

**Revista
de la ingeniería
y consultoría
del transporte**

ineco

36



Brasil, 'ordem e progresso'

Las infraestructuras de transporte,
el gran reto de futuro

El hombre y el agua

Estudios hidrogeológicos
para obras subterráneas

AGENDA

MUSEOS

El arte visigodo
reconquista Toledo

LIBROS

Hijos de su tiempo



Madrid/Valencia:
más kilómetros
de alta velocidad y
menos tiempo de viaje,
más kilómetros
de tecnología,
más kilómetros
que abren caminos.

Ya queda menos para la puesta en servicio de la nueva línea Madrid/Valencia. 391 nuevos kilómetros de alta velocidad que unirán Madrid y Valencia en aproximadamente hora y media, y que abrirán nuevos caminos entre amigos, y entre empresas. Caminos de tecnología y respeto por el medio ambiente. Caminos de comodidad, de seguridad, de futuro.



ACORTAMOS DISTANCIAS. ACERCAMOS PERSONAS.

www.fomento.es



UNIÓN EUROPEA

Este proyecto está cofinanciado por el **Fondo de Cohesión**, por el **Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER)** y por las ayudas **RTE**.

Una manera de hacer Europa

SUMARIO

ineco

NOTICIAS	04
EN PORTADA	06
Brasil, 'ordem e progresso'	
Las infraestructuras de transporte, el gran reto de futuro	
A FONDO	12
El hombre y el agua	
Estudios hidrogeológicos para obras subterráneas	
DE ESTRENO	18
Próxima parada: Aeropuerto de Málaga	
Ineco proyecta el soterramiento y las nuevas estaciones de Cercanías	
MEDIO AMBIENTE	20
Prevenir antes que curar	
Un proyecto innovador para reducir el impacto ambiental	
EN IMÁGENES	24
Llega el AVE a Levante	
Trabajos de Ineco en la nueva línea de Alta Velocidad	
ENTREVISTA	26
Santiago Cobo	
Director de la Línea de Alta Velocidad Madrid-Castilla-La Mancha-Comunidad Valenciana-Región de Murcia	
AGENDA	30
El arte visigodo reconquista Toledo	
LIBROS	34

Edita INECO

Directora: BÁRBARA JIMÉNEZ-ALFARO
barbara.jimenez@ineco.es
Redacción: LIDIA AMIGO lidia.amigo@ineco.es
ADRIÁN LÓPEZ adrian.lopez@tfsa.es
Publicidad: HENRY PRYZBYL henry.pryzbyl@ineco.es
c/ Paseo de La Habana, 138 – 28036 Madrid
Tel. 91 452 12 56

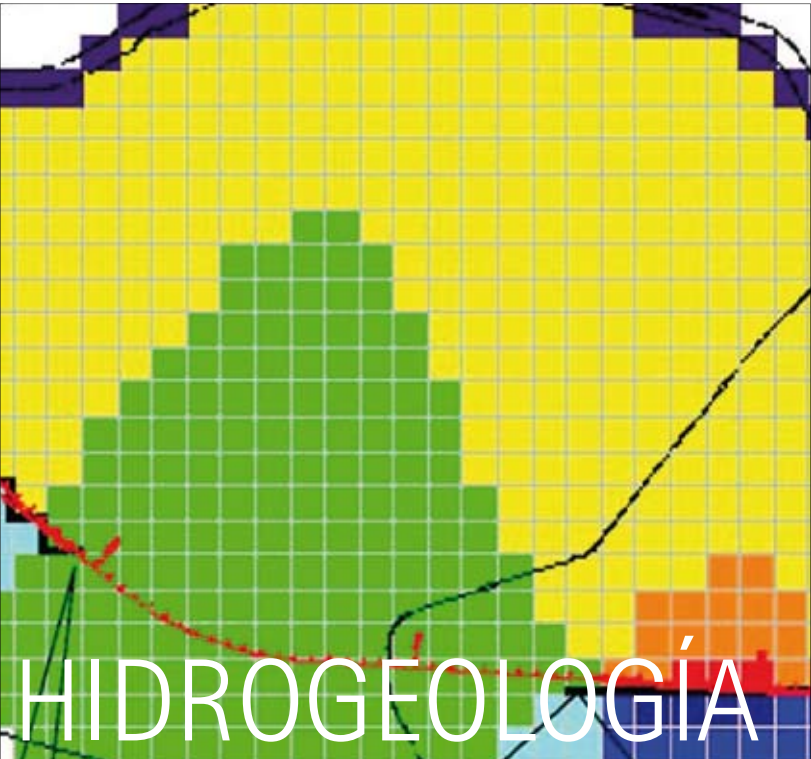
Comité de redacción: ANTONIO CABALLERO, FRANCISCO FRAILE, LOURDES GONZÁLEZ, M^a EUGENIA ORTIZ, JOSÉ LUIS PARDO DE SANTAYANA, RAÚL RUBIO

Realización: BrikoTaller Editorial, S.L.
c/ Bausa, 8 – Portal 2, 3^a N / 28033 Madrid
Tel. 619 50 68 74

Imprime: RIVADENEYRA
Depósito Legal M-26791-2007

Copyright © Ineco. Todos los derechos reservados 2010.
Para la reproducción de artículos por favor contacten con la directora.

www.ineco.es



12 El agua plantea ciertos problemas a la hora de abordar obras subterráneas.



18 En septiembre se inauguró la variante ferroviaria que conecta la ciudad con el aeropuerto.

ENTREVISTA



26 Santiago Cobo.

EN PORTADA Ineco lleva 20 años trabajando en Brasil, un país que en los últimos años ha logrado situarse en el grupo de las cuatro grandes economías emergentes del mundo MEDIO AMBIENTE Ineco desarrolla desde 2008, en colaboración con Iberdrola, Adif y Red Eléctrica de España, el Proyecto Vulcano EN IMÁGENES El 19 de diciembre sale desde Madrid el primer 'AVE' con pasajeros destino a Valencia ENTREVISTA "Tenemos que estar satisfechos con los resultados obtenidos..."

FE DE ERRORES: En el número 34 de la revista, correspondiente al mes de septiembre de 2010, en el reportaje titulado 'El tren que lleva el futuro a Logroño' (página 12) se afirma que, entre los trabajos realizados por la UTE Ineco-Sener, se redactaron en 2009 los proyectos básicos de las Fases 2 y 3 del soterramiento, cuando el dato correcto es que sólo se redactó la Fase 2.

UNA EMPRESA TOP

Ineco ha sido reconocida, por tercer año consecutivo, como una de las empresas Top Employers España 2010, por el CRF Institute. En la ceremonia de entrega, a la que asistió Álvaro Pérez Alcaide en representación de Ineco (en la imagen, a la izquierda), se dieron cita directivos de las 34 firmas que han recibido en 2010 este reconocimiento, entre las que destacan Banesto, Accenture, Vodafone, Telefónica, Repsol



y Orange. El premio se otorga analizando las condiciones laborales, formación y desarrollo, carrera y cultura corporativa.

INECO ESTRENA MARCA

Tras la fusión de las compañías Ineco y Tifsa nace la nueva marca Ineco con el objetivo de sumar fuerzas y afrontar mejor los retos y las oportunidades de la ingeniería española. La empresa cuenta con 42 años de experiencia y una creciente proyección internacional.

ENCARGO DEL MOPT

Plan Nacional de Transportes de Costa Rica

El Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) de Costa Rica ha encargado a **Ineco** un Plan Nacional de Transportes. El objetivo es analizar la situación de los ferrocarriles, aeropuertos, puertos y transportes urbanos del país y planificar su desarrollo hasta el año 2035.

Ineco ha realizado, además, un plan específico de modernización de aeropuertos locales por encargo de la Dirección General de Aviación Civil costarricense, con el respaldo de la OACI. Paralelamente, en UTE con la empresa española Iberinsa, la compañía desarrolló a lo largo de 2009 un estudio para el Instituto Costarricense de Ferrocarriles (INCOFER), con el objeto de analizar su red ferroviaria, de 414 km, con vistas a su revitalización. ■



INICIATIVAS DEL AULA CARLOS ROA DE INECO

Jornadas sobre movilidad sostenible y transporte aéreo

El Colegio de Ingenieros de Caminos de Catalunya acogió el 14 de octubre la Jornada Técnica sobre Movilidad Sostenible, organizada por el Aula Carlos Roa de Ineco. Al final del debate entre expertos, Ignasi Nieto, presidente de Ineco, y Manel Nadal, secretario general de Movilidad de la Generalitat de Catalunya, hicieron entrega a Guillermo Beltrán del IV Premio Ineco sobre carreteras al mejor trabajo de fin de carrera 2009 (momento que

recoge la foto), junto a Antonio Monfort, director del Aula Carlos Roa. Nieto también presentó, con Manuel Ameijeiras, director general de Aviación Civil, la XI Jornada de Reflexión y Debate del Aula, celebrada en Madrid el 21 de octubre y dedicada al futuro de las líneas aéreas. Durante la misma se analizó la situación actual del sector: marco regulatorio, impacto de las 'low cost', proceso de consolidación y modelo de negocio de Aena.

PRESENCIA EN KUWAIT Y OMÁN

Nuevos trabajos para Ineco en Oriente Próximo

La Office of Consultation and Career Development (OCCD), adscrita a la Facultad de Ingeniería y Petróleo de la Universidad de Kuwait, ha contratado a **Ineco** como consultor internacional para revisar el

Master Plan del Área Industrial de Shadadiya y la preparación de la documentación de licitación para su diseño y construcción. Paralelamente, en 2010, el Sultana-to de Omán adjudicó al consorcio

formado por **Ineco**, GOP arquitectos y TRIAD Oman Consultants Internacional el Plan Maestro del nuevo aeropuerto de Musandam, un enclave estratégico situado en pleno Golfo Pérsico.



PRIMER TRABAJO EN EGIPTO

Actualización de los sistemas de navegación aérea

Ineco ha ganado recientemente el concurso internacional convocado por la firma Egyptian Holding Company for Airports and Air Navigation (EHCAAN) para elaborar una estrategia de modernización de sus sistemas de navegación aérea. El proyecto, titulado *Development Strategy of Air Traffic Control Infrastructure and Management*, tiene como objetivos analizar la actual infraestructura CNS/ATM en Egipto, proponer una nueva red de aerovías para su espacio aéreo y realizar las especificaciones para un nuevo sistema de control de tráfico



aéreo para el Centro de Control de El Cairo. Se trata del primer trabajo de **Ineco** en este país, que se adjudicó el pasado octubre.

En la imagen, Javier Cos (izquierda) y Ángel Villa (derecha), junto a los representantes de EHCAAN. ■



NUEVO CONTRATO EN JAMAICA

Proyecto de ampliación del aeropuerto internacional de Montego Bay

El consorcio privado MJB Airports, que gestiona el aeropuerto Internacional Sangster, ubicado en la segunda ciudad más importante de Jamaica, Montego Bay, ha encomendado a **Ineco** la redacción del proyecto de ampliación de su campo de vuelos y la adecuación de sus instalaciones a la normativa de seguridad de la OACI. Se trata del segundo trabajo de Ineco para este aeropuerto, tras la finalización en 2009 del Plan Director. Según el documento, el aeropuerto jamaicano, que recibe a tres de cada cuatro turistas que visitan la isla, podría pasar de los actuales 3,3 millones de pasajeros anuales, a 4,7 millones en el año 2028. El consorcio MJB Airports gestiona el aeropuerto con una concesión por 30 años y está participado en un 74,5% por una compañía subsidiaria del grupo español Abertis.

EN LA IMAGEN, Ignasi Nieto, presidente de Ineco (derecha), con Fernando Bosque, director general de MJB Airports, durante la firma del contrato el pasado 1 de octubre de 2010.

BANOBRAS EN ESPAÑA

Presentación de las concesiones de autopistas mexicanas

Alonso García Tamés, director general de Banobras (Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos), y Adolfo Zagal, director de Negocios de Infraestructura, presentaron a los empresarios españoles los instrumentos financieros del Gobierno mexicano para promover la inversión en infraestructuras en su país, en un acto organizado por **Ineco** y el Instituto de la Ingeniería de España el pasado 7 de octubre.



Durante el encuentro (en la foto), los representantes de la entidad informaron sobre el primer grupo de autopistas que se adjudicarán en régimen de concesión bajo el nuevo modelo de operación y gestión, abierto a la participación de empresas privadas. **Ineco** colabora desde 2009 con la entidad mexicana en un estudio de mejora de la señalización de autopistas. ■

Ignasi Nieto, presidente de Ineco, y los directores generales Javier Cos y Francisco Quereda asistieron a la Asamblea de la OACI (Organización de Aviación Civil Internacional) en su sede central de Montreal (Canadá), que convocó el pasado octubre a 190 países.



EL MILAGRO BRASILEÑO

La economía brasileña es diversa y abarca todos los sectores: en apenas tres décadas ha transformado por completo la agricultura y la ganadería, es autosuficiente en petróleo desde 2006; produce una cuarta parte de la soja mundial, y destaca por su alto nivel tecnológico. Es uno de los 20 mayores exportadores, desde

etanol para biocombustibles, hasta automóviles (es el séptimo fabricante del mundo), carne bovina, aeronaves u ordenadores. Participa en la construcción de la Estación Espacial Internacional, fabrica combustible para centrales nucleares y puede presumir de haber devuelto por adelantado un préstamo de 30.000 millones de dólares al FMI.

Las infraestructuras de transporte, el gran reto de futuro

Brasil, 'ordem e progresso'

Ineco lleva 20 años trabajando en Brasil, un país que en los últimos años ha logrado situarse en el grupo de las cuatro grandes economías emergentes del mundo. El desarrollo de sus transportes es un desafío inmediato del que puede depender un futuro económico de enorme potencial.

Redacción **itransporte**, con la colaboración de **José Batlles**, delegado de Ineco en Brasil.

