de longitud total, con una separación entre ejes de 1,56 m. Sobre es-



Detalle de los viaductos (estructura E-7).

tas vigas se hormigona in situ una losa de hormigón de 0,25 m de espesor.

Sobre esta losa se dispone un tratamiento de impermeabilización, que recibe la capa de rodadura de 7,00 cm. En los laterales del tablero se ha dispuesto una barrera de hormigón como elemento de contención de vehículos. Igualmente, en los extremos de cada tablero se han dispuesto juntas de dilatación, y sumideros laterales.

Pasarela

Para permitir el paso peatonal entre norte y el sur de la glorieta, situada en el enlace de la Ronda Norte de Zamora con la N-630 (estructuras E-4 y E-5), se dispone de cuatro marcos de dimensiones interiores 2,50 x 2,50 m bajo el terraplén de la glorieta, situados más concretamente en el entorno de sus p.p.k.k. 10+120 y 10+260.

Además se permite el cruce sobre la

Ronda Norte de Zamora, en el entorno del p.k. 1+875, mediante una pasarela prefabricada de hormigón pretensado con una luz en su vano central de 30,00 m de longitud. Las rampas de acceso a este vano presentan una pendiente del 10% en una longitud de 8,215 m.

El tablero de la pasarela tiene un canto de 1,20 m y anchura total de 2,50 m, en donde se dispondrán barandillas. Este tablero se apoya sobre pilares de sección cuadrada de 0,80 m de lado sobre zapatas. Las rampas de acceso tienen una sección de 0,50 x 0,50 m. ■

Unidades importantes

Terraplén: 804 158,06 m³

Excavación en desmonte:

889 889,64 m³

Hierro B-500-S: 2 254 011,91 kg

Cunetas de hormigón:

18 897,63 m

HM-15: 1 638,59 m³

HM-25: 6597,11 m³

HA-25: 14 395,63 m³

HM-30: 2620,1 m³

HP-35: 7434,87 m³

Suelo estabilizado con cemento:

150 025,34 m³

Mezclas bituminosas

G-25: 38 705,6 t

D-20: 27 703,84 t

M-10: 10 630,58 t

Financiación

Nombre de la obra:

Ronda Norte de Zamora.

Promotor: Ministerio de Fomento.

Demarcación de Carreteras del Estado en Castilla y León Occidental.

Empresa autora del proyecto:

Eptisa.

Dirección de obra:

D. Esteban Marino Alonso, ICCP y

D. Rubén Tino Ramos, ITOP.

Empresa constructora:

Collosa, S.A.

Jefe de obra:

D. Ernesto Aparicio García, ICCP.

Asistencia técnica:

UTE Saproinco-Ingiopsa-

-LV Salamanca.

D. José Arias Álvarez, ICCP.

Dña. Ana García Hernández, ITOP.

Asistencia técnica medio ambiente:

Estructuras Ambientales, S.L.

Dña. Blanca Arenaz Gombau.

Asistencia técnica seguridad

y salud: Prointec.

Dñas. Patricia Martín Martín.

Finalizada la Autovía A-75, Verín - Frontera portuguesa



Vistas panorámicas de la autovía, de 12,7 km de longitud troncal y en la que se han dispuesto 2 enlaces, 3 viaductos, 5 pasos superiores, 8 pasos inferiores y 1 pasarela.

Federico Saldaña Martín, ICCP
y Director de las obras.

El 19 de junio de 2010, el ministro de Fomento, José Blanco, y el ministro de Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones de Portugal, Antonio Mendonça, presidieron en Verín (Ourense) el acto de puesta en servicio de la conexión de la autovía A-75 entre Galicia y Portugal, que se compone de los tramos Verín-frontera portuguesa y el puente internacional que une Feces de Abaixo (A-75, España) con Vilaverde da Raia (IP-3, Portugal).

La apertura de estos dos tramos permitirá la conexión de la autovía española con la autopista portuguesa IP-3 y ha supuesto una inversión conjunta de 62 millones de euros.

El trazado Verín-Frontera portuguesa discurre por el municipio de

Verín, con una longitud total de 12,7 km de recorrido. El comienzo del tramo se sitúa próximo a Verín donde se produce la conexión de la Autovía de las Rías Baixas (A-52), Benavente-Ourense - O Porriño, con la nueva autovía A-75 y la N-532 (Verín-Frontera Portuguesa).

La nueva autovía A-75 se realiza en un único tramo, con una inversión total de 59,5 millones de euros, y ha sido diseñada de acuerdo con los estudios de tráfico, con el máximo respeto medioambiental y preservando en todo momento el Camino de Santiago cuyo itinerario es sensiblemente paralelo a la traza, cruzando a la nueva autovía en tres puntos.

El trazado discurre en su mayor parte del recorrido sensiblemente paralelo a la N-532 y termina en el puente internacional, anteriormente mencionado, y finalizado con anterioridad.

Características geométricas

La planta de la autovía mantiene un trazado con un radio mínimo de 730 m y máximo de 5 000 m, una pendiente máxima del 3,5% que se adapta al terreno para minimizar su afección medioambiental y los movimientos de tierras necesarios, manteniéndose relativamente alejada de las poblaciones existentes.

Secciones tipo

La sección transversal tipo de la nueva autovía es una plataforma de 2 calzadas, con 4 carriles, 2 para cada sentido de circulación. Cada calzada está formada por dos carriles de 3,50 m de ancho y arcenes exteriores de 2,50 m e interiores de uno. Ambas calzadas se encuentran separadas por una mediana de ancho



Trazado en planta y ubicación del tramo.

variable, siendo de 9 m de anchura desde el enlace con la A-52 hasta el km 9, y de 2 m hasta el final del tramo, coincidente con el nuevo Puente Internacional, a efectos de llegar con la misma sección tipo de la IP-3 portuguesa.

En cuanto a los firmes, la sección está formada por una explanada de 75 cm de suelo seleccionado, 25 cm de zahorra artificial y 20 cm de mezclas bituminosas, habiéndose ejecutado la base con mezclas de alto módulo y siendo la última capa de rodadura de tipo drenante.

Enlaces

En la población de Mandín se ha dispuesto un enlace intermedio de ti-

po diamante con pesas, que conecta el tronco de la autovía con la N-532, y con las vías de servicio bidireccionales, situadas en ambos lados del enlace, que sirven de conexión con las futuras áreas de servicio situadas más adelante. Este enlace sirve de conexión intermedia con los núcleos de población próximos a la traza.

El enlace con la A-52 se realiza mediante ramales directos para los movimientos Benavente-Portugal, y mediante un ramal de conexión al enlace de Verín de la A-52 (que se remodela) para los movimientos Ou-

rense-Portugal.

Estructuras

Para salvar las vaguadas más importantes se han realizado tres viaductos dobles de tres tipologías distintas:

- El primero, situado sobre el río Ábedes de 116 m, consiste en una estructura de 3 vanos (30+56+30 m) con

sección cajón y un ancho de 7 m, ya que está dispuesto en el ramal bidireccional de acceso al enlace de Verín.

– Un segundo viaducto de 178 m sobre el Arroyo Seco formado por una estructura de 6 vanos y tipología de vigas doble T con un ancho de 11,50 m para cada calzada.

– Finalmente, se ha dispuesto un tercer viaducto de 144 m, sobre el Arroyo Sandín, realizado mediante una estructura, constituida por losa aligerada y cuatro vanos (27+45+45+27 m) de 11,50 m de ancho por calzada.

Además, se han construido 4 pasos superiores sobre el tronco de tipo losa aligerada, 3 bidireccionales con un ancho total de tablero de 9 m y 1 unidireccional con un ancho de 8,50 m para el ramal de acceso desde la A-52. Este ramal también cuenta con un paso superior sobre la autovía A-52 resuelto mediante una estructura mixta de cajón metálico y losa superior de hormigón, de un ancho total de 8,50 m.

Así mismo, se han dispuesto otros 8 pasos inferiores realizados *in situ* para restituir caminos y carreteras que varían entre los 7 y los 12 m de anchura.

Impacto medioambiental

En las obras se han dispuesto importantes medidas medioambientales y pasos que eviten el efecto barrera, dotándola de una adecuada permeabilidad a lo largo de su recorrido. Para ello se han realizado más de 17 km de caminos de servicio para la reposición de servidumbres interceptadas a varias fincas, destacando especialmente la reposición del Camino Portugués de la Plata hacia Santiago de Compostela, que se resuelve mediante la construcción de dos pasos inferiores y una pasarela peatonal.

Así mismo y dado el marcado respeto medioambiental de la obra y a efectos de dar cumplimiento a los condicionantes establecidos por la declaración de impacto ambiental, se han aplicado las medidas preventivas y co-

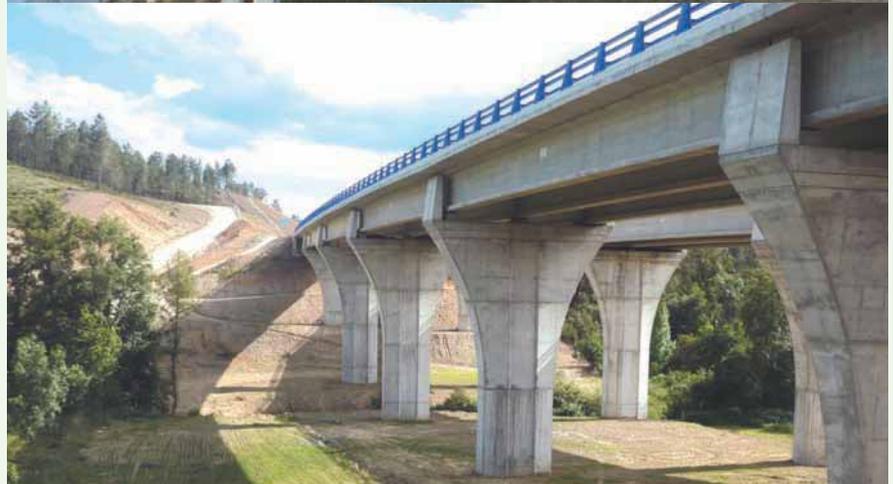


Terraplén, p.k. 5+400 al p.k. 6+600.

rectoras de protección del sistema hidrológico, de la vegetación, de la fauna, y del ruido.

