



La revista de los
Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos

3570 NOVIEMBRE 2015

REVISTA DE
OBRAS PÚBLICAS

ROP



Premio Internacional de Obra Pública Agustín de Betancourt

NÚMERO MONOGRÁFICO

Nouvelle autoroute A-30, Quebec (Canadá)
Acciona Infraestructuras y Dragados

Ampliación del aeropuerto internacional de
Sao Paulo-Guarulhos (Brasil)
Typsa

Línea 1 Metro de Panamá
FCC

Conexión ferroviaria AirportLink, Florida (EE. UU.)
OHL Construcción

Los túneles carreteros de Legacy Way
en Brisbane (Australia)
Acciona Infraestructuras

Autopista Noi Bai-Lao Cai (Vietnam)
Getinsa-Payma

Puente Vidin-Calafat sobre el Danubio (Bulgaria)
FCC Construcción

Autopista Urbana de 6 carriles de sección
(México)
OHL Concesiones

Desalinizadora de Adelaida (Australia)
Acciona Agua

Adecuación del aliviadero de la presa de Alarcón,
Cuenca (España)
Construcciones Alpi

PREMIO RAFAEL IZQUIERDO A LA SOLIDARIDAD

El valor de la solidaridad en el ejercicio de la profesión de ingeniero de Caminos

DESAYUNOS POLÍTICOS

Propuestas a los partidos políticos de la Fundación Caminos sobre la política de obras públicas con motivo de las elecciones generales





Como punto muy destacado de las actividades que desarrolla la Fundación Caminos, nuestro Colegio otorgó el pasado mes de mayo la Primera Edición del Premio Internacional de Obra Pública Agustín de Betancourt, que rinde homenaje al ingeniero e inventor canario al tiempo que pone de relieve la importancia de las obras públicas para el desarrollo y modernización de las naciones y las sociedades, resaltando el liderazgo de nuestro país en este terreno. El Comité de Honor de este Premio está presidido por Su Majestad el Rey Felipe VI y en él están presentes los secretarios de Estado de Infraestructuras, Cooperación Internacional, Comercio y Medio Ambiente.

Reunido el 20 de abril de 2015, el Jurado del Premio Internacional de Obra Pública Agustín de Betancourt, compuesto por Juan A. Santamera, Manuel Niño, Cristina del Moral, Juan Guillamón, Pedro Escudero e Ignacio Eyries, actuando como secretario José Javier Díez Roncero, secretario de la Fundación, acordó por unanimidad conceder el galardón a la obra Nouvelle Autoroute A-30 Quebec (Canadá), promovida por el Ministerio de Transporte de Quebec que ha diseñado, construido y llevado la operación de explotación el consorcio Acciona Infraestructuras-Dragados. Asimismo, el Jurado concedió una mención de honor, destacando la importancia de los proyectos de ingeniería, a la “Ampliación del Aeropuerto Internacional de Sao Paulo-Guarulhos (Brasil)”, proyecto presentado por la empresa Typsa.

La magnífica calidad de todas las obras presentadas ha hecho recomendable a la Fundación Caminos promover este

número monográfico de la Revista de Obras Públicas en el que se efectúa una descripción de las mismas.

El Colegio de Ingenieros de Caminos ha creído oportuno incluir como adenda a este número monográfico una referencia a las propuestas que ha efectuado a los principales partidos políticos en vísperas de las elecciones generales que se celebrarán el próximo 20 de diciembre. La Fundación ha organizado cuatro desayunos de carácter económico, abiertos a todos los colegiados, con representantes de las grandes formaciones –Álvaro Nadal (PP), Jordi Sevilla (PSOE), Luis Garicano (Ciudadanos) y Nacho Álvarez (Podemos)– para conocer sus propuestas, y un quinto desayuno con representantes técnicos de los mismos partidos para hacerles entrega de las propuestas elaboradas por los comités técnicos del Colegio.

Entendemos que el colectivo profesional de los ingenieros de Caminos, Canales y Puertos tiene el derecho y la obligación de dar a conocer sus puntos de vista técnicos, que deberían modular las decisiones políticas de inversión pública en infraestructuras que se adopten y que, aunque corresponden a las instituciones, han de ajustarse a criterios de racionalidad. El Colegio de Ingenieros de Caminos y la Fundación Caminos desempeñan gustosamente esta tarea, como una contribución de buena voluntad a la gobernanza y al rigor.