Brasil es el quinto país más grande del mundo por extensión –sus más de 8,5 millones de km² representan el 47% del territorio total de Latinoamérica– y por población –casi 192 millones de habitantes–. Tal y como expresa su lema nacional, *ordem e progresso*, el arrollador crecimiento de su economía durante la última década, acompañado de estabilidad política e impulsado por exitosas políticas económicas y financieras, ha conferido a Brasil una potente proyección internacional que espera consolidar a corto y medio plazo con la organización de dos grandes eventos deportivos: el Mundial de Fútbol en 2014 y los Juegos Olímpicos de Río de Janeiro en 2016. Ambos representan una oportunidad única para reforzar la nueva imagen del país ante los mercados globales.

A estas necesidades coyunturales se suman otras aún más urgentes y de mayor alcance: junto con Rusia, China e India, Brasil ha conseguido en pocos años integrarse en el grupo de los llamados BRIC, siglas de las cuatro grandes economías emergentes del planeta. Con la mayor red de transportes de todo el grupo, presenta también un importante déficit en infraestructuras, imprescindibles, sin embargo, para garantizar el crecimiento de la que ya es la octava economía del mundo. De hecho, el sector del transporte, junto con el de

la energía, es uno de los más atractivos para la inversión extranjera, que ha sido una de las claves del despegue económico de Brasil y que el Gobierno federal quiere impulsar mediante programas de colaboración público-privada.

Participación de España

España figura actualmente entre los cinco grandes inversores extranjeros en el país, donde, desde 1996, se ha ido incrementando la presencia de empresas españolas pertenecientes a diversos sectores: telecomunicaciones y energía (Telefónica, Repsol, Endesa, Iberdrola, Gas Natural), banca (BBVA y Santander) y otros (Mapfre, Prosegur). En el sector de transportes e infraestructuras, uno de los de mayor demanda, cabe destacar la presencia de CAF, Acciona, OHL o Isolux Corsán. Por su parte, **Ineco** trabaja en Brasil desde hace dos décadas: dispone de una delegación y está constituida como sociedad de representación desde el año 2000: Ineco do Brasil, con sede en São Paulo, la capital económica del país.

El Gobierno federal es consciente de que resulta primordial eliminar, de forma urgente, las carencias de sus redes de transporte. Como señala el delegado de **Ineco** en Brasil, José Batlles, “el déficit actual de infraestructuras de transporte puede resultar crítico a medio plazo, limitando incluso el crecimiento potencial



METRO DE SÃO PAULO

La nueva estación de Vila Prudente, en la Línea 2 del metro de São Paulo, se inauguró el pasado agosto. Es un ejemplo del crecimiento del suburbano de la mayor urbe del país.



Porto Maravilha (Río de Janeiro).



Escalera mecánica en el metro de São Paulo.



Estación de metro de Butantã (São Paulo).



Las infraestructuras de transporte en Brasil

Los transportes brasileños presentan grandes disparidades en cuanto a su desarrollo. Los numerosos proyectos en marcha persiguen solventar algunas de las carencias más acuciantes.

>AEROPUERTOS

Después de Estados Unidos, Brasil ostenta el récord mundial en número de aeropuertos: un total de 2.498, de los que 34 son internacionales (el mayor, el de São Paulo). José Batlles explica que el sistema aeroportuario "necesita una expansión urgente, sobre todo teniendo en cuenta las grandes citas internacionales que Brasil está llamada a acoger en los próximos años". Así, la empresa estatal Infraero prevé que sólo para el Mundial de Fútbol de 2014 será necesario invertir 2.800 millones de euros en 16 aeropuertos del país.



>CARRETERAS

Son el principal modo de transporte, tanto para carga como para pasajeros, y forman una inmensa red de 1,7 millones de kilómetros, aunque alrededor del 85% no está pavimentado. La construcción de carreteras fue, en la década de los 50 y 60 del siglo pasado, uno de los incentivos a la instalación en el país de grandes fabricantes

de automóviles. En cuanto al estado actual de la red, el delegado de Ineco explica que es desigual, ya que mientras "las de la región sur y, sobre todo, del sureste están mejor desarrolladas", en general "no son suficientes, y su estado de conservación no siempre es adecuado". Según un estudio del Instituto Brasileño de Investigación Económica Aplicada (IPEA), las carreteras del país requieren una inversión de 80.000 millones de euros para su recuperación, conservación y ampliación, de los que sólo el 13% está previsto en el PAC.

>PUERTOS

Brasil cuenta con más de 160 puertos marítimos y fluviales repartidos por sus más de 8.500 km de costa y vías interiores, de los que 34 son públicos y el resto de gestión privada. El mayor es el de Santos, en el Estado de São Paulo. A pesar de que el 95% del comercio internacional del país se realiza a través de los puertos, estos se encuentran "desfasados frente a las necesidades del comercio internacional contemporáneo y a la capacidad de sus competidores", según reconoce el propio Ministerio de Relaciones Exteriores de Brasil. La gestión se abrió a la participación privada a partir del año 1993, y posteriormente ha ido desarrollando diversas normas y programas de modernización de sus puertos, que se revelan como "nodos clave para las exportaciones de Brasil", según José Batlles. El PAC destina cerca de 1.300 millones de euros a las infraestructuras portuarias.

>FERROCARRILES

El país cuenta con 31.000 km de *ferrovias*, destinadas, a excepción de las metropolitanas, al transporte de carga, y no constituyen una red homogénea, como

explica Batlles: "Se puede decir que no existe una red nacional de ferrocarril, tan sólo algunas redes de ámbito estatal sin interconexión. Los ferrocarriles existentes



son, además, muy heterogéneos, con anchos de vía y tecnologías diferentes", gestionados por empresas privadas. Entre los proyectos más destacados recogidos en el PAC figuran la línea Norte-Sur-Tramo Sur (de 1.525 km de longitud y una inversión aproximada de 1.000 millones de euros) y el ferrocarril de Integración Oeste-Este (de 1.527 km de longitud y una inversión prevista de 700 millones de euros).



Capítulo aparte merecen los proyectos de alta velocidad: en la primera fase del PAC se incluyó lo que podría convertirse en la primera línea de este tipo en América Latina,



TRANSPORTES Y TURISMO

El turismo también se beneficiaría directamente de la mejora de los transportes. Se trata de un sector estratégico que todavía está muy poco desarrollado, aunque con un enorme potencial: en el conjunto de 2008, Brasil recibió 5,2 millones de turistas, cifra similar a la que registra España en un solo mes.

Según datos del ICEX, el objetivo del Ministerio de Turismo brasileño es alcanzar los 7,9 millones de turistas extranjeros en 2010 y colocar a Brasil entre los 20 primeros destinos turísticos en 2020. En la imagen, la delegación brasileña, encabezada por el presidente Lula da Silva, celebra la concesión de los Juegos Olímpicos de 2016.

que con sus 519 km unirá los principales núcleos económicos y de población del país: la ciudad de Río de Janeiro y la macrorregión metropolitana formada por São Paulo y la urbe de Campinas, en la que se prevé una inversión de 15.000 millones de euros. Se adjudicará en un concurso internacional a partir de 2011 e incluye el proyecto, construcción, explotación y mantenimiento de la línea por un periodo de 40 años. En opinión de José Luiz Portella, Secretario de Transportes Metropolitanos del Estado de São Paulo, "lo ideal sería un tren que circule a una velocidad de entre 180 y 200 km/h. Sería un tren rápido, aunque menos costoso y más fácil de construir", lo que supondría

un ahorro que permitiría "construir cerca de 150 km de metro en Brasil, que es lo más importante en las grandes urbes". Aunque se trata del proyecto de alta velocidad en estado más avanzado, no es el único: la segunda fase del PAC incluye dos nuevas líneas, una que unirá São Paulo con Curitiba (461 km) y con Belo Horizonte (559 km), y otra de 540 km entre Campinas y Uberlandia.

>TRANSPORTES METROPOLITANOS

El núcleo económico e industrial de Brasil, además de su principal concentración demográfica, se sitúa en el triángulo

delimitado por Brasilia (la capital administrativa) y, sobre todo, por las inmensas regiones metropolitanas en torno a las ciudades de São Paulo y Río de Janeiro, el segundo gran centro industrial del país.

Río de Janeiro

Sólo la ciudad de Río (casi 6,2 millones de habitantes) invertirá hasta 2016 más de 2.700 millones de euros en optimizar su red de transportes, mejoras que incluyen la ampliación de la red de metro (900 millones de euros) y la renovación del material rodante. La ciudad cuenta también con un gran proyecto de urbanización y revitalización de su área portuaria, bautizado como Porto Maravilha, por valor de 3.500 millones de euros, que incluye un tren ligero y que el Ayuntamiento de Río financiará a través de un Plan Municipal de colaboración público-privada.



São Paulo

Por su parte, el Estado de São Paulo destinará 11.000 millones de euros antes de 2014 a infraestructuras de tren y metro en su región metropolitana, que suma más de 19 millones de habitantes, 11 de ellos en la ciudad paulista (ver entrevista con José Luiz Portella en las páginas siguientes).

Ineco, 20 años de ingeniería española en territorio brasileño

Ineco trabaja actualmente en el 'Project Management' del Proyecto São Paulo Trains and Signalling (ver números 6 y 19 de *itransporte*), un proyecto iniciado en 2008 para la modernización de las líneas de cercanías 7 y 12 de la Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM). El objetivo es reducir el intervalo entre trenes a 3 minutos, además del suministro de 40 nuevos trenes para la ampliación de la flota. Recientemente se ha cerrado el Volumen 2 del Proyecto Celeste para el desarrollo de aplicaciones de Galileo en América Latina. Son los más recientes entre la veintena de trabajos que Ineco ha venido

desarrollado ininterrumpidamente en Brasil desde el año 1986, especialmente en el campo de ferrocarriles y metro, tanto para clientes institucionales locales e internacionales (CPTM, Companhia Brasileira de Trens Urbanos, Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Mundial), como privados (CAF, Isolux, Dimetronic o Renfe, entre otros). Los proyectos del Gobierno brasileño en infraestructuras de transporte están atrayendo a empresas de ingeniería de todo el mundo. En la foto, José Batlles, delegado de Ineco en Brasil.



José Luiz Portella

Secretario de Transportes Metropolitanos del Estado de São Paulo

"Esperamos poder ampliar aún más las inversiones de transporte en las grandes ciudades"

El responsable de transportes de una de las mayores áreas urbanas del mundo desgana algunos de los 'muchos desafíos' a los que se enfrenta la ciudad de aquí a 2014. 'Facilitar al máximo la movilidad –explica– es una misión difícil', pero básica para lograr el objetivo de 'mejorar la vida' de los ciudadanos.

São Paulo es el más rico de los 26 Estados de la República de Brasil y el verdadero epicentro de la economía nacional: por sí solo aporta casi el 34% del PIB nacional. La ciudad paulista, con 11 millones de habitantes, cuadruplica en población a Brasília, la capital oficial; con los municipios de su área metropolitana alcanza los 19 millones de habitantes. El crecimiento hacia otras áreas próximas, como la de Campinas (situada a 90 km), ha dado como resultado una macrorregión urbana que reúne al 75% de la población total del Estado (40 millones de habitantes).

En los últimos años, el Gobierno del Estado de São Paulo ha hecho un gran esfuerzo inversor en transporte público. ¿Puede concretar y cuantificar las inversiones de su plan?

Las inversiones previstas en nuestro Plan de Expansión se acercan a los 23.000 millones de reales (más de 9.960 millones de euros) para el periodo 2007-2011, de los que unos 15.000 millones de reales se destinan al Metro (Companhia do Metropolitano de São Paulo), cerca de 7.000 millones a la CPTM (Companhia Paulista de Trens Metropolitanos) y alrededor de 800 millones de reales a la EMTU/SP (Empresa Metropolitana de Transportes).



¿Tienen previsión de implantar en algún momento una autoridad única para los transportes metropolitanos?

Todavía no hay una fecha concreta para la implantación de la que llamaríamos Autoridad Metropolitana de Transporte (AMT). Sin embargo, existe ya un proyecto piloto al que se han adherido cuatro ciudades de la Región Metro-

politana de São Paulo (RMSP). La futura AMT tendrá autonomía administrativa y financiera, con una actuación enfocada a la planificación y gestión del sistema de transporte metropolitano. Marcará, por tanto, las pautas de nuestra Política del Transporte Metropolitano de Pasajeros, en línea con lo que ya sucede en ciudades como Madrid y Barcelona, en España, o las de Recife y Olinda, en el mismo Brasil.

Existen otros proyectos en otras regiones metropolitanas como Campinas y Santos... ¿Se prevén grandes inversiones para estas ciudades?

En la región de Santos está previsto implantar el SIM (Sistema Integrado Metropolitano). Se trata de una red de transporte público metropolitano compuesta por autobuses interurbanos que dan servicio a los nueve municipios de Baixada Santista (Santos, São Vicente, Guarujá, Praia Grande, Peruibe, Bertioga, Cubatão, Monguaguá y Itanhaém), además de un sistema de metro ligero, de capacidad media, que se implantará inicialmente en los municipios de São Vicente y Santos (que concentran más del 75% de los desplazamientos en la región). El plazo marcado para que el metro ligero comience a operar es de 24 meses una vez firmado el contrato de concesión a la iniciativa privada.



PLAN DE MOVILIDAD URBANA

José Luiz Portella prevé cuadruplicar la red de cercanías para el año 2014, hasta los 240 km. Destaca, además, la modernización del sistema de señalización para reducir intervalos entre trenes, proyecto en el que participa Ineco. También se están renovando estaciones y el material rodante de metro y cercanías.

La puesta en marcha del metro ligero, prevista para finales de 2012, permitirá racionalizar el sistema de transportes urbano, retirando de la circulación unos 100 autobuses con motores diésel de la actual flota. La inversión total para el SIM es de 688 millones de reales (402 millones para la construcción del primer tramo de metro ligero y 286 millones para la renovación de la flota de autobuses a lo largo de los 25 años de concesión).