Además, se adoptaron medidas de protección del patrimonio histórico artístico y arqueológico, destacando el traslado y restauración de la Noria da Diestra, el corte y traslado de la Pena da Moura y la restitución, como ya se ha indicado, del Camino Portugués de la Plata.

Finalmente, hay que destacar la revegetación de taludes mediante hidrosiembra y plantación de especies autóctonas; la construcción de balsas de decantación, tanto en fase de construcción como en fase de explotación para garantizar la no afección a cauces naturales; y la construcción de 17 marcos de 2,50 x 2,50 m y uno de 7 x 3,50 m para garantizar los pasos de fauna. ■



En la foto superior: Estructura mixta, paso superior A-52. Foto inferior: Vista desde la margen izquierda del viaducto de Arroyo Seco.

Nombre de la obra:
Autovía Verín-Frontera Portuguesa (A-75). Tramo: Verín-Frontera Portuguesa.

Promotor:
Ministerio de Fomento (SEITTSA).

Asistencia técnica a la redacción del proyecto:
Inocsa.

Dirección de Obra:
D. Federico Saldaña Martín (ICCP) y D. Julián Manuel Peña Villaverde (ITOP).

Empresa constructora:
Constructora Sanjosé, S.A. y S.A. de Obras y Servicios Copasa UTE.

Gerente de la UTE:
D. David González López, ICCP.

Jefe de Obra:
D. Javier Blanco Aquino, ICCP.

Asistencia técnica control y vigilancia en obra:
GTT Ingeniería.

Jefe de Unidad:
D. Fernando Muiños Vitorera, ICCP.



Foto superior: Vista de la pasarela.



Foto central: Noria de Diestra.



Foto inferior: Restauración del Camino de Santiago.

Movimiento de tierras

Excavación:
4 037 824 m³

Terraplén:
2 286 283 m³

Suelo seleccionado:
220 389 m³

Firmes y pavimentos

Zahorra artificial:
201 839 m³

Mezclas bituminosas:
PA-12: 16 886 t **D-20:** 32 271 t
MAM: 47 903 t **S-20:** 11 717 t
G-20: 2 431 t **D-12:** 9 273 t
F-8: 11 658 m²

Riegos

Imprimación EC1: 526 t
Adherencia ECR-1M: 320 t
Adherencia ECR-1: 174 t

Estructuras

Hormigón HM-20: 19 245 m³
Hormigón HM-30: 35 393 m³
Hormigón HM-35: 5 547 m³
Hormigón HM-40: 48 m³

Aceros

Corrugado: 5 220 046 kg
Pretensado: 163 000 kg
Laminado: 182 640 kg

Puente Internacional en Feces de Abaixo

El nuevo puente internacional sobre el río Pequeno (cuenca del Támega) conecta la A-75, en Feces de Abaixo (España), con la autopista IP-3 en Vilaverde da Raia (Portugal), y ha supuesto una inversión en este tramo de 2,3 millones de euros.

La actuación ha consistido en la construcción de un puente arco de tablero inferior con un vano de 40 m de luz.

El tablero se compone de una losa aligerada de hormigón postesado. En la mediana se ubica un arco metálico formado por un perfil tubular, que se une a la losa del tablero mediante 13 tirantes de acero pretensado. Los estribos son cerrados con aletas en vuelta y cimentados mediante pilotes empotrados en la roca.

El tablero tiene un ancho de 27 m para ambas calzadas. La plataforma de la estructura está compuesta por calzadas de 12,50 m (2 carriles de 3,75 m, un arcén exterior de 3 m, un arcén interior de 1 m y dos barreras de 0,50 m). ■





Asistencia Técnica, Control y Vigilancia de la Autovía Verín - Frontera Portuguesa

INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE

Autopistas, autovías y carreteras, Ferrocarriles convencionales, Alta Velocidad y ferrocarriles metropolitanos y tranvías
Puertos comerciales, pesqueros y deportivos, Aparcamientos, Estaciones de servicio, Aeropuertos, Estudios de tráfico y transporte

AGUA Y MEDIOAMBIENTE

Depuración de las aguas residuales urbanas e industriales, Potabilizadoras, Desaladoras, Abastecimientos, Saneamientos, Calidad de las aguas, Estudios de Impacto Ambiental, Estudios del Paisaje, Residuos

URBANISMO

Planes urbanísticos y de Ordenación del Territorio
Urbanizaciones
Ordenación de la costa
Ingeniería urbana
Instalaciones deportivas
Actuaciones singulares

INSTALACIONES

Instalaciones ferroviarias
Señalización ferroviaria
Suministro de energía
Subestaciones de tracción
Línea aérea de contacto
Telecomunicaciones
Control y Telemandos
Infraestructuras (Túneles, aparcamientos, urbanizaciones, etc.)
Energía eléctrica, Ventilación y Alumbrado
Protección contra incendios
Señalizaciones y evacuación
Control y comunicaciones
Distribución de gas



Abierto al tráfico el tramo Muro de Alcoy – Puerto de Albaida de la A-7



Vistas panorámicas del tramo de autovía que ha supuesto una inversión de 32 millones de euros.

Enrique Ballesteros Blaise-Ombrecht,
ICCP y Director de las obras.

El ministro de Fomento, José Blanco, presidió el 30 de junio de 2010 la puesta en servicio del tramo Muro de Alcoy-Puerto de Albaida de la Autovía del Mediterráneo A-7. Al acto también asistieron la secretaria general de Infraestructuras, Inmaculada Rodríguez-Piñero, el *conseller* de Infraestructuras y Transportes, Mario Flores, y el delegado del Gobierno en la Comunidad Valenciana, Ricardo Peralta.

El tramo Muro de Alcoy – Puerto de Albaida, de 8 km de longitud, está incluido en la Autovía A-7, que une las provincias de Valencia y Alicante por la zona central.

El Ministerio de Fomento ha destinado una inversión de 32 millones



de euros a la construcción de este tramo.

Tras la puesta en servicio de la Variante de Alcoy, en diciembre de 2009, y con el tramo Muro de Alcoy – Puerto de Albaida, sólo faltan los tramos de Cocentaina – Muro de Alcoy y Variante del Barranco de la Batalla, actualmente en fase de construcción, para abrir todo el trazado de la A-7 entre Valencia y Alicante.

Ubicación y características de la zona

El tramo finalizado consiste en el

paso del puerto de montaña, conocido como Puerto de Albaida, y que, además, es la línea divisoria entre las provincias de Alicante y Valencia, se desarrolla en los términos municipales de Albaida y Atzeneta d'Albaida, ambos en la provincia de Valencia, y Muro de Alcoy, en la provincia de Alicante.

La autovía se ha construido como duplicación de la actual N-340, si bien se han realizado mejoras en planta (variantes del río Albaida y del Naixement) y en alzado. El trazado está muy condicionado por dos aspectos: por un lado, por la ladera



Trazado en planta y ubicación del tramo.

valenciana de la Sierra de Benicadell, con un grado de protección medioambiental de lugar de interés comunitario "Umbría del Benicadell"; y, de otro lado, el río Naixement, cabecera del río Albaida, que circula en paralelo al trayecto y cruza el trazado en varias ocasiones desde la

divisoria hasta Albaida, y las laderas alicantinas de la Sierra de Montcabrer.

Estas últimas tienen unas características geotécnicas muy poco favorables por su inestabilidad debido a sus formaciones brechoides intercaladas con bolsas de arcillas, que han

obligado a colocar muros de escollera en los pies de los taludes de los desmontes, para garantizar su estabilidad.

Descripción del trazado

El itinerario se inicia coincidiendo con el final del tramo Cocentaina-Muro de Alcoy, y adopta una alineación curva de 540 m de radio para dirigirse en dirección norte y subir al Puerto de Albaida en un tramo de 2 000 m de longitud hasta su coronación, con una pendiente del 6%.

Desde el puerto sigue un segundo tramo, de unos 6 km de longitud, con dirección Este, para bajar al final en el enlace de Albaida, en una sucesión de pendientes, de entre el 0,5% y el 6%, y un valor medio del 3,8%. Este tramo discurre entre la falda de la montaña por la izquierda y el barranco del Naixement por la margen derecha. Entre el p.k. 5,600 y el 6,300, se rectifica con alineación recta un trazado de curvas que presentaba la antigua N-340, por lo que se proyectan dos viaductos que cruzan el río.

En la parte final el tramo conecta con Albaida y con la CV-617 me-



Vista panorámica de la autovía en su conexión con el futuro tramo Cocentaina-Muro de Alcoy.

Autovías del Estado

dante un enlace, finalizando el trazado en la conexión con el siguiente tramo de autovía.

Características geométricas y secciones transversal y del firme

El nuevo tramo se ha diseñado para una velocidad de proyecto de 80 km/h, con pendiente máxima de 6% y radio mínimo en planta de 250 m.

La sección transversal se compone de dos calzadas de 7 m, arcenes exteriores de 2,5 m, arcenes interiores de 1,5 m y mediana de anchura variable entre 2 y 6 m.

Por lo que se refiere a la sección del firme, se han extendido las siguientes capas de mezclas bituminosas: 3 cm de M-10, 5 cm de S-20 y 17 cm de G-25, todo ello sobre 25 cm de zahorra artificial.