De todo ello queda constancia en este número.

SUMARIO

La revista decana de la
prensa española no diaria

Director
Antonio Papell

Redactoras Jefe
Paula Muñoz
Diana Prieto

Fotografía
Juan Carlos Gárgoles

Publicidad
MM Mass Media
Hermosilla 64 6ºB
T. 91 431 08 39

Imprime
Gráficas 82

Depósito legal
M-156-1958

ISSN
0034-8619

ISSN electrónico
1695-4408

ROP en internet
<http://ropdigital.ciccp.es>

Suscripciones
[http://ropdigital.ciccp.es/
suscripcion.php](http://ropdigital.ciccp.es/suscripcion.php)
suscripcionesrop@ciccp.es
T. 91 308 19 88

Edita
Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Calle Almagro 42
28010 - Madrid

7 DESAYUNOS POLÍTICOS

29 PREMIO INTERNACIONAL DE OBRA PÚBLICA AGUSTÍN DE BETANCOURT

29 **Nouvelle autoroute A-30, Quebec (Canadá)**
Acciona Infraestructuras y Dragados

37 **Ampliación del aeropuerto internacional de Sao
Paulo-Guarulhos (Brasil)**
Tyspa

49 **Línea 1 Metro de Panamá**
FCC

55 **Conexión ferroviaria AirportLink, Florida (EE. UU.)**
OHL Construcción

61 **Los túneles carreteros de Legacy Way en Brisbane
(Australia)**
Acciona Infraestructuras



-
- 71 Autopista Noi Bai-Lao Cai (Vietnam)**
Getinsa-Payma
-
- 77 Puente Vidin-Calafat sobre el Danubio (Bulgaria)**
FCC Construcción
-
- 83 Autopista Urbana de 6 carriles de sección (México)**
OHL Concesiones
-
- 91 Desalinizadora de Adelaida (Australia)**
Acciona Agua
-
- 97 Adecuación del aliviadero de la presa de Alarcón, Cuenca (España)**
Construcciones Alpi
-

104 PREMIO RAFAEL IZQUIERDO A LA SOLIDARIDAD

Consejo de Administración

Presidente

Miguel Aguiló Alonso

Vocales

Juan A. Santamera Sánchez
José Manuel Loureda Mantiñán
José Javier Díez Roncero
Juan Guillamón Álvarez
Luis Berga Casafont
Roque Gistau Gistau
Benjamín Suárez Arroyo
José Antonio Revilla Cortezón
Francisco Martín Carrasco
Ramiro Aurín Lopera

Comité Editorial

Pepa Cassinello Plaza
Vicente Esteban Chapapriá
Jesús Gómez Hermoso
Conchita Lucas Serrano
Antonio Serrano Rodríguez

Foto de portada

Nouvelle autoroute A-30,
Quebec (Canadá)

Interior de portada

Sala de facturación
del aeropuerto internacional de
Sao Paulo-Guarulhos (Brasil)

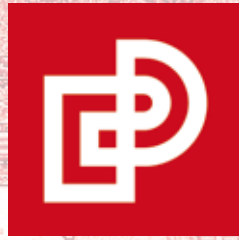




**FUNDACIÓN
CAMINOS**



**FUNDACIÓN
CAMINOS**



**FUNDACIÓN
CAMINOS**



**FUNDACIÓN
CAMINOS**



**FUNDACIÓN
CAMINOS**

La fuerza de los ingenieros de Caminos

El Think Tank que proyecta la profesión en la sociedad

FUNDACIÓN CAMINOS



**FUNDACIÓN
CAMINOS**



**FUNDACIÓN
CAMINOS**



**FUNDACIÓN
CAMINOS**



**FUNDACIÓN
CAMINOS**



**FUNDACIÓN
CAMINOS**

Propuestas a los partidos políticos de la Fundación Caminos sobre la política de obras públicas con motivo de las elecciones generales