En la región de Campinas, por su parte, el Gobierno estatal ha invertido 150 millones de reales en el transporte metropolitano desde el año 2007, ofreciendo a la población el Corredor Sumaré-Campinas, que promueve la integración de las ciudades de Hortolândia, Sumaré y Campinas. Dicho corredor tiene una extensión de 33 km, con 7 km de carriles reservados en exclusiva para autobuses. También se constru-

yerón tres terminales metropolitanas: Campinas, Americana y Hortolândia.

¿Cuál es el grado de implicación en la financiación de sus proyectos de entidades como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) o el Banco Mundial (BM)?

La financiación varía en función del proyecto: en algunos casos mediante fondos procedentes de bancos de fomento y, en otros, sólo con fondos del Tesoro del Estado, además de una contribución menor del Ayuntamiento de São

Paulo, el 8,9% fue financiado por el BIRD (Banco Mundial), el 21% por el BID, el 3,9% por el JBIC, y el 12,7% por el BNDES, mientras que el 0,3% correspondía a recursos privados y el restante 53,2% procedía de los presupuestos del Estado y del municipio.

España tiene una gran experiencia en proyectos de metro y ferrocarril... ¿Cómo cree que podemos colaborar mejor con las empresas e instituciones de Brasil en el diseño y realización de todos estos proyectos?

Las inversiones previstas en el Plan de Expansión superan los 9.960 millones de euros para el periodo 2007-2011

Paulo e inversiones privadas en régimen de PPP (colaboración público-privada). De la inversión total prevista en el Plan de Expansión de São

Creemos que la experiencia y tecnología española son y seguirán siendo de gran utilidad para los proyectos que se realicen en Brasil en los próximos años. Esperamos poder ampliar aún más el ritmo de las inversiones para expansión y modernización de los sistemas de transporte en las grandes ciudades. El mercado local de empresas de ingeniería y consultoría está bien desarrollado, pero siempre es bueno contar con la aportación y los conocimientos de empresas como Ineco.

Precisamente, Ineco lleva años colaborando con Brasil, en concreto con el Estado de São Paulo... ¿Cómo valora esta colaboración y que posibilidades ve para participar en la construcción de las nuevas líneas metropolitanas?

Nos esperan grandes desafíos para llevar a cabo todas las inversiones previstas en el Plan de Expansión de São Paulo. Confiamos, por tanto, en poder contar con la participación y experiencia de empresas altamente cualificadas, como Ineco, para afrontar con garantías esos desafíos. ■

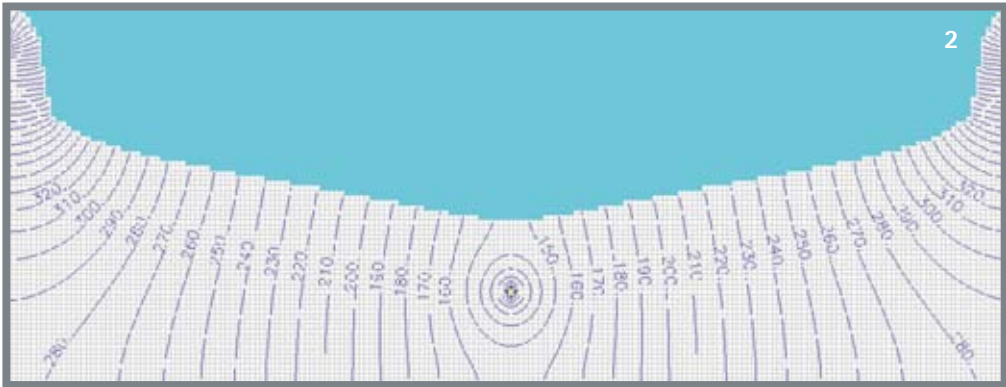


METRO Y TREN, MEJORES Y MÁS RÁPIDOS

La ampliación de la red 'debería incrementar el número de usuarios en un 55% y reducir una media del 25% los tiempos de viaje (...)', explica Portella. 'Hemos adquirido, además, 152 nuevos trenes. La CPTM ha completado ya su reforma y Metro va a mejorar toda su flota para 2014'.

El hombre y el agua

A photograph of a small, man-made waterfall. Water is cascading over a series of stone steps or a low wall, creating a small pool of white, frothy water at the base. The surrounding area is lush with green moss and vegetation, suggesting a damp, forested environment.

[illegible]



REGISTROS CONTINUOS

En estas imágenes se aprecian dos detalles de la instalación de la instrumentación para el registro continuo de los niveles piezométricos. La foto 1 corresponde al equipamiento de la arqueta de uno de los piezómetros instalados en Sierra Gorda (Granada). Dispone de doble tapa antivandálica, varios

candados y argolla para sostener el cable de la instrumentación. En la foto 2 se puede ver un transductor de presión que realiza el registro del nivel piezométrico; se acompaña de una pesa para mantener la tensión del cable.

→ Efectos de las obras subterráneas

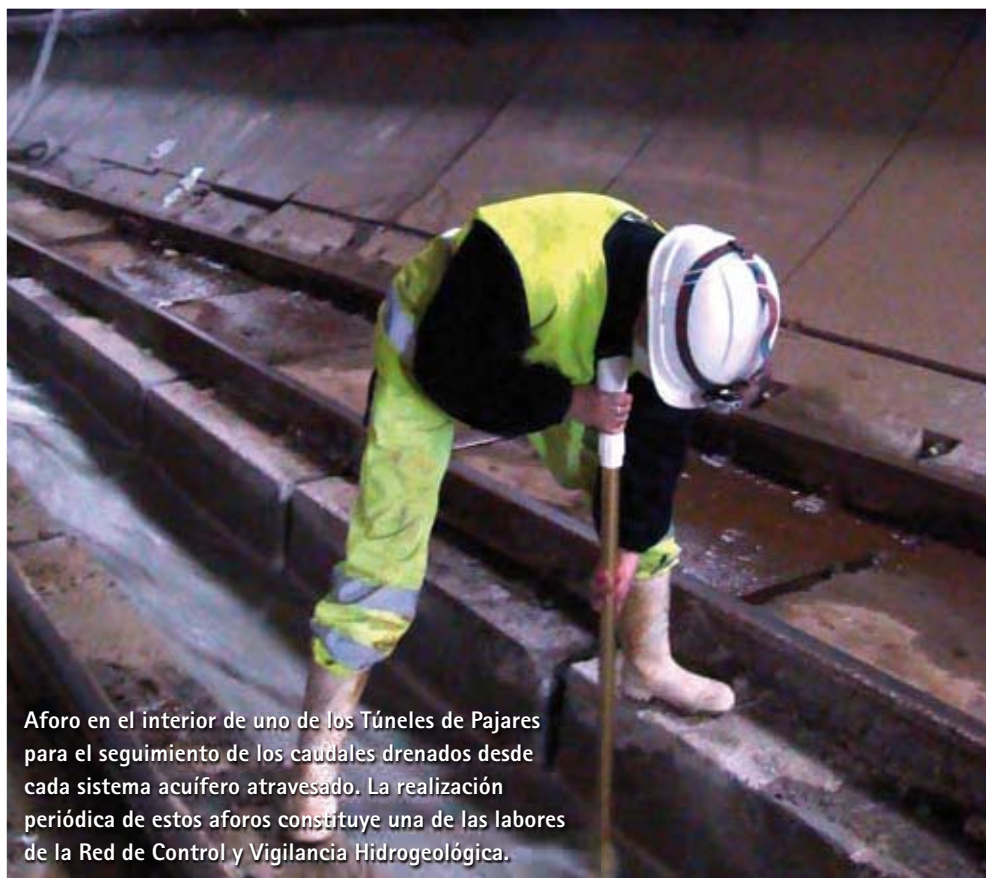
El agua busca su camino

A grandes rasgos, se pueden considerar dos posibles efectos en el medio hidrogeológico al introducir un elemento antrópico subterráneo, dependiendo de si impide el paso del flujo de agua a su través (impermeable) o no (permeable).

En el primer caso, como puede ocurrir en un edificio con sótanos de grandes dimensiones, éste constituirá un obstáculo al flujo subterráneo respecto al régimen natural, ocasionando un "efecto barrera". La oposición que presente al paso del agua dependerá de la forma de la construcción, su orientación respecto al flujo y de si atraviesa o no el acuífero en todo su espesor. En este sentido, el caso más desfavorable correspondería al de un elemento de geometría alargada, dispuesto perpendicularmente y atravesando por completo la formación acuífera.

El "efecto barrera" consistiría en la división del acuífero en dos zonas: una aguas arriba de la construcción, en las que se produciría un ascenso relativo de los niveles piezométricos, y otras, aguas abajo, en las que se produce un descenso. Estas variaciones piezométricas inducen efectos negativos sobre las edificaciones y obras preexistentes, así como sobre las propias actuaciones previstas.

Si, por el contrario, el elemento construido por el hombre permite la afluencia de agua subterránea a su través (por ejemplo, un túnel



Aforo en el interior de uno de los Túneles de Pajares para el seguimiento de los caudales drenados desde cada sistema acuífero atravesado. La realización periódica de estos aforos constituye una de las labores de la Red de Control y Vigilancia Hidrogeológica.

sin impermeabilización o con una impermeabilización deficiente), se produce el efecto contrario. En este caso el elemento constituye un drenaje adicional del sistema acuífero y éste reaccionará adaptándose a él. La importancia de este drenaje está en función de su cota relativa al nivel de base natural del sistema, de forma que si se dispone a una cota inferior, ésta pasa a constituir el nuevo nivel de base, es decir, la obra pasa a convertirse en la principal zona de descarga del sistema acuífero, por lo que es de esperar una gran afluencia de caudales en su interior.

En cuanto al efecto sobre el medio acuífero, la depresión de los niveles piezométricos implica afecciones que van desde el secado de fuentes y manantiales hasta la desconexión de la red hidrográfica o de cualquier otra masa de agua superficial. En este último caso, el flujo de descarga hacia estas masas de agua se invertiría; dejarían de recibir el agua del acuífero y pasarían a ser éstas las que perderían caudal hacia el acuífero. En casos extremos esto podría implicar el secado de cauces superficiales o el desarrollo de fenómenos de intrusión marina en áreas costeras.

Metodología

Cómo se hace un estudio hidrogeológico

1

El primer paso es la **revisión de la información existente**, que permite formarse una idea de las circunstancias geológicas e hidrogeológicas de la zona, acuíferos existentes, tipos de acuíferos (libres, confinados, semiconfinados...), naturaleza de los acuíferos (siliciclástica, fisural, kárstica...), así como del funcionamiento del flujo subterráneo general de la zona. En algunos casos es posible encontrar información específica sobre datos de recarga o descarga, cuantificación de parámetros hidrogeológicos (transmisividad, coeficiente de almacenamiento...), seguimientos piezométricos o foronómicos, etc. A menudo constituye una visión general de la zona, pero no detallada. En este sentido, la información de campañas geotécnicas previas, que incluyen testificaciones y ensayos de permeabilidad (Lefranc o Lugeon) son vitales.

2

Una de las primeras labores que se abordan a continuación es una **cartografía geológica e hidrológica**, adecuada al detalle que requiere el estudio en cuestión. Esto, permite definir con precisión los acuíferos afectados. Una vez identificados, estos constituyen la unidad básica de análisis dentro de cada estudio. Así, un determinado estudio puede estar constituido por un único acuífero de grandes dimensiones y recursos hidráulicos importantes o por un conjunto más o menos numerosos, algunos de los cuales con conexión hidráulica entre sí, que permiten ser tomados como una única unidad (sistema acuífero).

3

A partir de entonces se trata de identificar cada uno de los elementos que componen los acuíferos diferenciados. En este sentido se realiza un **Inventario de Puntos de Agua**, que incluye cualquier elemento o estructura (natural o artificial) que suponga un "contacto" directo con el acuífero. Así, los pozos, sondeos y manantiales representan un punto de observación directa del nivel piezométrico. Tan importante como la distribución espacial de estos puntos es el estudio de las variaciones del nivel piezométrico a lo largo del tiempo, al menos durante un año hidrológico. Esto resulta crucial al determinar si una obra subterránea va a interactuar con el medio acuífero o no. > A menudo se llevan a cabo **campañas de campo específicas**, en las que se construyen y equipan piezómetros en lugares estratégicos de la zona cuyos datos permitan reconstruir el flujo subterráneo. Asimismo, se suelen construir grupos de bombeo (un pozo de bombeo y varios piezómetros auxiliares) y efectuar ensayos propios bajo condiciones de contorno controladas, a fin de conocer los parámetros hidrogeológicos del medio acuífero. Se pone especial cuidado en el aislamiento del nivel acuífero estudiado en cada caso, dentro de los piezómetros y pozos de bombeo, lo que no se suele tener en cuenta en las campañas meramente geotécnicas. > La selección de diversos puntos (piezométrico, foronómico, termopluviométrico...) que pasan a constituir una **Red de Seguimiento y Control Hidrogeológico** y la recolección periódica

de datos permite analizar la evolución del sistema acuífero. Cuando esto se realiza en régimen natural, lo que se obtiene corresponde a las variaciones más o menos estacionales que caracterizan el medio. Cuando se realiza simultáneamente o con posterioridad a una obra subterránea, el resultado supone la constatación del progreso de la afección al medio acuífero.

> En esta labor juega un papel muy importante la utilización de una **instrumentación de registro continuo**. En este caso se cuenta con sensores específicos de registro de lámina de agua, diseñados para ser instalados en el interior de pozos y piezómetros, que permiten un seguimiento continuo del nivel piezométrico. Asimismo, es posible el registro detallado de las precipitaciones en diferentes zonas del acuífero. Resulta vital el estudio de precipitaciones y temperaturas para establecer un balance hidrometeorológico de la zona y cuantificar las recargas, correspondientes a diferentes periodos (época de estiaje, época de lluvias abundantes...).