Enlaces

Enlace 1. Enlace del Puerto de Albaida. Se desarrolla entre los pp.kk. 1,500 y 2,500, con tipología de pesas con un paso superior ejecutado mediante una estructura singular con pilas inclinadas. El enlace da conexión a propiedades colindantes.

Enlace 2 en Albaida. Se desarrolla entre el p.k. 6,085 y el final del tramo. Responde a una tipología de pesas algo singular, pues ambas pesas se encuentran en la margen derecha. Por ello, dispone de dos pasos inferiores de cruce de la autovía (uno de ellos existente). El enlace remodela la conexión actual con el acceso a Al-



La foto superior corresponde a la conexión de la autovía con la CV-40. En la foto inferior se aprecia una vista parcial del enlace del Puerto de Albaida.

baida, la nueva N-340 y con la CV-617 a Atzeneta de Albaida.

Estructuras

Se han construido dos viaductos, de 108 y 180 m de longitud, respec-

tivamente, y de 16 m de altura máxima, así como 1 paso superior y 4 pasos inferiores.

Entre las estructuras, cabe destacar el **paso elevado en el enlace 1**, que consiste en un puente resuelto mediante un tablero tipo "ala de ga-



Vista aérea y detalle de los muros de escollera dispuestos en los pies de los taludes de desmontes para garantizar su estabilidad.



En las fotos superiores aparecen sendas vistas de los viaductos 2 (arriba) y 1 (centro) construidos para salvar el dominio hídrico del río Naixement.

En la imagen inferior se aprecian las pantallas acústicas instaladas en la zona más cercana al núcleo urbano de Albaida.



viota” de hormigón pretensado, pilas inclinadas y estribos de hormigón armado. Además, los **viaductos 1 y 2:** Se trata de dos viaductos paralelos independientes, de 3 y 5 vanos, respectivamente, formados por tableros de vigas prefabricadas con sección cajón (tipo artesa), sobre pilas de hormigón armado y estribos pila abiertos. Los puentes son rectos en planta. Su posición (pp.kk. 6,660-5,770 y

6,085-6,230) se ha fijado para salvar la zona de dominio hidráulico del río Naixement.

Impacto ambiental

La obra ha incluido la restauración ambiental del entorno con el fin de disminuir su impacto e integrarla dentro de la zona atrevesada, habiéndose ajustado, en cuanto a las solucio-

Ficha Técnica

Nombre de la obra:
Autovía del Mediterráneo A-7.
Tramo: Muro de Alcoy – Puerto de Albaida.

Promotor:
Ministerio de Fomento.
Demarcación de Carreteras del Estado en la Comunidad Valenciana.

Asistencia técnica a la redacción del proyecto:
Ofiteco (Oficina Técnica de Estudios y Control de Obras, S.A.).

Dirección de Obra:
D. Enrique Ballesteros Blaise-Ombrecht, ICCP.

Empresa constructora: Puentes y Calzadas Infraestructuras, SLU.

Jefe de Obra:
D. Álvaro Carrilero Botella, ICCP.

Asistencia técnica control y vigilancia en obra:
Grusamar Ingeniería y Consulting.

Jefe de Unidad:
D. Mario Ortega Galdón, ICCP.

Coordinación seguridad y salud y asistencia medioambiental:
Atenea.

Umidantes importantes

Excavación por medios mecánicos: 484 386 m³

Excavación por voladuras: 776 570 m³

Terraplén: 784 400 m³

Mezclas bituminosas: 108 523 t

Hormigón estructural: 18 920 m³

Acero para armar: 2 157 833 kg

Escollera: 22 284 m³

Reposiciones:

Líneas telefónicas: 11 u

Líneas eléctricas: 6 u

nes adoptadas, a la Declaración de Impacto ambiental. Entre las principales medidas ambientales se encuentran la integración paisajística de obra, la protección del sistema hidrológico y la protección acústica del entorno, para lo que se ha dispuesto una pantalla antirruído en la zona más próxima al núcleo urbano de Albaida. ■

Reunión de la Junta Directiva de la Asociación Técnica de Carreteras



El pasado 28 de junio tuvo lugar, en la sede de la ATC, la reunión de la Junta Directiva bajo la presidencia de **D. Roberto Alberola**. Entre los acuerdos que se adoptaron, dentro de los asuntos incluidos en el Orden del Día, destacamos los siguientes:

- Se le dio el visto bueno definitivo al proyecto de implantación de Rutas Digital. El proyecto consiste en la digitalización de todos los artículos técnicos de la revista rutas publicados desde sus inicios. Estos podrán ser consultados por los socios y usuarios autorizados a través de la página web de la asociación utilizando un buscador avanzado. Durante la reunión se hizo una exposición detallada del proyecto que fue muy celebrada, considerándose como uno de las mejores trabajos de este tipo dentro de nuestro sector.

- También se aprobó la concesión de las distinciones de Socios de Mérito a D. Francisco Achútegui y a D. Ramón del Cuívillo, respectivamente, en atención a la amplia trayectoria de

ambos dentro de los Comités Nacionales e Internacionales, que tanto se han beneficiado de la aportación técnica y personal de los distinguidos. Muchos miembros de la Junta gloriosaron, además, los méritos de las trayectorias personales y profesionales de cada uno de ellos.

- También se aprobaron las cuen-

miembros de la Junta para su información y estudio.

- Con relación a la actividad de los Comités Técnicos Nacionales, que constituyen el alma de la Asociación, la Junta felicitó a sus presidentes por el trabajo y esfuerzo realizado y, en particular, a los que lideraron las Jornadas y Congresos



D. Roberto Alberola en una de sus intervenciones a lo largo de la reunión. A su izquierda, D. Pedro Gómez, y, a su derecha, D. Francisco Caffarena.

tas correspondientes al pasado año que, debidamente auditadas, se habían enviado con anterioridad a los

celebradas en el pasado ejercicio y que, todas, han constituido un gran éxito de asistencia. ■

Jornada técnica sobre

Medianas y Márgenes



La inauguración de la Jornada estuvo presidida por D. Roberto Alberola, Presidente de la Asociación Técnica de Carreteras, y D. Sandro Rocci.

Sandro Rocci, *Presidente del Comité, Técnico de Carreteras Interurbanas y Transporte Integrado Interurbano.*

El día 29 de abril de 2010, por la mañana, y con una asistencia de 106 personas a pesar de la escasa propaganda que se hizo del evento, se celebró una Jornada Técnica sobre Medianas y Márgenes en el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid. La Jornada había sido organizada por el Comité Técnico de Carreteras Interurbanas y Transporte Integrado Interurbano de la ATC.

Presentó la Jornada el Prof. Sandro Rocci, Presidente del citado Comité Técnico, quien afirmó que los obstáculos (entendiendo por tales cualquier objeto o configuración geométrica que puede causar daños al vehículo o lesiones a sus ocupantes en el caso de que el vehículo entre en contacto con él o ella) en las már-

genes o medianas de una carretera representan un peligro importante para un usuario que pierda el control de su vehículo y se salga de la plataforma. Este tipo de siniestro constituye aproximadamente la mitad de los accidentes con víctimas, y su gravedad también es mayor que la de los demás tipos: especialmente en el caso de los motociclistas, para quienes la mayoría de las barreras de seguridad también representa un obstáculo.

El moderno enfoque sistemático reconoce que los usuarios de las carreteras cometen errores. Además de ello, son físicamente vulnerables porque hay un límite a la cantidad de energía cinética que su cuerpo puede absorber sin lesiones durante la rápida deceleración que tiene lugar en el caso de un choque o un vuelco. Además de las acciones que se realizan en el ámbito de los otros dos componentes básicos del sistema de la seguridad vial (los vehículos y los

conductores), la más importante contribución de los Ingenieros de carreteras a dicho sistema consiste en disponer una infraestructura viaria que sea clemente con los errores humanos y tenga en cuenta la vulnerabilidad física de las personas. En lo relativo a las medianas y márgenes, esto supone que sus características no causarán lesiones graves ni mortales a los ocupantes de un vehículo que se salga de la plataforma.

Aunque se dedica mucho tiempo y esfuerzo al trazado de las carreteras, tanto en planta como en alzado, la sección transversal (la tercera pata del diseño viario), recibe bastante menos atención. Es frecuente limitarse a aplicar unas secciones prefabricadas, algo que la estructura de los programas integrados de trazado favorece. Hay incluso quien considera que la mediana y las márgenes de la vía no forman parte de la sección transversal, y prefiere el montaje indiscriminado de

Simposios y Congresos organizados por la ATC

barreras de seguridad.

El **Prof. Ignacio Español**, de la *Universidad Politécnica de Madrid*, habló sobre **“Integración ambiental y paisajística”**. Tras repasar conceptos relacionados con la experiencia del paisaje al recorrer una carretera, destacando que ésta se constituye en un mirador de vistas, entró a glosar la función paisajística de una carretera, como acceso a los paisajes de calidad (tratamiento de itinerarios). Para lograr una escenografía adecuada, el trazado debe tener una disposición escénica (direccionalidad, vistas, series), con una amplitud y una velocidad específica acordes. Es importante la actitud del conductor, ligada al motivo del viaje (rutinario, exploración, ocio). En este “marco del observador” también influye el nivel de servicio de la carretera.

La legibilidad del medio y de la carretera puede ir desde una en cuasi-túnel, pasando por una encajada, una semiabierta y otra lateral, hasta una panorámica. En cuanto a los elementos específicos de la carretera que forman parte del paisaje, están ante todo los específicos (señalización, barreras, muros de contención, arbolado, ajardinamientos, etc.); también es importante la convivencia de la carretera con hitos reconocibles en el paisaje. Los puentes, los miradores, los paseos laterales y los estacionamientos, las glorietas y las paradas de autobús son otros elementos que contribuyen a la formación de un paisaje.