La Fundación Caminos ha organizado durante el mes de octubre un ciclo de desayunos políticos con los representantes económicos de los cuatro grandes partidos. Ha conocido, por tanto, las propuestas programáticas del PP (Álvaro Nadal), del PSOE (Jordi Sevilla), de Ciudadanos (Luis Garicano) y de Podemos (Nacho Álvarez). Y una vez interiorizadas sus ofertas, y tras conocer y sintetizar la postura de los principales sectores de la profesión y de las comisiones de la Junta de Gobierno, ha decidido plantear a todas las organizaciones políticas sus propias propuestas, que son las siguientes:

1. Planificación y asignación de recursos

Somos partidarios de una planificación de la inversión pública a 10 años, más concreta, perfilada y consensuada que la del actual PITVI, basada en unos criterios técnicos objetivos y contrastables de asignación de recursos que eliminen la arbitrariedad.

En concreto, pensamos que las inversiones públicas de los grandes proyectos son un asunto de Estado, y no deben responder por tanto al criterio político del Gobierno de turno. Para ello sería conveniente la creación de un órgano independiente del Gobierno, compuesto por expertos, ingenieros, economistas, sociólogos y técnicos, que detectara las necesidades socioeconómicas de las inversiones, hiciera una valoración técnica de su rentabilidad y se encargara de su planificación, así como de su seguimiento. Dicho organismo dependería direc-



Desayuno político en el Colegio

tamente del Parlamento, al que daría cuenta de su actividad y conclusiones. Plantearía un consenso entre las diferentes fuerzas políticas existentes y al inicio de cada legislatura expondría la proyección de la planificación y justificaría el orden en la elección de las inversiones pendientes. Las decisiones de inversión, concretadas en los diferentes proyectos, se someterían a información pública antes de iniciar los gastos, de manera que se pudieran corregir las necesidades que surgieran de la misma, y permitirían arbitrar mecanismos de compensación de las necesidades sociales para evitar la contesación una vez iniciada la intervención.

Así se evitarían fracasos de inversiones como los del trasvase del Ebro, las desalinizadoras, las radiales de Madrid, los aeropuertos de Ciudad Real, Murcia,

Castellón, etc. y la consiguiente alarma social con el sentimiento de despilfarro y de intereses poco transparentes.

Creemos también que es conveniente dedicar una inversión mínima, del orden de 1.500 millones de euros al año, en estudios, proyectos y asistencia a las Administraciones para el control y vigilancia de obras, así como en labores profesionales de ingeniería previas a la construcción de las obras, como medio de conseguir ahorros significativos a lo largo de la vida útil de las infraestructuras, generar mayor número de puestos de trabajo y mejorar la funcionalidad y seguridad de las mismas. Esta cifra debería situarse en torno al 6 % del coste de las obras, es decir, el doble de lo que se invierte actualmente. En el necesario proceso de trasposición de la nueva Directiva Europea de



Luis Andrés Ferreiro (Ciudadanos), Andrés Ayala (PP), Juan A. Santamera, Ignacio Marinas (Podemos), Juan Luis Gordo (PSOE), Antonio Papell y José Javier Díez Roncero

2014 de Contratación Pública al marco legislativo español, se debe reconocer el carácter intelectual de los servicios de ingeniería y arquitectura y sus peculiaridades, como la propia Directiva Europea contempla y como los recoge la legislación alemana, donde el gobierno federal define alcances y honorarios obligatorios para los servicios de ingeniería y arquitectura.

La contratación de los servicios de ingeniería debe realizarse por idoneidad de la empresa, en la fase de selección, y por criterios de calidad de oferta, en la fase de adjudicación, de forma que el peso de las ofertas económicas en la ponderación global, sea, como máximo, del 20 % como se viene haciendo en diversos países de nuestro entorno, en la Comisión Europea, Banco Mundial y demás entidades multilaterales. No compartimos la tesis de que las labores de ingeniería puedan ser encomendadas directamente a las empresas semipúblicas del sector, que realizan competencia desleal a las privadas.

2. Modelo de inversión en infraestructuras

Pensamos que es necesario un modelo sostenible de inversión relativamente constante a lo largo del tiempo, con un mínimo de unos 40.000 millones de euros anuales durante la próxima década (la consultora ATKearney, a instancias de SEOPAN, ha estimado unas necesidades de inversión anual sostenida de entre 38.000 y 54.000 millones de euros en la próxima década, lo que permitiría estimular la economía, crear puestos de trabajo y abordar una serie de carencias de infraestructuras y equipamientos para los ciudadanos en agua, energía, sanidad, educación, justicia, medioambiente, transporte y telecomunicaciones). Se prevé que una inversión como la propuesta generará una actividad económica de entre 700.000 y un billón de euros, y creará entre 500.000 y 750.000 puestos de trabajo. Con un retorno de hasta el 70 % de la inversión por diversas vías.