4

La **modelización matemática** es la última etapa del estudio. Es un proceso complejo, en el cual resulta vital establecer las condiciones de contorno con criterios geológicos e hidrogeológicos, y la calibración del modelo, proceso iterativo que se continúa hasta que el modelo reproduce fielmente las variaciones piezométricas y de caudal realmente observadas. El modelo permite predecir la interacción de la obra con el medio acuífero y proyectar medidas correctoras si son necesarias.



POZOS: ACCESO DIRECTO AL NIVEL PIEZOMÉTRICO

En las imágenes, diversos pozos inventariados en Valladolid. En entorno urbano apenas se conservan estructuras que permitan un acceso directo al nivel piezométrico. En el caso de Valladolid, el inventario de puntos de agua se realizó a partir de una identificación previa de todos los edificios históricos (monasterios,

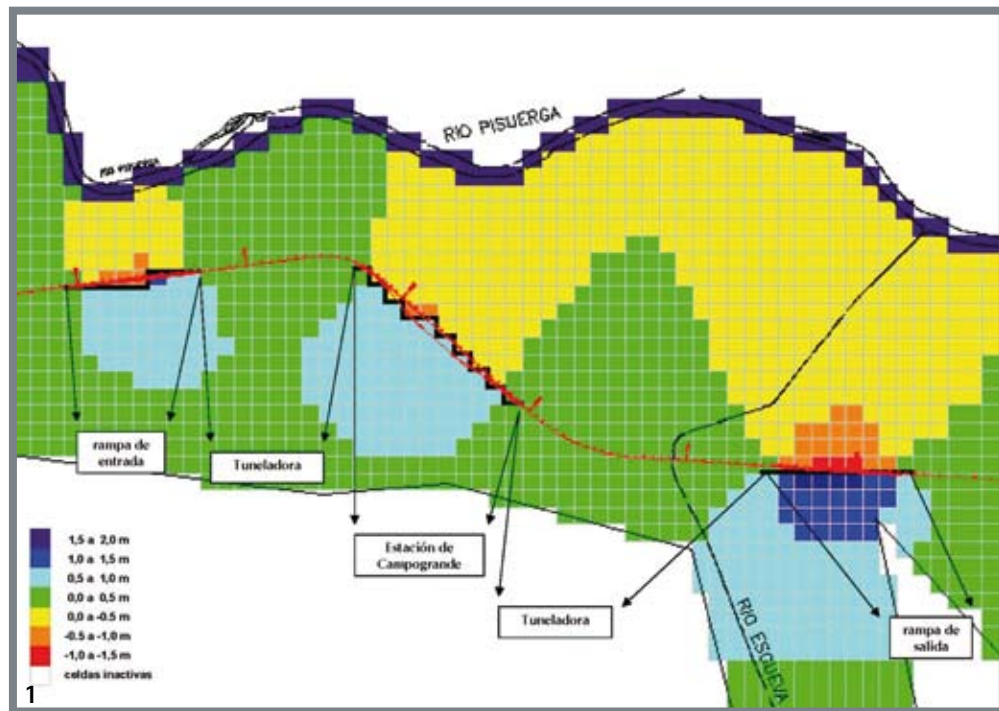
conventos, palacios...) que podían conservar algún pozo.

1_Pozo en la bodega del restaurante Parrilla de San Lorenzo (en los sótanos del Convento de Santa Ana).

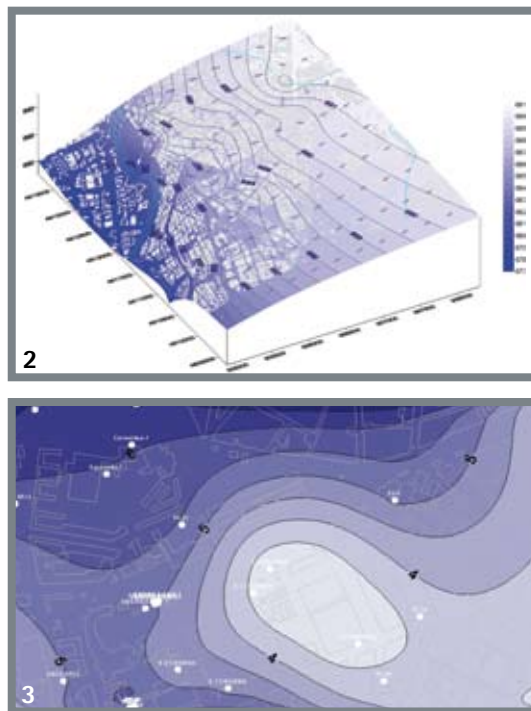
2_Pozo en el patio del Convento de San Joaquín.

3_Pozo en el zaguán de la Casa Cervantes.

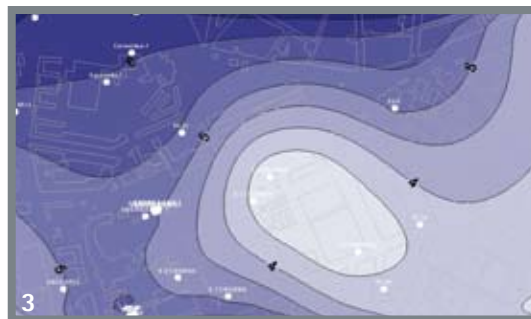
→ Proyectos destacados



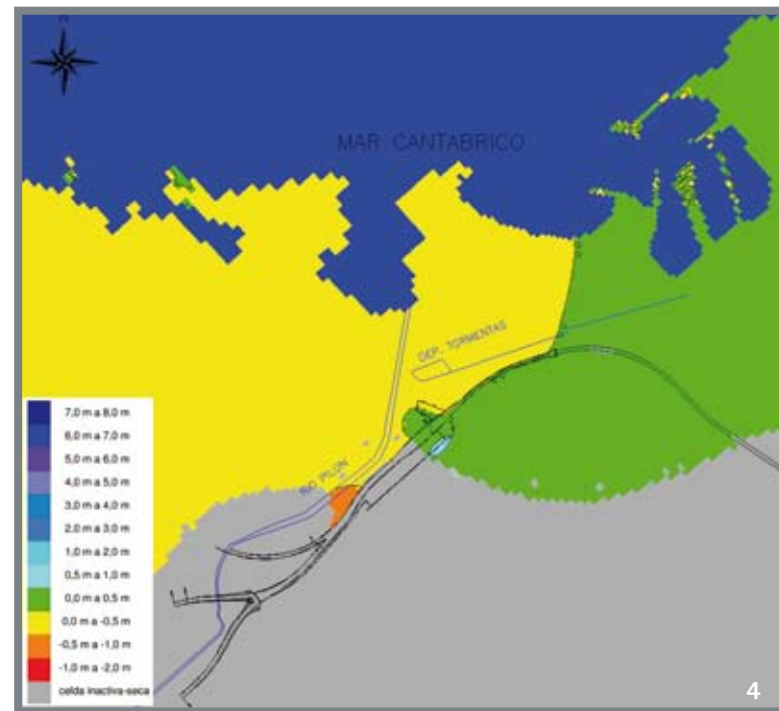
1_Modelo del 'efecto barrera' del soterramiento de las vías de Alta Velocidad en el entorno urbano de Valladolid (de características similares a la imagen 4 de la página siguiente).



2_Reconstrucción de la superficie piezométrica en Valladolid (margen oriental del río Pisuerga). El escenario corresponde a la situación propia de un estiaje.

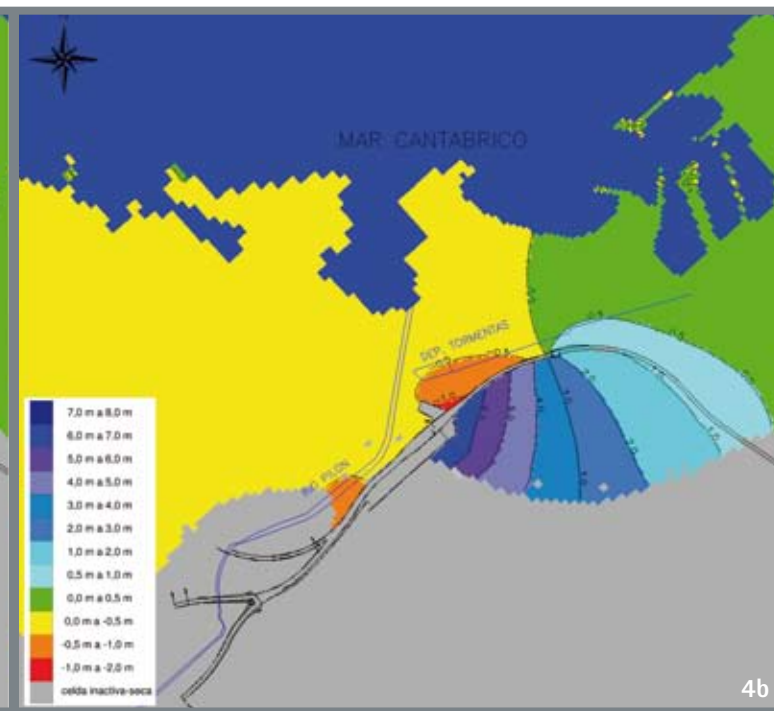


3_Representación de la profundidad del nivel piezométrico en la zona de la estación de Valladolid. Se observa que éste se encuentra entre 4 y 6 m de profundidad.



4 y 4b_Imágenes de simulación del efecto barrera del flujo subterráneo para Gijón. Plano de ascensos y descensos de la capa 4 del modelo construido para la estación intermodal de Gijón, incluyendo medidas de drenaje para

el restablecimiento del flujo subterráneo ('hipótesis de calibración'). En el modelo matemático realizado para el entorno urbano de Gijón se llegaron a identificar hasta ocho capas acuíferas diferentes. Se procedió a la



caracterización de cada una de ellas en términos de piezometría, parámetros hidrogeológicos, permeabilidad, transmisividad, coeficiente de almacenamiento, así como a la conexión existente entre ellas.

Interacción de los túneles y las aguas: algunas experiencias

TÚNELES DE PAJARES. Ineco realiza actualmente el seguimiento de la Red de Control y Vigilancia Hidrogeológica establecida en el estudio (ver imagen en la página 14), que ha permitido analizar el comportamiento espacio-temporal de la interacción entre los Túneles de Pajares (León-Asturias) y el medio hidrogeológico. Este trabajo complementa al ya citado 'Estudio hidrogeológico del entorno de los Túneles de Pajares'. Ambos han constituido una pieza fundamental para la determinación de las medidas correctoras para minimizar la influencia que ejerce el drenaje ocasionado por los túneles y proyectar y presupuestar tales medidas. Se prevé continuar con el seguimiento hidrogeológico más allá de la finalización de los túneles a fin de poder analizar y constatar la efectividad de estas medidas correctoras a corto y medio plazo.

TÚNELES DE ALTA VELOCIDAD como el de Archidona (Málaga) o la variante de Loja a su paso por Sierra Gorda (Granada). En este último caso (ver imagen 1 de la página 13), su importancia radica en que el estudio hidrogeológico y el seguimiento comenzaron a la vez que el Estudio Informativo de la obra, lo que supone una oportunidad inmejorable de caracterizar el acuífero y analizar su comportamiento en régimen natural antes de iniciar las obras. Por otra parte, las especiales condiciones climáticas que acontecieron durante el invierno de 2009-2010, durante el que se produjo una inusual abundancia de precipitaciones, han permitido una caracterización de la zona en un escenario de 'aguas altas' (cotas piezométricas máximas), lo cual resulta especialmente interesante, ya que permitirá proyectar las medidas correctoras del lado de la seguridad.

ESTUDIOS PARA SOTERRAMIENTOS FERROVIARIOS en entornos urbanos: como los realizados en Valladolid, Gijón o Logroño (sobre este último en particular, ver número 34 de *transporte*). En estos casos existe un problema añadido: se parte de un escenario inicial con un flujo ya muy alterado por la existencia de un número considerable de elementos antrópicos subterráneos, como sótanos, aparcamientos, pasos inferiores, túneles preexistentes, etc. Los efectos de la introducción de un elemento nuevo y su influencia en los ya existentes resultan casi imposibles de analizar si no es a través de la construcción de modelos matemáticos. > En Valladolid, el trazado previsto para el nuevo túnel ferroviario que soterraría las vías de Alta Velocidad discurre de forma más o menos paralela al río Pisuerga que atraviesa la ciudad, por lo que supone una

barrera casi perpendicular al flujo subterráneo. El estudio hidrogeológico permitió la posterior calibración de un modelo matemático que simuló la efectividad de diferentes soluciones para restituir el flujo de agua y evitar afecciones a las edificaciones existentes (ver imágenes de la página precedente).

> En Gijón se abordó la interacción de la estación intermodal proyectada con el medio acuífero, constituido por materiales calcáreos de edad jurásica que forman un acuífero multicapa, y aunque su modelización matemática resultó ardua, se concluyó con éxito. En este caso existía el riesgo de fenómenos de intrusión marina, agravados por la influencia de las mareas, que se extiende varios centenares de metros tierra adentro, según ha demostrado el estudio (ver imágenes de esta página).