D. Jorge Mijangos trató del tema **“Diseño de márgenes”**. Presentó una amplia colección de ejemplos de márgenes peligrosas, concluyendo que la solución más adecuada hay que abordarla de forma distinta de la habitual: en lugar de “proteger” los obstáculos, es más eficaz eliminarlos o alejarlos de la plataforma. Es claramente deseable que un vehículo descontrolado que se salga de ésta (por cualquiera de los dos lados) discurra por unas superficies que permitan su detención sin chocar ni volcar. La estrategia que hoy prima en la mayoría de las actuaciones es la



D. Ignacio Español presentó la “Integración ambiental y paisajística”.

primera; parece que se evitan problemas a la hora del proyecto y, si hiciera falta, también parece más sencillo de aplicar en las fases posteriores (construcción y explotación). Un tratamiento cuidadoso de las márgenes, metro a metro, no se suele hacer con detalle: y el resultado claro es que las autopistas y las carreteras acaban con barreras de contención en ambas márgenes.

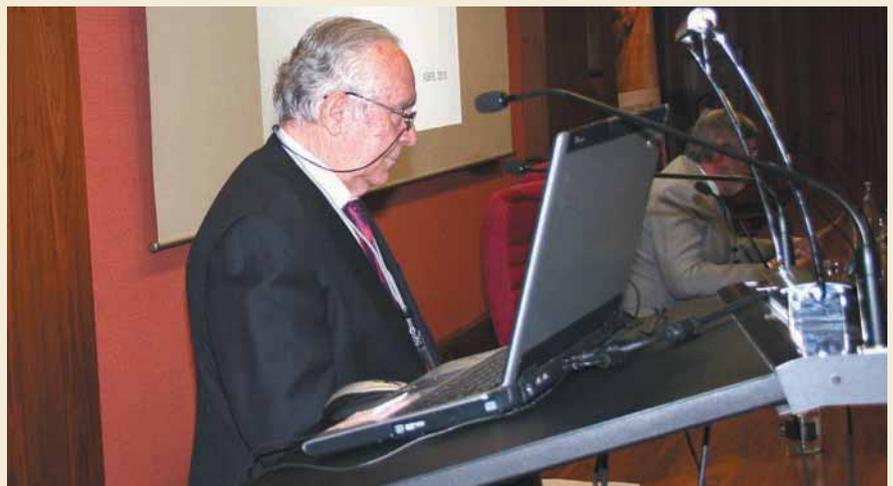
Pero últimamente se empieza a avanzar en la segunda estrategia:

■ La Monografía de la ATC “La sección transversal de las carreteras:

seguridad en los márgenes.

■ El proyecto de investigación OASIS, promovido por tres Empresas Concesionarias de autopistas españolas, dos importantes Empresas constructoras y otros socios integradores de sistemas y consultores. El Sr. Mijangos, que trabaja en este proyecto, ofreció algunas primicias.

El **Prof. Alfredo García**, de la *Universidad Politécnica de Valencia*, trató del tema **“Diseño de medianas”**, refiriéndose no sólo a la normativa española, sino también a la norteamericana:



D. Jorge Mijangos en un momento de su intervención sobre el “Diseño de márgenes”.

un diseño orientado a la seguridad” (de la que todos los asistentes recibieron un ejemplar) ofreció soluciones novedosas e imaginativas.

■ La fundación MAPFRE editó otro documento también referido a la se-

■ En cuanto a la anchura, hay tres grados (amplia, normal y estricta). Actualmente se registra un uso excesivo de la estricta, por consideraciones supuestamente ambientales.

■ Una configuración defectuosa

de la sección transversal de la mediana, la presencia de obstáculos en la mediana y, sobre todo, el riesgo de invasión de la calzada contraria, obligan a disponer barreras de seguridad (con diversas configuraciones), sobre todo donde la IMD es elevada.

■ Las necesidades del desagüe superficial y de un eventual ensanche a costa de la mediana condicionan la sección transversal de ésta. También influyen las consideraciones relacionadas con la visibilidad (el modelo habitual no se ciñe a la realidad) y el deslumbramiento por los faros de los vehículos que circulan en sentido opuesto.

A continuación, el **Prof. Sandro Rocci** volvió a intervenir para hablar de **“Pasos en la mediana”**, distinguiendo entre éstos los siguientes tipos:

1) Los reservados a vehículos de servicio autorizados para la conservación, explotación y vigilancia de la autopista o autovía (quitanieves, policía, etc.), o para responder a emergencias (bomberos, ambulancias). Son para velocidad de maniobra.

2) Los destinados al uso del tráfico general donde, en una autopista o autovía, se desee desviar todo el de una calzada (o parte de él) a la otra: por ejemplo, para realizar actuaciones de rehabilitación del firme, programadas con suficiente antelación; o para utilizar una calzada reversible. Son para velocidad relativamente elevada.

3) Los situados en carreteras convencionales con calzadas separadas pero provistas de intersecciones, en coincidencia con una vía transversal (o con un acceso) para cuya continuidad se necesita interrumpir la mediana. Quedan fuera del ámbito de esta Jornada.

Para los tres tipos se mencionaron criterios de separación entre dos contiguos, así como de distancias a otros elementos de la carretera. Para los dos primeros se describieron las maniobras típicas en ellos: en los del tipo 2) se trata de una curva en “S” entre dos alineaciones rectas paralelas, resuelta mediante dos curvas



D. Alfredo García intervino con el tema “Diseño de medianas” y se refirió no sólo a la normativa española, sino a la norteamericana.

circulares de igual radio y provistas de clotoides.

También se dedicó atención a la continuidad de los sistemas de protección de vehículos, analizando (para los pasos del tipo 1) la geometría de un vehículo cuyo conductor pierde paulatinamente su control (siguiendo una trayectoria en forma de clotoide), hasta que el rozamiento transversal movilizado entre sus ruedas y el terreno rebasa la resistencia al deslizamiento. En función del cambio de acimut experimentado, y del ángulo máximo de impacto con una barrera de seguridad (unos 25°), se halla el máximo ángulo que ésta puede formar con el borde de la plataforma, en función del máximo apartamiento transversal de éste, y de la velocidad

(supuesta constante). Se deducen de ello la apertura en el sistema de contención de vehículos, y la longitud de la perturbación en éste. Para velocidades elevadas, la anchura de la mediana es del orden de 20 m.

Para los pasos del tipo 2), se describieron los diferentes tipos de barrera móvil que hay en el mercado.

El **Prof. José María Pardillo**, de la *Universidad Politécnica de Madrid*, se ocupó del tema **“Evaluación de la seguridad vial en las márgenes”**. Para ello mencionó los antecedentes, basados en modelos probabilísticos o en datos de accidentes o, incluso, consistentes en una caracterización de la peligrosidad de la propia margen como la establecida por Zegeer en 1988. Describió a continuación los



D. Sandro Rocci centró su intervención en los “Pasos de medianas”.

Simposios y Congresos organizados por la ATC

resultados de una investigación llevada a cabo por él, ampliando el modelo de Zegeer al considerar otras variables, como las condiciones de la vía (tráfico, trazado) y de la margen (pendiente, presencia de obstáculos o barreras). La investigación se validó con el análisis de más de 2 000 km de carreteras.

Se definieron 5 niveles de peligrosidad y, en función de éste, se estimaron la frecuencia media de accidentes con víctimas por salida de la calzada, y la frecuencia media de accidentes con heridos graves o muertos por la misma causa. Ambos parámetros son muy útiles para estimar la repercusión de una modificación del nivel de peligrosidad de la margen.

El **Prof. Andrew Tarko**, de la *Universidad de Purdue (EE.UU.)*, trató del tema **“Evaluación de la seguridad vial en las medianas”**. Destacó la necesidad de disponer de modelos que puedan predecir la frecuencia de los siniestros en función de las características de la mediana, para un adecuado diseño y tratamiento de éstas cuando se ensanche la plataforma de una autopista.

Para ello se aplicó un modelo de regresión binomial negativa a estudios antes/después llevados a cabo en ocho Estados. El efecto en la gravedad de los accidentes se investigó con un modelo logit. Entre los resultados figuran:

- Reducir la anchura de la mediana (aunque siga siendo amplia) sin disponer barreras de seguridad aumenta la gravedad de los siniestros, especialmente los debidos a la invasión de la calzada contraria.

- Reducir aún más la anchura de la mediana y disponer barreras de hormigón elimina los accidentes debidos a la invasión de la calzada contraria, pero duplica la frecuencia de los accidentes de un solo vehículo, aunque disminuye la de los accidentes entre dos vehículos que circulan en el mismo sentido. La gravedad de los siniestros también tiende a aumentar.

También habló el Prof. Tarko de las barreras de seguridad constituidas por cables tesados, desarrolla-



D. José M. Pardillo habló sobre la evaluación de la seguridad vial en las márgenes.



D. Andrew Tarko, entre otras cosas, destacó la necesidad de disponer de modelos que puedan predecir la frecuencia de los siniestros en función de las características de la mediana.



Ponentes de la mesa redonda que se celebró al final de la jornada.

das como un medio eficiente de reducir (hasta un 94%) los siniestros debidos a la invasión de la calzada contraria. En medianas amplias y de-

primidas se comprobó un aumento del 70% en los siniestros de un solo vehículo: lo que no tuvo lugar en medianas estrechas y deprimidas. ■

Aportaciones para la Mejora del Trazado de las Carreteras y la Seguridad Vial fruto del 4º Simposio Internacional de Diseño Geométrico de Carreteras



Sesión de inauguración del Simposio, presidida por Ismael Ferrer.

Alfredo García García, Catedrático de Ingeniería de Carreteras. Departamento de Transportes, Universidad Politécnica de Valencia.

El Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras (GIIC) de la Universidad Politécnica de Valencia ha organizado el 4º Simposio Internacional de Di-

seño Geométrico de Carreteras, celebrado del 1 al 5 de junio de 2010, en el Museo de las Ciencias Príncipe Felipe de Valencia. Coordinado por el profesor Alfredo García, este Simposio ha contado con la participación de investigadores de reconocido prestigio internacional que han realizado contribuciones sobresalientes a la mejora del diseño geo-

métrico de las carreteras y la seguridad vial.

Este Simposio pretende servir de estímulo para la mejora continua en los distintos ámbitos del diseño geométrico de carreteras. Para ello, se centra en las últimas líneas de investigación, normativas y prácticas innovadoras relacionadas con el tema, haciendo especial hincapié en

Simposios y Congresos

los efectos operacionales y en la seguridad vial del diseño viario. De hecho, un 40% de las ponencias presentadas incidían en la seguridad vial, ya que, una gran parte de la misma se debe a la calidad del diseño geométrico.

Durante los cuatro días que duró el Simposio se abordaron multitud de temas: la influencia del factor humano en la siniestralidad y su aplicación a la mejora del diseño de las carreteras; la seguridad para peatones, ciclistas y vehículos en intersecciones y pasos para peatones; el diseño de carreteras para usuarios vulnerables; la influencia de los elementos de los enlaces; las glorietas; modelos de estimación de velocidades; y la seguridad en las márgenes de la carretera.

Se plantearon también ponencias sobre: los criterios de diseño de un nuevo tipo de glorieta, la turbo glorieta, con ejemplos reales y estudios de siniestralidad; la revisión de los límites de velocidad en las carreteras, para que sean seguros y creíbles; o el estudio de nuevos dispositivos moderadores del tráfico, y su efecto sobre la velocidad y la seguridad.

Esta edición prosigue la brillante trayectoria de las anteriores, celebradas en Boston (EEUU, 1995), Maguncia (Alemania, 2000) y Chicago (EEUU, 2005); reuniones en las que se congregaron participantes de más de 35 países y en las que se comprobó que proyectistas, desarrolladores de normativas e investigadores de todo el mundo se enfrentan a problemas similares, pudiendo mejorar sus conocimientos compartiendo retos y éxitos entre sí. Esta serie de simposios está coordinada por el *Transportation Research Board* (TRB) de Estados Unidos, principal institución científica mundial en el área de transportes.

En el Simposio de Valencia se han dado cita más de 300 personas, procedentes de 46 países, y se presentaron 82 ponencias técnicas de investigaciones procedentes de 24 países y 15 informes de países que recogen los últimos avances en cuanto a normativas y prácticas innovadoras.



La sesión de inauguración del Simposio fue moderada por Alfredo García.

Las ponencias se agruparon en 16 sesiones técnicas que trataron sobre: modelos de estimación de velocidades; actualización de los criterios de diseño; diseño para usuarios vulnerables; influencia de los elementos de los enlaces; glorietas; incorporación de la seguridad a través de auditorías; diseño de intersecciones no convencionales; soluciones acopladas al entorno y consistencia del diseño; seguridad en las márgenes de la carretera y control de accesos; adaptación de las maniobras de adelantamiento; calles completas; estimación de la seguridad y tendencias históricas; visibilidad de parada y aplicaciones en el diseño de carreteras; y análisis en 3D para consistencia y seguridad.

Además del Simposio, se celebraron otras actividades técnicas complementarias e independientes: el Primer Seminario Internacional sobre el nuevo Manual de Seguridad Vial de Estados Unidos (1 de junio), que fue presentado por sus principales autores; y tres Talleres (2 de junio por la mañana): “Nuevas tendencias en la modelización de la seguridad vial”; “Encuentro Europeo-Americano de aplicaciones ingenieriles de la visualización” y “Gestión de autopistas – un paso adelante hacia el futuro”.

Igualmente, se celebró una Exposición Técnica donde instituciones y

empresas presentaron sus aplicaciones informáticas, proyectos, realizaciones y resultados de sus investigaciones. Todas las sesiones del Simposio se desarrollaron en inglés, aunque hubo traducción simultánea con el español en las celebradas en el auditorio.

El presidente del Comité Organizador fue Douglas W. Harwood, Director del Programa de Transportes en el *Midwest Research Institute*, de Kansas City, EEUU. El Co-presidente y Coordinador del Simposio ha sido Alfredo García, Catedrático de Ingeniería de Carreteras de la Universidad Politécnica de Valencia. El responsable del Programa Técnico ha sido Paul Dorothy, Director de Geometría de la consultora Burgess & Niple, EEUU.

En la organización del Simposio han colaborado diferentes Administraciones: la *Conselleria* de Infraestructuras y Transporte y la *Conselleria* de Educación de la *Generalitat Valenciana*; la Dirección General de Tráfico del Ministerio del Interior; la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento; el Ministerio de Ciencia e Innovación; la Diputación de Valencia; el *Servei Català de Trànsit*; y el Ayuntamiento de Valencia.

También apoyaron la organización las siguientes instituciones: la Asociación Técnica de Carreteras y la



Los principales responsables de la organización del Simposio. De izquierda a derecha: Douglas Harwood, Alfredo García y Paul Dorothy.

Asociación Mundial de Carreteras (AIPCR); la Asociación Española de la Carretera y la Federación Europea de Carreteras (ERF); la Demarcación en la Comunidad Valenciana del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos; Tecniberia; Tecnimed; Avinco, Cámara de Contratistas de la Comunidad Valenciana; Fecoval; ACEX; y ASETA.

Se contó además con la contribución de las empresas: Pavasal; Civil Mateng; Transoft Solutions; Urbacconsult; y Vielca Ingenieros.

1. Ponencias españolas en el Simposio

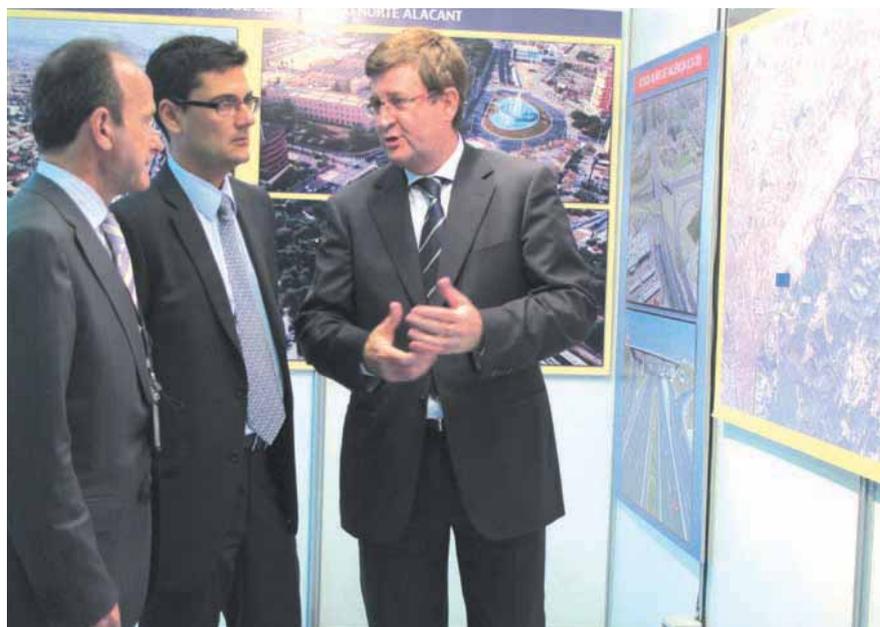
La participación técnica española ha sido destacada, con 10 ponencias y el informe de España presentados a lo largo del Simposio. La relación de las mismas, según el orden en el que fueron expuestas, es la siguiente:

■ Country Report: Layout Regulation for Road Projects in Spain (*Informe Nacional: Normativa de Trazado para Proyectos de Carreteras en España*). Presentada por José Antonio Hinojosa Cabrera, Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento.

■ Speed Models for Highway Consistency Analysis - A Colombian Case Study (*Modelos de Velocidades para el Análisis de la Consistencia de las Carreteras. Caso de Estudio Colombiano*). Presentada por María Cas-

tro, Universidad Politécnica de Madrid, y José F. Sánchez, Néstor Ardila y John Melo, Universidad del Cauca, Colombia.

■ Pedestrian Crossing Safety Im-



Inauguración de la Exposición Técnica.

provements: Before and After Study Using Traffic Conflict Techniques (*Mejoras de Seguridad en Pasos para Peatones: Estudio Antes/Después Utilizando Técnicas de Conflictos de Tráfico*). Presentada por Salvatore Cafiso, Universidad de Catania, Italia; Alfredo García García, Universidad Politécnica de Valencia; Rosario Cavarra, Universidad de Catania, Italia; y Mario Alfonso Romero Rojas, Uni-

versidad Politécnica de Valencia.

■ Adaptation and Calibration of IHSDM for Evaluating Highway Projects in Spain (*Adaptación y Calibración del Programa IHSDM para la Evaluación de Proyectos de Carreteras en España*). Presentada por Carlos Arturo Domínguez Lira, María Castro y José María Pardillo Mayora, Universidad Politécnica de Madrid; y Carlos Gascón Varón, Diputación Foral de Vizcaya .

■ Deceleration Lane Length Evaluation Based on a New Conflict Indicator (*Evaluación de la Longitud de los Carriles de Deceleración Basada en un Nuevo Indicador de Conflictos*). Presentada por Mario Alfonso Romero Rojas y Alfredo García García, Universidad Politécnica de Valencia.

■ An Improved Roundabout Design Process with Computer Assisted Analysis (*Proceso Mejorado de Diseño de Glorietas con Análisis Asistido*

por Ordenador). Presentada por Sandro Rocci, Universidad Politécnica de Madrid; Luis Ramos, Estudios y Soluciones Informáticas de Ingeniería S.L.; y Daniel Shihundu, Transoft Solutions Inc., Canadá.