En definitiva, estas inversiones constituyen el método menos traumático y

más rápido para reducir el desempleo en España, ya que la inversión en obra pública tiene un efecto dinamizador de la economía, hace competitivo el país respecto a nuestro entorno, y genera puestos de trabajo inmediatos para el personal menos cualificado y de más dificultad de ocupación.

3. Financiación, contratación, mantenimiento y conservación

Somos partidarios de la tasa por uso de las infraestructuras, como método idóneo de financiación y conservación de las mismas. Los sistemas de peaje, la euroviñeta, la ecotasa, etc. pueden facilitar la colaboración público-privada en el sector.

Pensamos que es conveniente extender los sistemas de financiación pública privada en la contratación de proyectos económica y socialmente rentables, entre ellos la depuración y abastecimiento de aguas, nuevos regadíos y mejora de los existentes, trasvases entre cuencas, autopistas. Para ello es necesario garantizar la seguri-

dad jurídica a los financiadores institucionales y el retorno de las inversiones no amortizadas, evitando las incertidumbres creadas en la aplicación de la normativa existente.

Es urgente la implantación de las disposiciones de directivas europeas de contratación en todos los sectores (consultorías, concesiones, servicios, obras, etc.), primando la valoración de la calidad y los planteamientos técnicos sobre la valoración económica.

El coste anual de la conservación y mantenimiento del patrimonio de infraestructuras en España está valorado en alrededor de 3.500 millones de euros (el 2 % del valor patrimonial). Actualmente, hay un déficit de inversión por este concepto, que habría que poner al día, que significa una inversión de 5.000 millones de euros solo en carreteras.

4. Transporte intermodal. Conectividad

La falta de una buena planificación ha generado un déficit en materia de transporte intermodal, y especialmente en las conexiones de los puertos y los aeropuertos a las demás redes de transporte. La realización de tales conexiones incrementaría la productividad de las instalaciones y favorecería la competitividad general del país.

La falta de conectividad intermodal para las mercancías es altamente significativa en el puerto de Algeciras, donde el ferrocarril solo tiene una línea única no electrificada y de ancho español. En general, el déficit estructural en las conexiones ferrocarril-puertos está generalizado. Valencia y Barcelona tienen conexión con ferrocarril, pero el ancho europeo no entra en los puertos. El gobierno ha aprobado un Fondo de

Accesibilidad Terrestre Portuaria, que permite mediante prórroga de las concesiones existentes y, a través de concesiones público privadas, incentivar este tipo de infraestructuras. El Corredor Mediterráneo, que se ha puesto en marcha recientemente con la participación de fondos europeos, va a corregir este déficit en el futuro, aunque hay que dotarlo en los presupuestos generales, o plantear que intervenga la iniciativa privada si no queremos perder competitividad.

Entendemos que España, por su posición geoestratégica y su grado de desarrollo, puede actuar a la manera de un *hub* meridional del transporte marítimo y aéreo de la Unión Europea, para lo cual habría que potenciar el papel de los grandes puertos y proveer al aeropuerto de Barajas de las dotaciones necesarias.

5. Problemas de accesibilidad de las grandes ciudades

Con el final de la crisis económica y el consiguiente incremento de la actividad, se han agravado de nuevo los problemas de acceso a las grandes ciudades –Madrid, Barcelona, Sevilla, etc.–, que deben corregirse mediante actuaciones adecuadas, como la idoneidad de utilizar los carriles Bus-Vao-Eco. En particular, a través de ferrocarriles suburbanos, muy saturados en su concepción y desarrollo por no haberse cumplido los planes de inversión; y mediante aparcamientos disuasorios y estudios rigurosos de tráfico que, en su caso, den pie a la instalación de medidas correctoras (restricciones, peajes, etc.). Asimismo, habrá que dotar el modelo con sistemas inteligentes.