MEJORA DE LA INTERMODALIDAD

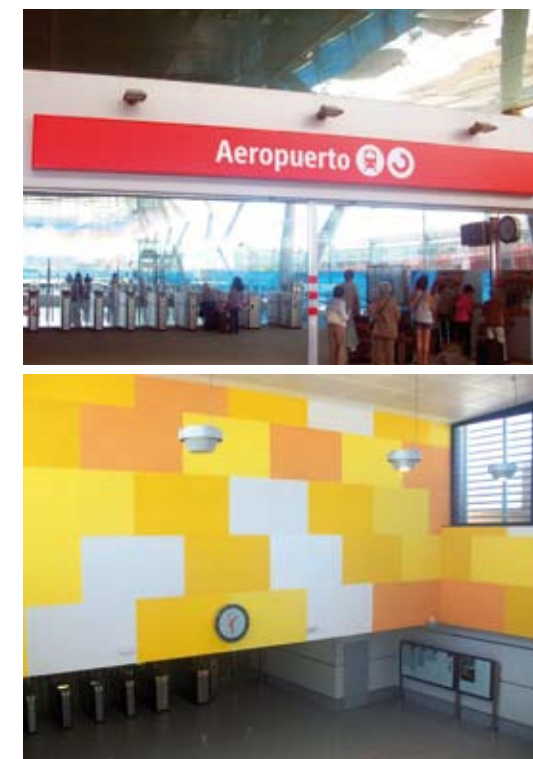
La nueva infraestructura ferroviaria incrementa la intermodalidad del sistema de transportes de la ciudad andaluza, al conectar con mayor rapidez y eficiencia el modo aéreo con la red de Cercanías (línea C1 en la estación Centro-Alameda y conexión con la C2 Málaga-Álora en Victoria Kent) y la Alta Velocidad

(estación María Zambrano). La previsión de Fomento es que al aumentar las frecuencias de los trenes y disminuir la duración de los trayectos desde el centro urbano, crezca el número de viajeros que recurren al ferrocarril para acceder al aeropuerto, que antes de la obra representaban el 7% del total.

Ineco proyecta el soterramiento y las nuevas estaciones de Cercanías



ESTACIÓN SOTERRADA DE GUADALHORCE. Su ubicación junto a uno de los polígonos de mayor actividad de la ciudad y la necesidad de que la línea ferroviaria pasara bajo la calle César Vallejo y la carretera MA-418, obligó a situarla a una profundidad de 11,6 m respecto de la cota de calle, donde se encuentra el edificio de acceso.



TUNELADORA 'BIZNAGA'. Su nombre alude al tradicional ramillete de jazmines, símbolo popular de Málaga.

Próxima parada: Aeropuerto de Málaga

Del centro de la ciudad a la terminal en 15 minutos: eso dura el recorrido de la variante ferroviaria que cruza bajo tierra el río y la futura segunda pista de vuelos. En septiembre se inauguró esta gran obra en la que participa Ineco.

Con la colaboración de **Pedro Benito** y **Javier Gutiérrez** (Proyectos Ferroviarios, Obras y Mantenimiento).

Situada a sólo 30 m de la flamante T3 del aeropuerto malagueño, la nueva estación de Cercanías es ya una realidad. Perteneciente a la línea C1 que une Málaga y Fuengirola, evita a los pasajeros la caminata que suponía el antiguo apeadero, fuera de servicio desde la inauguración de la estación Aeropuerto, el pasado 10 de septiembre.

Desde esa fecha, el antiguo corredor en vía única en superficie ha sido sustituido por una variante con vía doble de 4,1 km de longitud, que conecta el centro de Málaga con el recinto aeroportuario, cruzando bajo tierra el río Guadalhorce y el terreno donde se está construyendo la segunda pista de vuelos. Esta variante incluye una segunda estación subterránea de

Cercanías, denominada Guadalhorce. Con la nueva estación de Aeropuerto, el antiguo apeadero y la parada de la terminal de carga han dejado de funcionar.

El tramo soterrado se ha excavado con la tuneladora tipo EPB (Escudo de Presión de Tierras) bautizada como *Biznaga*. La baja calidad del suelo en la cuenca baja del Guadalhorce, el riesgo sísmico de la zona y un trazado que discurre en algunos puntos a pocos metros de activas áreas industriales, han obligado a ejecutar actuaciones de tratamientos de refuerzo con diferentes técnicas (pilotes, columnas de *jet-grouting*, etc.), tanto del terreno como de

las estructuras (instalación de elementos armados en muros pantalla, bóvedas, contrabóvedas y soleras), con el objetivo de asegurar la estabilidad de la construcción.

La estación de Aeropuerto mide 240 m de longitud por 20,8 m de ancho. Su construcción y diseño se han desarrollado de manera que se disponga espacio suficiente para una futura ampliación del aeropuerto y para la instalación de una eventual estación de Alta Velocidad. La estación de Guadalhorce, por su parte, ha sido proyectada en su totalidad por Ineco. Cuenta con dos andenes de 160 m de largo por 4 m de ancho y se estructura en tres niveles. ■

TRABAJOS DE INECO

■ Ineco redactó para Aena los proyectos básico y constructivo de toda la obra civil (la variante en vía doble, el túnel y las dos estaciones) que ha ejecutado una UTE formada por Acciona Infraestructuras y Sando. También ha llevado a cabo la dirección ambiental de las obras, que abarca el seguimiento y control de los proyectos, y ha coordinado los trabajos arqueológicos. Con objeto de mantener la unidad estética de la nueva terminal, el exterior de la estación de Aeropuerto fue encargado por Aena al mismo estudio de arquitectura que diseñó la T3 (GOP Arquitectura y Urbanismo). ■ Paralelamente, la compañía elaboró el proyecto de instalaciones ferroviarias por encargo de la Dirección General de Ferrocarriles de Fomento, que incluye la electrificación del tramo, realizada con catenaria rígida

(2,9 km) y catenaria convencional CR-160 (1,2 km), alimentada mediante la nueva subestación eléctrica de tracción ubicada en Los Prados. En lo que se refiere a seguridad y comunicaciones, se han instalado un Bloqueo Automático Banalizado con circuitos de vía de radiofrecuencia, enclavamientos electrónicos y balizas ASFA, así como equipamiento de transmisión digital a través de fibra óptica. ■ La colaboración de Ineco con Aena desde el comienzo de las actuaciones del Plan Málaga, hace ya una década, desempeña un papel destacado en los trabajos de ampliación del aeropuerto (ver número 30 de *transporte*), que han incluido la inauguración de la T3 en marzo de 2010 y que se prolongarán hasta la terminación de la segunda pista. La capacidad pasará de 12 a 30 millones de pasajeros/año.

Un proyecto innovador para reducir el impacto ambiental

Prevenir antes que curar

Ineco desarrolla desde 2008, en colaboración con Iberdrola, Adif y Red Eléctrica de España, el Proyecto Vulcano, una novedosa iniciativa de I+D+i para llevar a cabo una metodología que permitiría reducir la incidencia y el riesgo de los incendios relacionados con las líneas eléctricas y ferroviarias. El proyecto es cofinanciado por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Por **Patricia Ronda** y **Emma Real** (Dirección de Medio Ambiente e Ingeniería del Terreno).

Las estadísticas oficiales agrupan las causas de ignición en diferentes grupos. Según estos datos, el 50% de los incendios son provocados por negligencias y accidentes, el 20% son intencionados y apenas el 8% es debido a causas naturales.

Los activos aéreos o de superficie de las compañías eléctricas y ferroviarias, incluidos en las estadísticas en el porcentaje relativo a los incendios causados por accidentes, son elementos que pueden producir desprendimiento de energía y aparecen en muchas ocasiones como instalaciones iniciadoras, transmisoras o relacionadas con incendios forestales. Se refieren tanto a los fuegos producidos por escape de chispas de las máquinas o rozamientos, defectuosos sistemas de frenado en las vías, como a los incendios producidos por líneas que caen sobre la vegetación, árboles que caen sobre las líneas o, incluso, los provocados por las chispas generadas en casos en los que las instalaciones no soportan picos de demanda... Esto sucede, principalmente, porque la mayoría fueron diseñados y construidos atendiendo únicamente a criterios de diseño técnicos, cuando los requerimientos de las líneas, la demanda de energía eléctrica y los condicionantes asociados al trazado de vías ferroviarias eran muy distintos a los actuales.

Esta situación, unida a la antigüedad, la linealidad y la escasa innovación tecnológica de las redes, así como a cuestiones de tecnología, material móvil y hábitos de manejo, origina numerosos conflictos, no controlados, de convivencia entre las líneas eléctricas y las ferroviarias con el entorno natural que las rodea. La invasión de cables y activos por parte del entorno produce el deterioro de la calidad del servicio y dificulta el mantenimiento de las líneas, disminuyendo considerablemente la eficiencia y aumentando notablemente el riesgo de incendio.

Factores de mayor incidencia

Uno de los factores de mayor incidencia, desde el punto de vista del medio natural, es la climatología de cada zona o región. Es primordial tener en consideración que las líneas de alta tensión pueden modificar localmente la distribución de impactos de rayos sobre el terreno al actuar a modo de pararrayos atmosféricos y concentrar dichos impactos.

La incidencia de los rayos sobre las líneas de alta tensión y de las de electrificación del ferrocarril lleva asociado una serie de efectos negativos, tales como el contorno de los aisladores (donde, como consecuencia, puede generarse un cortocircuito), daños a los conductores que provocan marcas en el metal o

Objetivos de la nueva metodología

Esta nueva metodología desarrollada por el consorcio de empresas nacionales permitiría reducir el riesgo y la incidencia de incendios relacionados con las líneas eléctricas y ferroviarias, lo que permite reducir el impacto ambiental asociado a los activos aéreos o de superficie de las compañías eléctricas y ferroviarias, mejorando la sostenibilidad ambiental de sus redes. Con estas medidas aumentaría, además, la seguridad de sus redes e instalaciones, mejorando también la integridad de las instalaciones y la seguridad de las personas y los bienes. Este proyecto tiene un carácter significativamente novedoso, ya que no existe, a nivel nacional, ninguna metodología ni sistema similar.

incluso su ruptura, sobretensiones en la red eléctrica, o tensiones peligrosas de paso y contacto en la cercanía de los apoyos de las líneas aéreas.

Debe señalarse, no obstante, que las líneas de alta tensión no provocan la caída de un mayor número de rayos, puesto que esto depende exclusivamente de variables atmosféricas, orográficas, geomagnéticas y telúricas. De

LÍNEAS ELÉCTRICAS EN EL ENTORNO NATURAL

Los activos aéreos o de superficie aparecen en muchas ocasiones como instalaciones iniciadoras, transmisoras o relacionadas con incendios forestales. Por ello, la aplicación de medidas preventivas es de vital importancia a la hora de reducir el riesgo de incendios.



Clareos de vegetación alrededor de líneas de alta tensión.



Bomberos en un simulacro de incendios.



Curso del Seprona en Soria.

colas, como la limpieza de sotobosque, los clareos, etc. Éstas requieren de un menor presupuesto que el invertido en extinción, ayudan a mejorar la calidad de las masas forestales e incrementa su valor económico, potenciando el tejido social/rural.

Evaluación y prevención de riesgos

Por todo esto, debido a su complejidad técnica, económica y organizativa, en 2008 se decidió formar un consorcio de empresas para abordar el Proyecto Vulcano, cuyo objetivo consistía en desarrollar una metodología de evaluación y prevención de riesgos de incendios y conflictos de convivencia entre líneas eléctricas y ferroviarias y su entorno, creando un mecanismo basado en el desarrollo de algoritmos de simulación y evaluación de riesgos y de priorización de actuaciones, soportado en un sistema integrado de información geográfica SIG.

El Proyecto Vulcano está siendo desarrollado por un consorcio empresarial formado por Iberdrola Distribución (líder del proyecto), Red Eléctrica de España, Adif e Ineco. También participan en el proyecto, como colaboradores, centros universitarios, tecnológicos y otras empresas especializadas: Universidad de Alcalá (Departamento de Geografía), Centro Tecnológico LEIA, Centro Tecnológico Agrario y Alimentario ITAGRA, Instituto de Tecnología Eléctrica (ITE), Tecnorail, Incodat y Apas.

El Proyecto Vulcano, iniciado en noviembre de 2008 y cuya fecha de finalización prevista es junio de 2011, se encuadra en el Programa Nacional de Proyectos de Desarrollo Experimental en el marco del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011, y es cofinanciado por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. ■

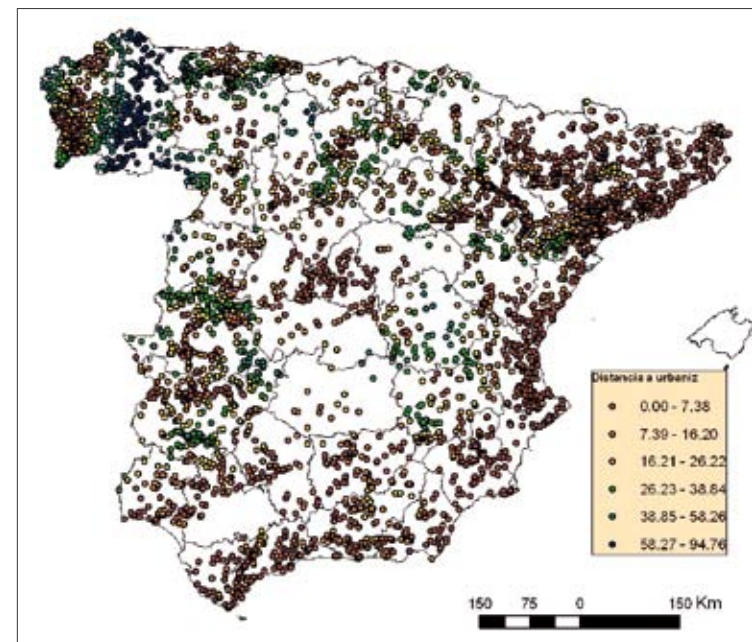
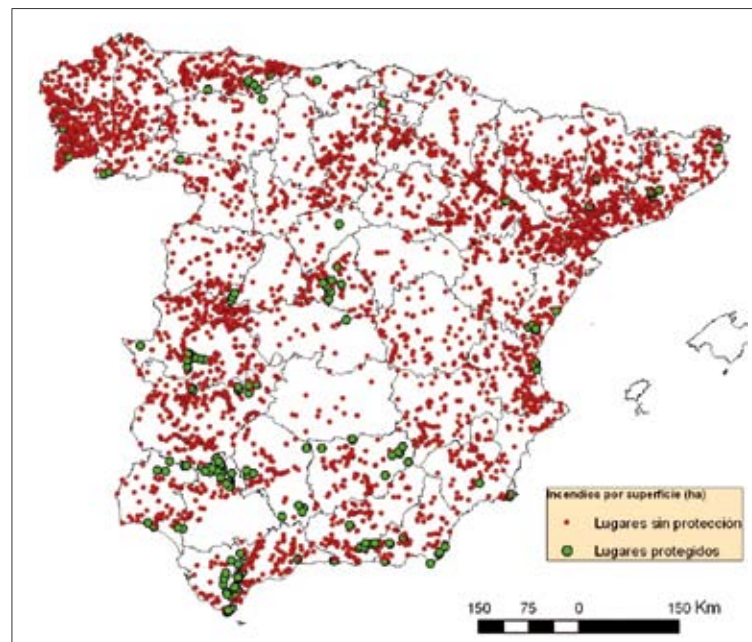
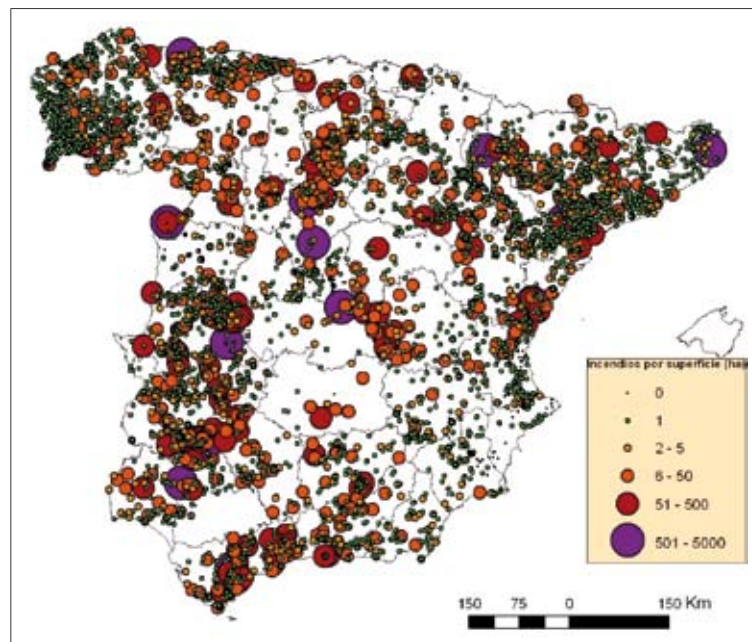