■ Application of Human Factor Centered Checks in Road Safety Audits of Highway Design Projects in Spain (*Aplicación de Comprobaciones Centradas en el Factor Humano en*



José Antonio Hinojosa durante la presentación del informe de España.

Auditorías de Seguridad Vial de Proyectos de Diseño de Carreteras en España). Presentada por José M. Pardiño Mayora y Rafael Jurado Piña, Universidad Politécnica de Madrid.

■ *Procedures to Facilitate Passing on Conventional Highways by Means of Simulation (Procedimientos para Facilitar el Adelantamiento en Carreteras Convencionales Aplicando Simulación)*. Presentada por Víctor Gabriel Valencia Alaix, Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín, Colombia; y Alfredo García García, Universidad Politécnica de Valencia.

■ *Effectiveness and Cost-Benefit Analysis of the Safety Countermeasures Applied on High Accident Rate Roads Sections in the Spanish Regional Road Network of Castilla y León (Análisis de Efectividad y Coste-Beneficio de los Tratamientos de los Tramos de Concentración de Accidentes de la Red de Carreteras de la Junta de Castilla y León)*. Presentada por Aquilino Molinero, Óscar Martín Pérez, José Miguel Perandones, Fundación CI-DAUT; y Carlos Martín Martínez, Departamento de Conservación de Carreteras, Junta de Castilla y León.

■ *Optimal 3D Coordination to Maximize the Available Stopping Sight Distance in Two-Lane Roads (Optimización de la Coordinación 3D para Maximizar la Visibilidad de Parada en Ca-*

rreteras Convencionales). Presentada por Ana Tsui Moreno Chou, Vicente M. Ferrer Pérez, Alfredo García García y Mario Alfonso Romero Rojas, Universidad Politécnica de Valencia.

■ *Software Tool for the Analysis of Highway Alignments to Detect and Prevent Sun Glare Vision Impairment Hazards (Herramienta Informática de Análisis del Trazado de las Carreteras para Detectar y Prevenir Situaciones de Riesgo por Deslumbramiento por el Sol)*. Presentada por Rafael Jurado Piña, José M. Pardiño Mayora y José Puy Huarte, Universidad Politécnica de Madrid.

Además, en la Sesión de Clausura hubo tres presentaciones locales invitadas:

■ *Local Project Highlight: Planning of Metropolitan Area of Valencia Bypass (Proyecto Local Destacado: Planeamiento de la Variante del Área Metropolitana de Valencia)*. Presentada por Vicente Ferrer Pérez, Jefe de Área, Demarcación de Carreteras del Estado en la Comunidad Valenciana, Ministerio de Fomento.

■ *Presentación de las Visitas Técnicas desarrolladas durante la mañana del sábado 5 de junio:*

– *Formula-1 Valencia Street Circuit and CV-13 – A New Freeway to Connect Castellon Airport with the Coast (Circuito Urbano de Fórmula 1 de Va-*

lencia y Autovía CV-13 de Acceso al Aeropuerto de Castellón y Conexión con la Costa). Organizada por la *Conselleria de Infraestructuras y Transporte, Generalitat Valenciana*. La presentación fue realizada por Rafael Solaz Peñarrocha, Jefe de Servicio de Construcción, División de Carreteras, *Conselleria de Infraestructuras y Transporte, Generalitat Valenciana*.

– *A-7: New Central Freeway (A-7: Nueva Autovía Central)*. Organizada por la Demarcación de Carreteras del Estado en la Comunidad Valenciana de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento. La presentación la llevó a cabo José V. Pedrola Cubells, Jefe de la Demarcación de Carreteras del Estado en la Comunidad Valenciana, Ministerio de Fomento.

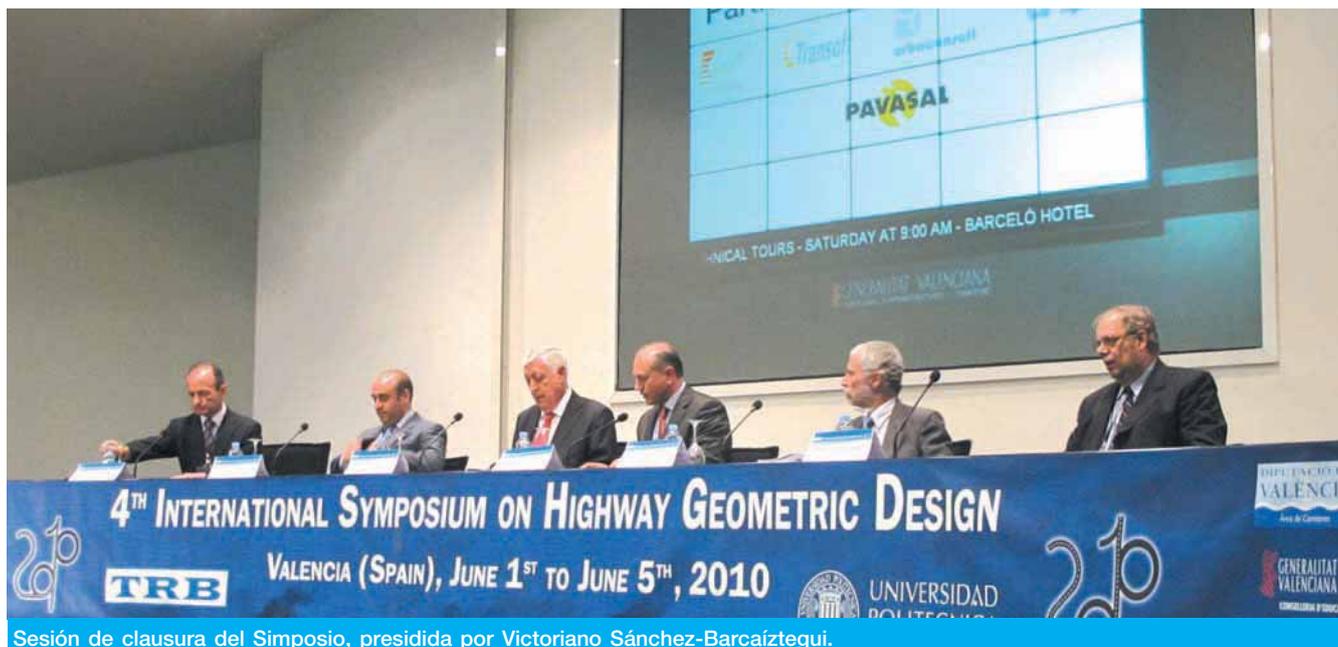
2. Participación española en el Seminario sobre el Manual de Seguridad Vial y los Talleres

En el Seminario Internacional sobre el nuevo Manual de Seguridad Vial de Estados Unidos hubo una presentación titulada *Predictive Method for Two-Lane Highways (Método Predictivo para Carreteras Convencionales)*. Presentada por José María Pardiño, Universidad Politécnica de Madrid.

En el Taller 1 sobre “Nuevas tendencias en la modelización de la seguridad vial” se presentó una ponencia sobre *Driving Simulators – an Opportunity for More Insight (Simuladores de Conducción – Una Oportunidad para una Mayor Profundización)*. Presentada por Juan Francisco Dols Ruiz y Ana María Pérez Zuriaga, Universidad Politécnica de Valencia.

En el Taller 2 sobre “Encuentro Europeo-Americano de aplicaciones ingenieriles de la visualización” hubo una presentación sobre *Examples and Case Studies II (Ejemplos y Casos Prácticos II)*. Presentada por Miguel Vallés Ruiz y Régis Glaude, TOOL S.A.

En el Taller 3 sobre “*Gestión de autopistas – un paso adelante hacia el futuro*” y en el Panel de Discusión final intervino Aniceto Zaragoza Ra-



Sesión de clausura del Simposio, presidida por Victoriano Sánchez-Barcaztegui.

mírez, Universidad Politécnica de Madrid y Presidente de EUPAVE.

3. Aportaciones significativas del Simposio

Se hizo un resumen de las aportaciones más significativas en el Simposio, destacando las siguientes, agrupadas según los diferentes ámbitos:

■ Seguridad vial: análisis de la seguridad vial en la fase de diseño geométrico mediante técnicas de visualización en 3D y simulación de conducción; estudio de la influencia del factor humano en la siniestralidad, y su aplicación a la mejora del diseño de las carreteras. Algunas ponencias destacadas fueron las siguientes:

- Taller 1: Human Factor and Road Safety: To err is human, to forgive, design; Safety modeling from a driver's perspective, naturalistic driving.

- Taller 2: Visualization techniques for the 3-D Alignment Design Process.

- Simposio: Integrating Safety and Human Factor Issues into Road Geometric Design Guidelines; A Procedure to Test the Safety Level of Road Design Elements; Application of Human Factor Centered Checks in Road Safety Audits of Highway Design Projects in Spain; Assuring Road Sa-

fety Quality in the Road Design Process, the Dutch Perspective and Citing Two Case Studies; Driving Simulation for Design Consistency; An Improved Roundabout Design Process with Computer Assisted Analysis.

■ Bicicletas y peatones: seguridad para peatones, ciclistas y vehículos en intersecciones y pasos de peatones; estudio de conflictividad entre usuarios. Algunas ponencias destacadas del Simposio fueron las siguientes:

- Analysis of Bicycle, Pedestrian and Auto Interaction at Multilane Roundabouts in the US; Pedestrian Crossing Safety Improvements: Before and After Study Using Traffic Conflict Techniques; Pedestrian Crosswalks Safety Inspections: Safety Assessment Procedure; Shared Space or Saved Space?