MEDIDAS PREVENTIVAS

Entre las medidas preventivas destacan la realización de selvicultura preventiva en márgenes de la vía, la construcción de cortafuegos e infraestructura hídrica, contorno de subestaciones eléctricas y calles de las líneas de alta tensión, tales como podas, desbroces (en la imagen) y tratamientos herbicidas.

→ Fases de trabajo



Las podas, desbroces o el desherbado químico con tren herbicida son ejemplos de actuaciones preventivas en el entorno de las líneas ferroviarias. También se aplican medidas para reducir las fuentes de ignición, como son la revisión de elementos de catenaria y líneas eléctricas de alta tensión.

Durante el período que lleva realizándose el Proyecto Vulcano se ha logrado recopilar una base de datos de ocurrencia del período 1999-2008, con las variables de la parte eléctrica y la ferroviaria. La caracterización de las instalaciones de líneas eléctricas y ferroviarias en cuanto a aspectos técnicos y del medio –estableciendo las distancias de los incidentes a las estructuras– y la obtención de los índices de riesgo por tramos, son los otros dos objetivos logrados. Desde los comienzos del proyecto, el trabajo se ha desarrollado en tres fases.

En la primera fase se ha realizado un estudio de las instalaciones y su entorno, hasta conseguir un mapa de la Península fiable con los datos de los incendios ocurridos en las líneas eléctricas y ferroviarias, que sirve como base para estudiar los conflictos

y riesgos, consecuencia de su convivencia. Se analizó también la situación actual, los riesgos asociados y el histórico de incidentes, además de llevar a cabo un exhaustivo análisis y caracterización de las líneas eléctricas y ferroviarias, y el entorno que las rodea. Para conocer la fiabilidad de los datos de incendio registrados, asociados a las líneas eléctricas y ferroviarias, ha sido necesario realizar un estudio detallado de la orografía y otras características de cada zona, para cerciorarse de que realmente el incendio fue debido a dichas instalaciones, así como del grado de riesgo existente en cada punto. Esta fiabilidad se ha conseguido recurriendo a distintos colaboradores que otorgan distintas visiones de cada incendio contemplado en la base de datos. Este análisis ha permitido definir el ambiente o el entorno donde se produjo cada evento y, a su vez, determinar

el uso del suelo, que en muchos casos no coincide con la cartografía de menor escala. Así, ha sido posible analizar la coherencia entre la causa registrada y la realidad deducida en las ortofotos en campo. Por otra parte, para analizar la probabilidad de incendio se ha llevado a cabo un análisis comparativo entre los puntos de ocurrencia registrados y una selección aleatoria de puntos en los que no se han producido incendios (no ocurrencia) situados en las inmediaciones de líneas eléctricas y ferroviarias. Con dicho análisis se han determinado las variables con mayor incidencia en la causa del incendio. Para realizar un estudio global de todos los incendios no es suficiente con estudiar su localización y causa, sino que conviene realizar un amplio estudio del medio que rodea cada punto de ignición y poder así obtener índices de peligrosidad según los

ÍNDICES VULCANO

Para obtener un índice de riesgo Vulcano es necesario recabar información sobre la vulnerabilidad. Es decir, habrá que identificar sectores donde el incendio puede producir más daño. Para ello se han tenido en cuenta diferentes factores, como áreas protegidas, densidad de población, valor de los recursos naturales o valor agrícola (mapas de arriba).

distintos factores que se considera oportuno estudiar (entre ellos, el clima, la cercanía o lejanía a carreteras y líneas de alta tensión, el modelo de combustible de la zona o la altitud).

Dentro de esta primera fase se llevó a cabo una encuesta para conocer mejor la percepción social de las compañías de servicios, entre las que se encuentran

los socios del Proyecto Vulcano. Se tuvo especial interés en conocer la de dos grupos específicos: por un lado, la población general receptora de los servicios que prestan las empresas de los sectores eléctrico y ferroviario, y, por otro, los técnicos responsables de la prevención y extinción de incendios de la Administración de cada Comunidad Autónoma. De la encuesta se desprende una opinión positiva de los servicios que ofrecen las eléctricas –destacando Iberdrola en poblaciones de más de 500.000 habitantes y Red Eléctrica de España en el medio rural y la zona norte-noroeste–. En cuanto a las compañías ferroviarias, el 73% de los encuestados valora sus actividades como buenas o muy buenas. Destaca que más del 60% de la población no vincula la infraestructura eléctrica con los incendios, y, más del 80%, tampoco la ferroviaria. Asimismo, se ha desarrollado

un modelo de evaluación y prevención del riesgo de incendio en el ámbito del proyecto. En la segunda fase, que comenzó en julio de 2010, se empiezan a definir las actuaciones preventivas, tanto a nivel medioambiental como a nivel técnico en las líneas eléctricas y ferroviarias, y los criterios de priorización de estas actuaciones. Por último, se ha comenzado con la tercera fase de desarrollo del sistema de evaluación de riesgos en la que se concretarán los algoritmos de priorización de actuaciones. Es en esta etapa cuando se ha creado una web del proyecto y se ha empezado a diseñar un sistema integrado de información con soporte SIG partiendo de los resultados parciales obtenidos en las fases anteriores. En la actualidad, los desarrollos se encuentran en fase preliminar y es necesario que vayan evolucionando a medida que finalicen la primera y segunda fase del proyecto.



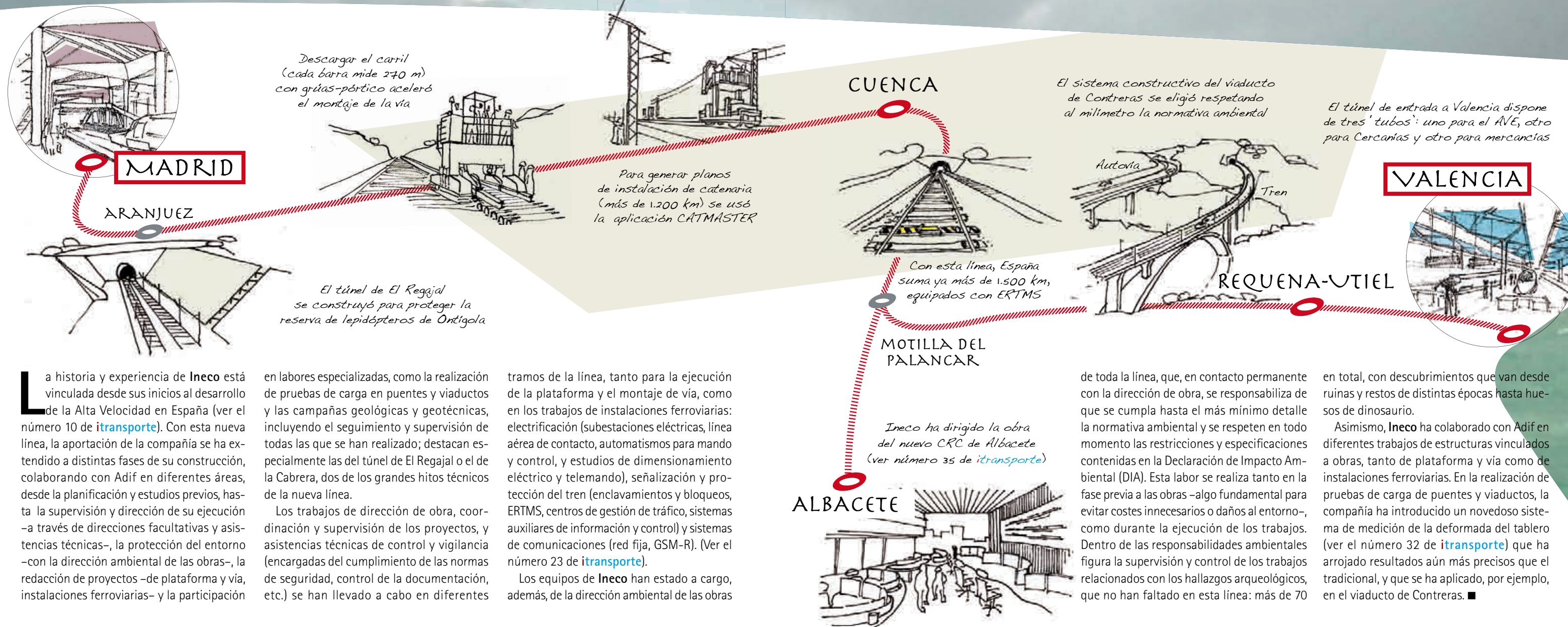
LO ÚLTIMO EN CONFORT

El AVE S-112 de Talgo-Bombardier es una evolución del modelo 102, aunque más ligero (está fabricado en aluminio), con 49 plazas más (365 en total) y sólo dos clases: turista (8 coches) y club (4 coches). También se ha mejorado el confort. Está dotado de tecnología ERTMS y puede alcanzar los 330 km/h.

Trabajos de Ineco en la nueva línea de Alta Velocidad

Llega el AVE a Levante

El 19 de diciembre sale desde Madrid el primer 'AVE' con pasajeros destino a Valencia.



La historia y experiencia de **Ineco** está vinculada desde sus inicios al desarrollo de la Alta Velocidad en España (ver el número 10 de *itransporte*). Con esta nueva línea, la aportación de la compañía se ha extendido a distintas fases de su construcción, colaborando con Adif en diferentes áreas, desde la planificación y estudios previos, hasta la supervisión y dirección de su ejecución –a través de direcciones facultativas y asistencias técnicas–, la protección del entorno –con la dirección ambiental de las obras–, la redacción de proyectos –de plataforma y vía, instalaciones ferroviarias– y la participación

en labores especializadas, como la realización de pruebas de carga en puentes y viaductos y las campañas geológicas y geotécnicas, incluyendo el seguimiento y supervisión de todas las que se han realizado; destacan especialmente las del túnel de El Regajal o el de la Cabrera, dos de los grandes hitos técnicos de la nueva línea.

Los trabajos de dirección de obra, coordinación y supervisión de los proyectos, y asistencias técnicas de control y vigilancia (encargadas del cumplimiento de las normas de seguridad, control de la documentación, etc.) se han llevado a cabo en diferentes

tramos de la línea, tanto para la ejecución de la plataforma y el montaje de vía, como en los trabajos de instalaciones ferroviarias: electrificación (subestaciones eléctricas, línea aérea de contacto, automatismos para mando y control, y estudios de dimensionamiento eléctrico y telemando), señalización y protección del tren (enclavamientos y bloqueos, ERTMS, centros de gestión de tráfico, sistemas auxiliares de información y control) y sistemas de comunicaciones (red fija, GSM-R). (Ver el número 23 de *itransporte*).

Los equipos de **Ineco** han estado a cargo, además, de la dirección ambiental de las obras

de toda la línea, que, en contacto permanente con la dirección de obra, se responsabiliza de que se cumpla hasta el más mínimo detalle la normativa ambiental y se respeten en todo momento las restricciones y especificaciones contenidas en la Declaración de Impacto Ambiental (DIA). Esta labor se realiza tanto en la fase previa a las obras –algo fundamental para evitar costes innecesarios o daños al entorno–, como durante la ejecución de los trabajos. Dentro de las responsabilidades ambientales figura la supervisión y control de los trabajos relacionados con los hallazgos arqueológicos, que no han faltado en esta línea: más de 70

en total, con descubrimientos que van desde ruinas y restos de distintas épocas hasta huesos de dinosaurio.

Asimismo, **Ineco** ha colaborado con Adif en diferentes trabajos de estructuras vinculados a obras, tanto de plataforma y vía como de instalaciones ferroviarias. En la realización de pruebas de carga de puentes y viaductos, la compañía ha introducido un novedoso sistema de medición de la deformada del tablero (ver el número 32 de *itransporte*) que ha arrojado resultados aún más precisos que el tradicional, y que se ha aplicado, por ejemplo, en el viaducto de Contreras. ■

Santiago Cobo

Director de la Línea de Alta Velocidad

Madrid–Castilla–La Mancha–Comunidad Valenciana–Región de Murcia

"Tenemos que estar satisfechos con los resultados obtenidos..."

Santiago Cobo es el hombre del esperado AVE Madrid–Levante. Ha dedicado los últimos cuatro años de su vida a un proyecto con obras singulares de gran complejidad y ahora observa cómo el esfuerzo y el trabajo de sus equipos ha cristalizado en una línea que va a cambiar de forma determinante el mapa ferroviario español.

La línea de Alta Velocidad entre Madrid, Castilla-La Mancha, Comunidad Valenciana y Región de Murcia está perfectamente integrada en los diversos parajes naturales que atraviesa y por ella podrán circular en pocas semanas trenes a 350 km/h gracias a la más avanzada tecnología. El director de este singular proyecto, Santiago Cobo, analiza en estas páginas los puntos más sobresalientes del nuevo trazado y desvela algunos detalles interesantes, mientras manifiesta su satisfacción por haber participado en una de las obras de mayor impacto económico, técnico y, sobre todo, social en España.

¿Cuáles han sido los mayores retos técnicos que han tenido que afrontar en la construcción de la nueva línea?

El túnel de El Regajal (en el tramo entre la localidad madrileña de Aranjuez y la toledana de Ontígola) ha sido probablemente, por su singularidad, el mayor reto constructivo de toda la línea. Tanto su diseño como los métodos de ejecución empleados son de una gran complejidad técnica, lo que lo convierte en una infraestructura única en el país. De hecho, no

está documentada la existencia de otro túnel que, como éste, tenga en determinados puntos contrabóveda pilotada hasta encontrar suelo consistente, con contrabóvedas de 1,6 m de espesor y revestimiento de 1 m. A todo esto hay que añadir que no se ha utilizado armadura metálica, sino fibra de vidrio, para evitar la agresión de los suelos salinos de la zona. No puedo dejar de mencionar el túnel de La Cabrería, el más largo de la línea, en cuya excavación se ha batido siete veces el récord mundial de avance diario y colocación de dovelas mediante tuneladora.

El viaducto sobre el embalse de Contreras (ganador del prestigioso galardón Puente de Alcántara 2010) ha sido otro gran reto, con un

"Si algo tengo que destacar es el elevado grado de implicación de Ineco en los proyectos de Adif..."

proceso constructivo muy complejo que, pese a las dificultades, ha quedado como referencia de la ingeniería por su longitud de arco, el más largo en un puente de hormigón de toda la red ferroviaria española, así como por su integración en el entorno. Por último, podemos hablar

del túnel triple de acceso a Valencia, que es el inicio del soterramiento en la ciudad. A través de sus tres tubos se canalizan las circulaciones de Alta Velocidad, las de Cercanías y las de mercancías.

La línea discurre por diversos parajes sensibles desde el punto de vista medioambiental, como son las Hoces del Cabriel o el entorno natural de El Regajal–Mar de Ontígola. ¿Cómo han enfrentado las actuaciones en estas zonas?

Probablemente Adif sea la empresa que más sensibilidad muestra en la obra pública para garantizar la menor agresión posible al medio ambiente y al patrimonio cultural. Como no

podía ser de otra forma, cumplimos escrupulosamente las estipulaciones de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) y, además, cualquier actuación de Adif está avalada por el órgano de control correspondiente de la Comunidad Autónoma en la que aquella se desarrolla.



PRÓXIMA INAUGURACIÓN

La nueva línea, que se inaugurará el próximo 19 de diciembre, acercará dos áreas económicas de España que representan 13,5 millones de personas y acumulan el 31% del PIB nacional. Merece destacar del proyecto la construcción de 160 viaductos, 50 túneles y soterramientos, 8 nuevas estaciones

y la remodelación de la estación de Atocha en Madrid. La ingeniería española, con Adif a la cabeza, ha hecho posible una vez más esta obra singular, diseñada para que se puedan alcanzar velocidades de 350 km/h con máximas garantías.



FOTOS DE GABRIEL LAGO



“ (...) El intenso trabajo desplegado por unos equipos altamente cualificados ha dado los frutos esperados...”



El caso del túnel de El Regajal es uno de los más sobresalientes, ya que los procedimientos constructivos empleados se eligieron para salvaguardar el entorno de la Reserva Natural de El Regajal-Mar de Ontígola, de gran valor medioambiental por ser el hábitat de varias especies de lepidópteros muy amenazadas y de flora autóctona asociada a su supervivencia. De ahí que se haya construido un túnel en mina, la solución más respetuosa con este valioso entorno, respetando las paradas biológicas establecidas por la DIA.

En las Hoces del Cabriel, por su parte, hemos acometido una de las infraestructuras singulares más destacadas de la línea: el viaducto de Contreras. El diseño y construcción de su elemento más característico, el arco central, responden precisamente a las exigencias de la DIA. Los condicionantes naturales, como los corredores medioambientales existentes, han sido un factor clave a la hora de diseñar los proyectos constructivos. Incluso los ritmos de ejecución de las obras se han adaptado a los periodos de nidificación de las aves y las técnicas de construcción se han pensado para minimizar los impactos.

También había numeroso yacimientos arqueológicos a lo largo de la línea...

“Actualmente somos líderes en la implantación del ERTMS, liderazgo que se ha visto reforzado desde la entrada en servicio de la línea Madrid-Levante (...)”

Adif ha dedicado, en términos generales, un enorme esfuerzo a la protección del patrimonio cultural. Un ejemplo muy representativo lo tenemos en el yacimiento paleontológico de Lo Hueco (Cuenca), uno de los más importantes de Europa, en el que se ha desarrollado un trabajo muy intenso de documentación y recogida de fósiles de dinosaurio. Otro ejemplo destacado es

el del yacimiento romano de Els Alters (Valencia), cuya protección ha exigido la construcción de un viaducto. En total, hemos contribuido a la excavación y recuperación de materiales en unos 70 yacimientos arqueológicos que, gracias a las obras, han vuelto a ver la luz.

A pesar de su complejidad, se diría que esta obra se ha ejecutado sin grandes incidencias. ¿A qué puede deberse?

Cada obra es absolutamente distinta de las demás, porque los factores que la condicionan nunca son los mismos; de ahí que no sea posible realizar comparaciones entre unas y otras líneas de Alta Velocidad. En el caso de la línea a Levante, las dificultades no han estado ausentes, pero el intenso trabajo desplegado por unos equipos altamente cualificados ha dado los frutos esperados y, a pesar de las dificultades lógicas en cualquier obra de esta envergadura, tenemos que estar satisfechos con los resultados obtenidos.

Ha señalado en alguna ocasión que para poder alcanzar los 350 km/h la línea se ha diseñado con prestaciones ‘de última generación en Alta Velocidad’. ¿Qué avances tecnológicos incorpora?

Todas y cada una de las líneas que construye Adif incorporan las últimas técnicas existentes y las tecnologías más evolucionadas en el momento en que se ejecutan, además de nuevos estándares de *software*. En el caso de la línea Madrid-Levante, todos los elementos que la conforman están diseñados para que puedan alcanzarse velocidades máximas de 350 km/h,

desde la plataforma hasta los sistemas de señalización y telecomunicaciones fijas, pasando por la vía, la catenaria, etc. Quizá, uno de los aspectos más destacados desde el punto de vista tecnológico sea el ERTMS, que no sólo garantiza la plena interoperabilidad de la infraestructura, sino que nos permite alcanzar elevadas velocidades con las máximas garantías de seguridad.

Aparte de en el ERTMS, Ineco ha participado tanto en los proyectos previos como en las instalaciones, los trabajos de montaje, dirección de obras y pruebas de carga, entre otras muchas actuaciones. ¿Qué destacaría de esta aportación?

Ineco nos ha brindado excelentes profesionales que, con su amplia y contrastada experiencia en diversos aspectos de la construcción de una línea de Alta Velocidad, nos han permitido alcanzar con solvencia nuestros objetivos. Sería difícil inclinarse por uno solo de estos ámbitos, pero si algo tengo que destacar es el elevado grado de implicación de Ineco en los proyectos de Adif, su dedicación y capacidad de adaptación a las evoluciones de la tecnología en todos los campos.

La experiencia y capacidad española se está exportando ya a otros países. Desde el punto de vista técnico, ¿cuál es nuestro valor añadido?

Adif atesora una dilatada y valiosa experiencia en el desarrollo de grandes proyectos de Alta Velocidad, tanto en el despliegue de las soluciones constructivas más solventes como en la aplicación de las tecnologías más innovadoras. Los excelentes resultados de nuestro trabajo nos han convertido en uno de los referentes más sólidos en la materia dentro y fuera de nuestras fronteras. Por ejemplo, actualmente somos



Una larga trayectoria profesional

La de la Santiago Cobo es una trayectoria ligada al mundo de las infraestructuras ferroviarias. Corría el año 1977 cuando este ingeniero de Telecomunicaciones entraba en Renfe para trabajar en el área de Mantenimiento de Infraestructuras. Dentro de esta misma unidad desempeñaría los cargos de jefe de Gabinete de Telecomunicaciones y director de Telecomunicaciones Ferroviarias, hasta que en 2004 fue nombrado, en Adif, director gerente de la unidad de Proyectos, Coordinación y Construcción de Líneas Convencionales. Dos años después se le ofrecía otro cargo que ha determinado su trabajo de los últimos cuatro años: director de la Línea de Alta Velocidad (LAV) Madrid-Castilla-La Mancha-Comunidad Valenciana-Región de Murcia. Todo un reto que parece haber dado los frutos esperados en todos los aspectos de la obra recién terminada.

líderes en la implantación del ERTMS, liderazgo que se ha visto reforzado desde la entrada en servicio de la línea Madrid-Levante, ya que ahora disponemos de más de 1.500 km equipados. Además –y este es uno de nuestros puntos más fuertes–, hemos desarrollado tecnologías propias que no sólo aplicamos en las líneas que construimos, sino en muchos otros países a los que exportamos esa capacidad de innovación aplicada al ferrocarril. Toda esta experiencia nos hace probablemente únicos para construir una línea de Alta Velocidad ferroviaria integrando las diferentes técnicas y programando y coordinando el proceso constructivo; y todo ello con unos precios y plazos difícilmente igualables.

Y para terminar, en relación con la nueva línea de Alta Velocidad Madrid-Levante, ¿de qué se siente más orgulloso?

De lo logrado hasta la fecha. Hay elementos singulares muy destacados cuya construcción ha supuesto un auténtico reto, y es precisamente esa complejidad, con los excelentes resultados obtenidos, lo que les confiere un mayor valor. No obstante, no puede haber mayor motivo de satisfacción que la puesta en marcha de toda la infraestructura en su conjunto, conforme a lo planificado en cuanto a calidad, plazos y prestaciones. Pero esta satisfacción en el plano técnico sólo es posible a partir de las sinergias generadas por un gran colectivo humano que ha mostrado su enorme capacidad de trabajar en equipo.

Quizá, al igual que todos los que han intervenido en la construcción de la línea de Alta Velocidad Madrid-Levante (Adif, contratas, asistencias técnicas...), el sentimiento que resume todo ello es el de una gran satisfacción por haber participado en una de las obras de la importancia económica, técnica y sobre todo social, como la que supone una línea de Alta Velocidad ferroviaria. ■

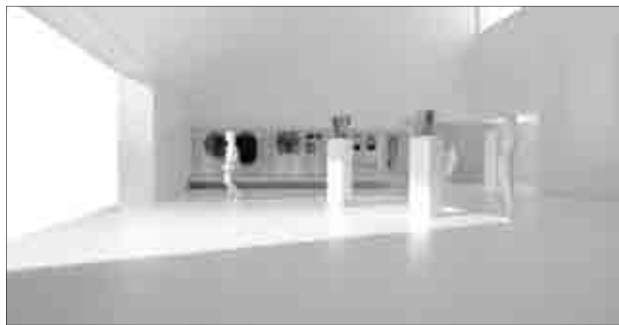
El arte visigodo reconquista Toledo

El Museo de la Vega Baja de Toledo, previsto para 2014-2015, será un centro arqueológico, dedicado a los siglos I al X, ubicado en el espacio de la 'Urbs Regia', capital de los visigodos en España.

La Vega Baja es una superficie prácticamente llana, que se extiende a lo largo de más de 50 hectáreas, delimitada a la izquierda por la presencia del río Tajo y situada al norte del casco histórico de Toledo. Este espacio cuenta con una excelente perspectiva desde y hacia la roca elevada donde se ubica la actual ciudad del Tajo.

Situar el futuro centro arqueológico en el territorio de la Vega Baja de Toledo no ha sido una decisión al azar.

Diversos estudios han puesto de manifiesto la existencia de restos arqueológicos de la época romana, visigoda y medieval en esta zona. Por ello, un Decreto de abril de 1992 declara la Vega Baja como Bien de Interés Cultural con la categoría de Zona Arqueológica. Esta protección legal establece, por un lado, los valores del bien y, por otro, el necesario control por parte de la administración competente en materia cultural sobre ese bien. De ahí que nazca un proyecto que incorpore el yacimiento al proceso urbano de Toledo. Toletum Visigodo es la empresa pública creada para gestionar el proyecto de la Vega Baja. Su objetivo es conservar el importante patrimonio histórico arqueológico, urbanístico y paisajístico de este singular espacio de la ciudad.



EL CUADRADO Y LA CRUZ

El proyecto del estudio de arquitectura de Tuñón y Mansilla, elegido recientemente para levantar el futuro centro, propone un conjunto de pequeñas células cuadrangulares que hacen referencia a un poblado visigodo y que se mimetizan con el paisaje toledano.