■ Diseños innovadores de intersecciones y enlaces. Turbo-glorietas. Criterios de diseño de un nuevo tipo de glorieta, con ejemplos reales y estudios de siniestralidad. Algunas ponencias destacadas fueron las siguientes:

- Turbo-Roundabout General Design Criteria and Functional Principles: Case Studies from the Real World; Potential Accident Rate of Turbo-Roundabouts.

■ Tipos no convencionales de nudos viarios. Criterios de diseño de en-

laces e intersecciones no convencionales. Algunas ponencias destacadas fueron las siguientes:

- Introduction of the New Nano Interchange Design as a Directional Freeway-to-Freeway Interchange; Tunnel Road Design: Junctions In and Near Tunnels in Freeways; Contextually Complete Streets.

■ Análisis coste-beneficio. Medidas estratégicas para mejorar la seguridad vial. Estudio de los costes y beneficios de las medidas y aplicación a casos concretos. Algunas ponencias destacadas fueron las siguientes:

- Cost-Effectiveness of Different Safety Interventions Strategies on Two-Lane Rural Highways; Effectiveness and Cost-Benefit Analysis of the Safety Countermeasures Applied on High Accident Rate Roads Sections in the Spanish Regional Road Network of Castilla y León.

■ Algunos otros ámbitos con ponencias destacadas fueron las siguientes:

- Revisión de los límites de velocidad en las carreteras, para que sean seguros y creíbles: How to Come to Safe Speeds and Credible Speed Limits.

- Estudio de nuevos dispositivos moderadores de tráfico, y su efecto sobre la velocidad y la seguridad: Chevron Markings on Freeways: Effect on Speed, Gap and Safety.

- Peaje electrónico y su influencia en el diseño de autopistas: Florida's Turnpike Enterprise/All Electronic Toll Collection: The Vision-The Challenges.

4. Conclusiones del Simposio

Como fruto de las diferentes sesiones técnicas del Simposio, se obtuvieron importantes conclusiones en diferentes campos. Estas fueron recogidas en el discurso de clausura del Presidente del Comité Organizador, Douglas W. Harwood. Dichas conclusiones se resumen a continuación.

Como ha podido verse en los diversos informes nacionales presentados, el diseño geométrico de carreteras está en constante evolución; muchos países han actualizado recientemente sus normas y criterios.

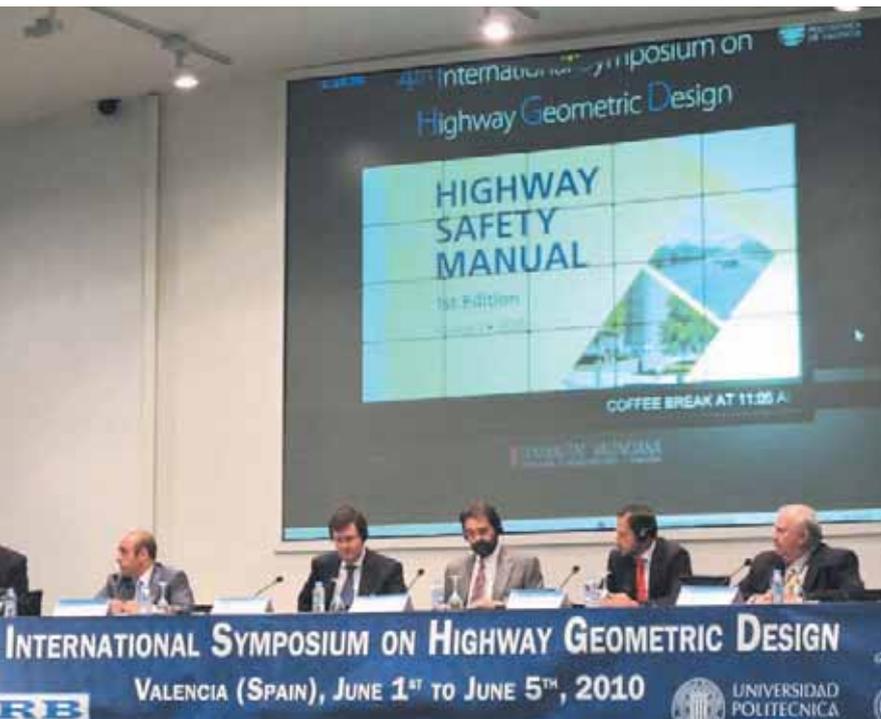
Las regulaciones para el diseño geométrico están empezando a pasar de los documentos en papel a guías dinámicas de acceso por internet.

Las decisiones en el diseño geométrico están siendo cada vez más condicionadas por los problemas económicos creados por la recesión mundial.

La actualización de los criterios de diseño geométrico debería basarse en una comprensión más profunda del comportamiento de los conductores y de las características de los vehículos, así como de sus interacciones; se precisa una mayor investigación básica.

Las técnicas desarrolladas para la obtención de datos se pueden utilizar con las nuevas tecnologías de integración de datos para obtener una mejor comprensión de las interacciones conductor-vehículo con el trazado de la vía.

Las decisiones en el diseño geométrico están siendo influenciadas



Sesión de inauguración del Seminario sobre el Manual de Seguridad Vial moderada por Douglas Harwood.



Hans-Joachim Vollpracht, Presidente del Comité Técnico de la AIPCR "Safer Road Infrastructure", moderando la sesión 2 del Seminario sobre el Manual de Seguridad Vial.

por una serie de nuevas filosofías, visiones y objetivos que deberían complementarse entre sí, pero no siempre son totalmente compatibles:

- Los enfoques tradicionales basados en normas.

- Diseños acoplados al contexto que hagan compatible la carretera con el entorno.

- Vías urbanas completas con énfasis en un diseño multimodal.

- Diseño basado en el rendimiento del sistema viario cuantificando los efectos.

La modelización de las estimaciones de la siniestralidad está evolucionando y ahora podemos empezar a cuantificar la efectividad en la

seguridad de las diferentes decisiones de diseño, así como a tener en cuenta la seguridad de una forma cuantificada en el proceso de selección final de la solución óptima.

Se hace necesario comprender mejor las interacciones de la velocidad con la seguridad vial, así como la mejor forma de lograr unos proyectos en los que el tráfico desarrolle unas velocidades deseadas compatibles con el entorno.

Las herramientas informáticas de diseño en tres dimensiones, incluyendo la visualización, nos permiten comprobar que en los diseños no hay problemas ocultos no evidentes en las proyecciones en dos dimensiones, más allá de ser simples herramientas de comunicación o divulgación pública de los diseños viarios.

Las estrategias de diseño geométrico tienen un papel importante en la gestión del tráfico, de una forma coordinada con los dispositivos de control de tráfico, para hacer frente tanto a las congestiones recurrentes como no recurrentes.

5. Conclusiones del Seminario Internacional sobre el Nuevo Manual de Seguridad Vial de Estados Unidos

En cuanto al Primer Seminario Internacional sobre el nuevo Manual de Seguridad Vial de Estados Unidos pueden resumirse las conclusiones que siguen a continuación.

La nueva Directiva Europea de Gestión de la Seguridad Vial contempla, como una de sus herramientas básicas, el desarrollo de evaluaciones de impacto en la seguridad vial, para que en la etapa de planeamiento se pueda tener en cuenta de forma consistente este objetivo fundamental para el servicio que ha de prestar la carretera.

Actualmente, a lo largo de las diferentes fases de un proyecto de carretera no se cuenta con las herramientas apropiadas para evaluar el impacto que las diferentes medidas o tratamientos tienen sobre la segu-



John Milton, del Departamento de Transportes del Estado de Washington en EE.UU. y presidente del Comité del TRB que ha desarrollado el Manual de Seguridad Vial de EE.UU., presentando una visión general del citado manual.

ridad vial. Se termina teniendo en cuenta dicha seguridad en la toma de decisiones de forma muy somera o cualitativa, ajustada a una seguridad nominal.

Con el objetivo de cubrir esta carencia, se presenta el Nuevo Manual de Seguridad Vial de Estados Unidos, publicado en 2010 por la AASHTO. Este Manual cuenta con información sobre los fundamentos de la seguridad vial, su gestión y modelos para estimar su efectividad, por lo que será una herramienta básica para todas las fases de planeamiento, diseño, construcción, conservación y explotación de las carreteras.

El *Highway Safety Manual* (HSM) no es sólo una recopilación de conocimientos, experiencias y buenas prácticas para analizar la problemática de la siniestralidad y actuar mejorando la seguridad vial; ése era el contenido habitual de los manuales de seguridad vial existentes hasta ahora. El HSM, en cambio, facilita herramientas prácticas para tener en cuenta la seguridad vial de forma objetiva en el proceso de proyecto de una carretera.

El HSM ayuda a los técnicos de

carreteras a seleccionar medidas adecuadas, comparar alternativas, priorizar proyectos, y cuantificar y predecir el comportamiento frente a la seguridad vial de los diferentes elementos de la carretera, considerando todas las etapas o fases del desarrollo y la gestión viaria, es decir, la planificación, el diseño, la construcción, la conservación y la explotación.

Por la profundidad de su contenido, las investigaciones que lo respaldan y la aplicabilidad de sus herramientas, el nuevo Manual de Seguridad Vial de Estados Unidos se va a convertir en uno de los principales referentes mundiales para la mejora de la seguridad vial.

Ante las nuevas posibilidades de conocimiento y actuación que abre el Manual de Seguridad Vial de Estados Unidos para la mejora de la seguridad vial, se hace necesario el desarrollo de actividades formativas, como la que se ha desarrollado en Valencia, como primicia internacional, para que los técnicos especialistas lo conozcan y estén en condiciones de aplicarlo para conseguir unas actuaciones viarias más seguras. ■

Reunión del Comité Técnico de Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico



ASISTENTES

Antonio Medina Gil (*Diputación de Alicante*).