El futuro Museo de la Vega Baja tendrá tres funciones: reunir en la zona habilitada como Museo Arqueológico todos los fondos desde el siglo I hasta el X que existen en Toledo, junto a los restos que ahora se encuentran en los museos de los Concilios y en el de Santa Cruz-Santa Fe

(todos en Toledo); otra zona acogerá el Centro de Investigación, donde se explicará al público la historia de la ocupación por el hombre de la Vega Baja; finalmente, se pretende mantener una importante vinculación con la universidad a través del Centro de Investigación. ■



MUSEO DE LAS FALSIFICACIONES (PARÍS)

UNA PROPUESTA ALTERNATIVA

Colección variada de objetos que abarca desde perfumes, juguetes, ropa, piezas de automóviles, joyas y productos farmacéuticos, hasta estatuas falsas de Rodin y Dalí. Uno de los aciertos del museo, situado en la calle Faisanderie de París, es que los objetos falsificados se exponen junto a los originales para que el visitante pueda compararlos. La idea es que jóvenes y adultos disfruten del paseo mientras les enseñan a descubrir falsificaciones, bajo criterios como el lugar, el envase y el precio.



MUSEO DE LA EVOLUCIÓN HUMANA (BURGOS)

Poniendo en valor el yacimiento de Atapuerca

El Museo de la Evolución Humana (MEH), inaugurado el pasado julio, pretende convertirse en un referente dentro del mundo de la paleontología. El edificio, de 12.000 m², obra de Juan Navarro Baldeweg, nos propone un recorrido en el que vamos a interpretar los hallazgos más relevantes de los yacimientos de todo el mundo. El MEH no es una simple colección de fósiles. A través de dispositivos audiovisuales y sensoriales nos explica la formación de los yacimientos y el desarrollo del trabajo de los expertos. En la planta baja, el visitante se adentra en el origen de las

especies, según las teorías de Darwin. La recreación del *Beagle* nos sirve de excusa para conocer la obra de este científico y de otros, como Morgan o Mendel. En el Salón de la Evolución se recrean las 10 especies de simios que nos acercaron a lo que hoy somos: desde los *Australopithecus* al *Homo sapiens*. La planta primera se centra en la evolución tecnológica y cultural de la especie. En el sótano se pueden apreciar los fósiles más interesantes de Atapuerca, como

los del *Homo antecessor*, el homínido más antiguo de Europa, con 1,3 millones de años. En la entrada del museo, como complemento, unos autobuses nos acercan al yacimiento de Atapuerca.





SAN GOTARDO SUPERA A SEIKÁN JAPÓN CEDE EL TESTIGO

El túnel ferroviario de Seikán (en la foto), que con sus 53,8 km de largo une las islas japonesas de Honshu y Hokkaido, era hasta la fecha el más largo del mundo. Su construcción comenzó en 1971 desde ambos extremos del Estrecho de Tsugaru, finalizando su perforación en 1983. Hasta 1988 no entraría en servicio. Su punto más bajo se sitúa a 240 m bajo el nivel del mar, lo que lo convierte en el más profundo.

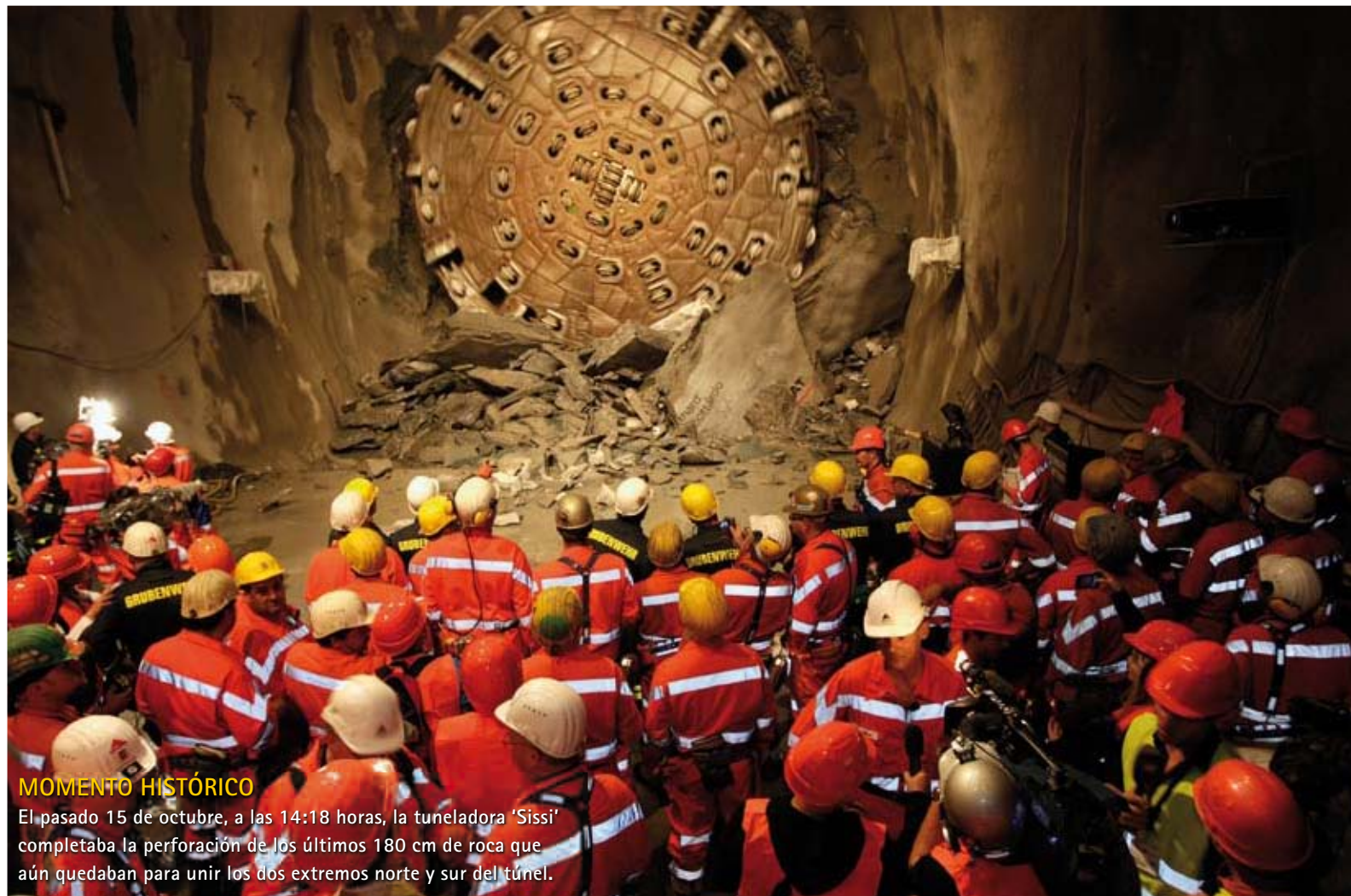
Suiza hace historia con el cale del nuevo San Gotardo

Después de 11 años de obras interminables y de superar enormes dificultades técnicas, el túnel ferroviario que atraviesa el corazón de los Alpes se convierte en el más largo del mundo.

Suiza votó en 1994, mediante referéndum, eliminar de sus carreteras el transporte de mercancías, obligando a los camiones extranjeros que cruzaran los Alpes a ser transportados en tren en nombre de la sostenibilidad y la protección del medio ambiente. Aquel gesto de hace 16 años se traducía el pasado octubre en un momento histórico. Después de más de una década de obras, excavar 24 millones de toneladas de roca e invertir 13.000 millones de euros, la contratista AlpTransit finalizaba las perforaciones del nuevo túnel de San Gotardo, que con sus 57 km se convierte en el más largo del mundo.

El túnel, situado a 2.000 m bajo tierra, permitirá a partir de 2017 enlazar Zúrich y Milán en 2 horas y 40 minutos (una hora menos que en la actualidad) con trenes de pasajeros que circularán a 250 km/h (los de carga lo harán a 160 km/h, el doble de la velocidad actual). Suiza calcula que por el San Gotardo pasarán unos 300 trenes diarios, que evitarán la presencia habitual de camiones de gran tonelaje por las cuidadas carreteras del país. Se emitirán así 130.000 toneladas menos de CO₂ al año, con un ahorro global del 50% de la energía necesaria para el transporte de personas y vehículos.

Moritz Leuenberger, ministro suizo de Transportes, fue el anfitrión de este acontecimiento, retransmitido en directo por medios de todo el mundo. ■



MOMENTO HISTÓRICO

El pasado 15 de octubre, a las 14:18 horas, la tuneladora 'Sissi' completaba la perforación de los últimos 180 cm de roca que aún quedaban para unir los dos extremos norte y sur del túnel.

EL GRAN RETO DE ATRAVESAR LOS ALPES BAJO TIERRA

"Hemos vencido a la montaña"

Para lograr que un tren pase por el túnel en apenas 15 minutos, los geólogos han tenido antes que resolver problemas singulares debido a la variedad geológica de los Alpes. La baja calidad de la roca en algunos tramos, por ejemplo, detuvo el proyecto en varias ocasiones. Se han tenido que buscar soluciones innovadoras ante la presencia de fallas con roca muy

fracturada, la abundancia de agua o las bolsas de gases explosivos o tóxicos. 'La montaña es grande', declaró Moritz Leuenberger. 'Nosotros somos pequeños. Pero juntos hemos hecho algo muy grande. Hemos vencido a la montaña'. Además de los retos geológicos, el proyecto también ha tenido que superar las duras críticas vertidas desde la oposición por su elevado coste.



- 1 En algunas zonas fue necesario reforzar la excavación con arcos de acero deformables y un denso sistema de anclaje.
- 2 El túnel atraviesa 8 tipos de rocas diferentes (gneiss, piedra caliza, mármol...). El diámetro útil de las galerías es de 8,40 m y una capa de hormigón de 40 cm de espesor refuerza las paredes (secuencia de imágenes).
- 3 La realización del túnel ha necesitado más de 10 años de estudios y 11 de construcción.



Agenda LIBROS

NARRATIVA / EL SUEÑO DEL CELTA

Hijos de su tiempo

Nunca reescribe, reacomoda o retuerce la historia; sólo la revela al lector situándolo en el ojo mismo del episodio. Bajo la pluma de Mario Vargas Llosa, recién coronado con el Nobel, el acontecimiento respira, palpita, desprende olor, tiene color, y rezuma vida. Sus incursiones literarias en episodios históricos han dejado obras maestras hijas de una celosa investigación y el genio de un escritor que domina como pocos el lenguaje, la construcción del personaje, la estructura e, incluso, la velocidad de la narración.

Con proverbial meticulosidad recorre escenarios, se empapa de la atmósfera y traza la genealogía de sus personajes. Así han nacido algunos de los títu-



los más relevantes de las letras contemporáneas: *La guerra del fin del mundo* –sobre la Guerra de Canudos en Brasil– o *La fiesta del chivo* –que narra el final de la dictadura de Trujillo en la República Dominicana–.

Ahora llega *El sueño del celta*, que recrea la vida del diplomático irlandés Roger Casement, un personaje poliédrico que a principios del siglo XX denunció las atrocidades del colonialismo y participó en el alzamiento de los irlandeses contra Inglaterra, en 1916. La obra promete un nuevo banquete literario en el que degustar a Vargas Llosa: la profunda penetración psicológica en un protagonista complejo; la posibilidad de experimentar la vida en otra época y la certeza de que cada párrafo alcanza la perfección. ■

EL SUEÑO DEL CELTA
MARIO VARGAS LLOSA
Alfaguara
464 páginas 22,00 €



PEDAGOGÍA

La educación del talento
JOSÉ ANTONIO MARINA

Sensatez, seguridad y tranquilidad. Todos tenemos fortalezas y debilidades. Este libro enseña a detectar capacidades, a desarrollarlas y a convertirlas en una bendición para el individuo que las posee y para quienes le rodean. El talento es un hábito y, como todos los hábitos, difícil de adquirir. El pensador José Antonio Marina y su visión sobre el talento inauguran la Biblioteca UP de la editorial Ariel, un proyecto pedagógico que aborda con sentido común diversos aspectos educativos. Ariel



El escarabajo de Wittgenstein
MARTIN COHEN

La ciencia se asienta en pruebas destinadas a tantear nuestras intuiciones. A los entusiastas del saber les encantará descubrir las 26 más importantes. Alianza



Después del fin del arte
ARTHUR C. DANTO
Da por muerto el arte, pero insiste en encontrar nuevas formas de crítica. Esta obra recoge las amenas y sagaces *Mellone Lectures in the Fine Arts* del filósofo estadounidense. Paidós



Tan cerca del aire
GUSTAVO MARTÍN GARZO
En esta historia, que mereció el IX Premio de Novela Ciudad de Torrevieja, el autor vallisoletano propone un viaje al pasado y a su propia identidad, a un tranquilo cartero rural. Plaza & Janés



Lo que sé de los hombrecillos
JUAN JOSÉ MILLÁS
Un profesor vive acosado por un diminuto doble que acomete sus peores perversiones. Millás aborda los peligros de lo aparentemente normal... Seix Barral

El Transcantábrico, único e inolvidable
crucero en tren



Disfruta de un verdadero crucero por el norte de España en el único tren que combina el encanto de la nostalgia con las más modernas comodidades, El Transcantábrico. El tren turístico más prestigioso de España ofrece dos rutas a elegir: desde Santiago de Compostela hasta León o hasta San Sebastián, y en el sentido inverso. Una experiencia que nunca olvidarás.

Más información en www.trenesturisticosdelujo.com y en el 902 555 902



ACORTAMOS DISTANCIAS. ACERCAMOS PERSONAS.

www.fomento.es

Caballo Ganador

*Por reducir la distancia entre Madrid y Valencia
en AVE a sólo una hora y treinta y cinco minutos.*

renfe
AVE

www.renfe.com 902 320 320



ACORTAMOS DISTANCIAS. ACERCAMOS PERSONAS.
www.fomento.es