Juan Carlos Alonso (*Diputación de Valladolid*).

Marta Cordón (*Gobierno de La Rioja*).

Andrés Costa (*Elsan*).

Julio González de Pedroviejo (*Probisa*).

Enrique Gómez de Priego (*Tecomma*).

Fernando Ortiz.

Cristina Pena (*Incosa*).

Luis Rico (*Diputación de Cádiz*).

Pablo Sáez Villar (*ACEX*).

Sergio Sánchez (*Construcciones Valbuena*).

Mariano Terceño (*Diputación de Ávila*).

Belén Monercillo (*ATC*).

En la foto aparecen los miembros del comité asistentes a la reunión, acompañados por varios responsables del CIDAUT y de la empresa Gonvarri.

El pasado día 15 de junio de 2010 y en las instalaciones del Centro de Investigación y Desarrollo del Automóvil (CIDAUT) de Boecillo (Valladolid) tuvo lugar la séptima reunión del periodo 2008-2011 de este Comité, que fue presidida por D. Antonio Medina Gil, actuando como secretario D. Enrique de Priego Fernández y a la que asistieron los miembros que en el recuadro se relacionan.

La reunión comenzó con unas palabras de salutación y agradeci-

miento a los asistentes por parte del Presidente, leyéndose a continuación el acta de la sesión anterior, la cual fue aprobada.

Tras ello se procedió a la presentación de informes por parte de los grupos de trabajo, que estuvo a cargo de sus respectivos responsables presentes en la reunión.

Por lo que se refiere al GT3: Conservación, y tras varias semanas desde el envío de una encuesta en la que se solicitaba información a todas las Diputaciones



Los asistentes pudieron presenciar un ensayo de un atenuador de impacto por gentileza de la empresa Grupo Gonvarri.

y Comunidades Autónomas provinciales para conocer el estado de la red de este tipo de carretera a nivel nacional, D^a Belén Monercillo informó que, hasta ese momento, sólo diez organismos habían respondido a la encuesta. Aunque todavía no se había alcanzado el número óptimo de encuestas mínimas (25), se iba a proceder a su análisis para ver si se podían empezar a sacar algunas conclusiones para la elaboración de un artículo, que se publicaría en la revista RUTAS.

Más adelante y dado que los organismos que aún no habían contestado posiblemente tardarían en hacerlo o no lo harían nunca, se repartieron entre los miembros del Comité la mayoría de las Administraciones que aún faltaban por contestar a esa encuesta, con el objetivo de que la realizaran lo antes posible, aunque fuera de forma telefónica.

A continuación, D. Pablo Sáez informó que, en su asistencia como representante del Comité de Baja Intensidad de Tráfico en el

Comité de Carreteras Interurbanas, pudo comprobar que la jerarquización de la red que ese comité utilizaba no llegaba al nivel de carreteras de baja intensidad, pero que el trabajo realizado por ellos podría servir a este comité como punto de partida para la jerarquización de este tipo de carreteras.

Finalmente, se abrió un debate sobre la necesidad de publicar un artículo, cuyo objetivo principal sería la concienciación de los responsables de la toma de decisiones a la hora de invertir (o no) en el mantenimiento de las carreteras, y de los riesgos y sobrecoste que implicaría esta falta de actuaciones planificadas y sistemáticas de mantenimiento.

Tras el debate, se acordó que el artículo se podría enfocar calculando el valor patrimonial de las carreteras actualizado, y utilizando el criterio ampliamente extendido de un coste de un 2% de mantenimiento, teniendo en cuenta que, si en 10 años no se han realizado las operaciones de man-

tenimiento, la carretera está totalmente deteriorada y sin ningún valor patrimonial. En esta línea, se acordó enviar, en formato *word*, a todos los miembros del Comité el editorial que recientemente ha sido publicado en la revista CAUCE, para que todos los integrantes pudiesen modificarlo y aportar sus puntos de vista, y así obtener un documento final del Comité de Carreteras de Baja Intensidad de la Asociación Técnica de Carreteras.

Más adelante y sin más ruegos y preguntas se terminó la reunión, acordándose que la próxima reunión se celebre el día 23 de septiembre de 2010, a las 11:30 inicialmente, en la sede de la ATC, aunque se dejó abierta la posibilidad de cambiar el lugar de la reunión tras la experiencia satisfactoria que había supuesto esta reunión para los miembros del Comité.

La reunión finalizó con una comida ofrecida por gentileza de la ATC en un restaurante típico de la zona. ■

Carreteras

Adjudicaciones

Autovía A-59

El 2 de julio, el Ministerio de Fomento adjudicó a la UTE formada por las empresas TRN Ingeniería y Planificación de Infraestructuras y Payma Cotas la redacción del proyecto del trazado y construcción del tramo **Vilaboa-O Viso (Pontevedra)** de la Autovía A-59, con un presupuesto de 2,139 millones de euros.

La nueva autovía discurrirá entre el enlace de Vilaboa de la A-57 y el enlace de acceso al aeropuerto de Peinador desde la AP-9. La A-59 se divide en los tramos Vilaboa-O Viso (proyecto adjudicado), O Viso-Arrufana y Arrufana-Peinador.

El tramo Vilaboa-O Viso, de 9,2 km, contará con dos calzadas de 7 m, arcenes exteriores de 2,50 m e interiores de 1,50 m.

Las características fundamentales del

proyecto serán las siguientes:

El proyecto dará cumplimiento a lo dispuesto en la Declaración de Impacto Ambiental y en la aprobación definitiva del estudio informativo.

Se incluirá como Anejo un documento denominado "Análisis Ambiental", en el que se identificarán, describirán y valorarán los problemas ambientales donde se proyectarán y valorarán las medidas correctoras que se estimen necesarias.

Se deberá coordinar el desarrollo de este proyecto con los relativos al enlace de Vilaboa, a los tramos Soutomaioir - Vilaboa de la A-57 (12-PO-4140) y Vilaboa-A Ermida de la A-57/Variante de Pontevedra (12-PO-4200). Además, este proyecto se coordinará con el proyecto del tramo inmediatamente posterior de la A-59, O Viso - Arrufana (12/T2-PO-4470).

Se estudiará con detalle la reposición de caminos, vías pecuarias, acce-

sos, servidumbres y servicios que resulten afectados, incluyendo en el estudio las actuaciones que se estimen necesarias para su correcta reposición.

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.

De acuerdo con los objetivos y directrices del Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte (PEIT), se analizará la compatibilidad de las actuaciones a proyectar con los usos ciclistas que puedan entrar en conflicto con ellas.

Se incluirá la instalación de dos estaciones de aforo fijas en el tramo, con la valoración del material y las obras necesarios para su instalación. Los puntos aproximados serán los p.k. 3+000 y 6+000 del trazado. ■

Noticias

Empresas

La Junta de Gobierno del Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga acordó en la sesión del pasado 20 de abril, otorgarle el Péndulo de Oro al presidente del **grupo empresarial Sando**, José Luis Sánchez Domínguez. El acto de entrega tuvo lugar coincidiendo con la celebración de la V Edición del Día de la Profesión de la Ingeniería Técnica Industrial, en la Finca de la Concepción.

El Péndulo de Oro a la creación de Empresa Ejemplar Malagueña constituye el principal premio profesional del sector que otorga el Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga y reconoce la trayectoria profesional de Sando y de su fundador en los últimos treinta y cinco años.

Por su lado, el **Grupo Ortiz** nos in-



forma que ha cambiado de Sede Social coincidiendo con su plan de expansión. En los últimos años se ha experimentado un crecimiento positivo gracias a la diversificación del negocio, la expansión internacional y a la compra de empresas que se han unido al Grupo. De ahí, nace la necesidad de trasladar su sede a unos edificios más amplios y con mayor capacidad donde comenzar una nueva etapa.

Desde el 19 de Julio, 400 trabaja-

dores de los más de 1 800 con los que cuenta el Grupo, estarán ya instalados en los nuevos edificios, ubicados en la Avenida del Ensanche de Vallecas, 44, de Madrid.

Se trata de dos edificios muy singulares por su estructura, de grandes pórticos de hormigón y aproximadamente 10 000 m² cada uno, que han sido construidos con el propósito de incorporar en ellos técnicas constructivas y medios de producción que consiguen un elevado índice de eficiencia energética y un máximo confort para sus empleados. Cada profesional contará con más espacio de trabajo.

Todo sus características y equipamiento hace que sean unos edificios que, siguiendo las exigencias del Código Técnico de Edificación, alcanzan la máxima calificación bioclimática (Clasificación A) ■



tenagar *24 horas*



- Ejecución de obras de urgencia o corto plazo.
- Inauguraciones.
- Aumento de producciones.
- Sustitución/apoyo a otras empresas.
- Imprevistos...

► **compromiso 24 horas tenagar**

- Primera visita a pie de obra en cualquier punto de España en un plazo inferior a 24 h.
- Presupuesto personalizado, y una vez aceptado en 24 h. desplazamiento a obra con encofrados, cimbras, grúas y encofradores altamente especializados más toda la documentación necesaria.



ii somos la solución a su urgencia, avalados por **45** años de experiencia **!!**
y más de **1.100** obras realizadas



SARRIÓN
CONSTRUCCIONES

PLENA CONFIANZA

40 Años
Acompañándote
en tus viajes



Avanzamos juntos **Hacia el Futuro**

Aquella carretera que te da tanta tranquilidad. Aquel puente que te sigue impresionando cada día más. Todas esas vías perfectamente alineadas que van hasta donde quieres llegar. Ese edificio tan alto en el que pronto trabajarás. Sarrión Construcciones lleva 40 años proyectando su experiencia, su solvencia y su profesionalidad en todas y cada una de sus infraestructuras, para que siempre avances con paso firme hacia el futuro. Ahora el viaje continúa, ¿vienes?