6. Ferrocarriles. AVE. Mercancías

Somos partidarios de la conclusión de la red proyectada del AVE con criterios

que faciliten una explotación equilibrada ya que sólo así se rentabilizará verdaderamente la gran inversión realizada. Además, para racionalizar por completo el sistema, habrá que cerrar la malla de la alta velocidad con líneas transversales.

El ferrocarril de mercancías representa una fracción ínfima del transporte terrestre, por lo que debe mejorarse la red y crear los corredores necesarios, en especial el Corredor Mediterráneo, vital para la conexión con Europa y el desarrollo del Levante. La conexión de los puertos marítimos con las redes de ferrocarril de ancho europeo es fundamental para el aprovechamiento de esta red y su enlace con Europa.

7. Modelo de planificación hidrológica

Creemos que para gestionar la dotación hídrica de este país es necesario consensuar una planificación hidrológica nacional entre los territorios y los principales partidos, y con participación de todos los sectores económicos interesados. La conectividad entre cuencas es, a nuestro juicio, esencial, así como la explotación de las desaladoras ya instaladas a tarifas razonables. Todo ello facilitará el aprovechamiento integral del recurso, que es escaso en este país.

Pensamos que todavía es necesaria más regulación de nuestros ríos –en la actualidad, la regulación existente facilita el aprovechamiento del 40 % de los caudales y sería posible elevar este porcentaje con nuevas presas– y que está por acometerse todavía una verdadera política contra las inundaciones, que siguen siendo recurrentes y que requieren un tratamiento complejo y específico.



Ignacio Marinas, Luis Andrés Ferreiro, Andrés Ayala, Juan A. Santamera, Juan Luis Gordo, y Antonio Papell durante el último desayuno político celebrado en el Colegio

8. Saneamiento de zonas turísticas y urbanas

Es preciso remediar los déficits actuales: en 2020, como muy tarde, deben cumplirse las directivas comunitarias en materia de depuración, saneamiento y reutilización de aguas residuales en zonas turísticas y urbanas.

9. Planificación energética

Somos partidarios del aprovechamiento pragmático de todos los recursos disponibles, gestionados con criterios de racionalidad y eficiencia. Creemos que el sector, tutelado por el supervisor, debe acomodar a medio plazo la oferta a la demanda, conforme a criterios medioambientales y de competitividad. La bajada de las tarifas de la energía debe ser un objetivo preferente para impulsar la competitividad de nuestra economía.

Pensamos que el sector debe recuperar la seguridad jurídica, recuperando la capacidad de retribuir razonablemente las inversiones realizadas y de atraer capitales internacionales. Entendemos que el futuro pasa por la

generación distribuida, por lo que no tiene sentido poner trabas a la misma.

10. Formación. Búsqueda de la excelencia. I+D

Propugnamos cambios profundos en la formación de los ingenieros de Caminos, que deben recibir, pensamos, una formación basada en criterios de excelencia. En este sentido, estamos en contra de la proliferación de escuelas de ámbito regional que expiden el título de Ingeniero de Caminos, pocas de las cuales compiten realmente a nivel internacional.

Creemos que el descenso de las inversiones públicas y una cierta prudencia en las previsiones hace recomendable reajustar el número de escuelas y de alumnos en las titulaciones técnicas de la profesión. Además, es conveniente la formación de los profesionales de todos los niveles –ingenieros, mecánicos, encargados, técnicos– para trabajar en el exterior, con mayores posibilidades de éxito en esta exportación de personal y equipos.

Creemos que el modelo Bolonia puede hacer compatibles unos estudios de grado distribuidos en numerosos centros con unos estudios de máster –el título de ingeniero de Caminos tiene ese nivel de verdadera calidad.

Entendemos que España debe recuperar cuanto antes los niveles de inversión en I+D anteriores a la crisis –del orden del 1,4 % del PIB– y alcanzar cuanto antes la media comunitaria del 2 % del PIB. Sólo así se conseguirá el grado de modernización tecnológica que nos permita competir adecuadamente.

Somos conscientes de que muchos ingenieros de Caminos desarrollan su actividad en régimen autónomo, por lo que postulamos más apoyo a estos profesionales, en forma de facilidades de instalación y de acceso al crédito, así como en apoyo a las nuevas tecnologías. También creemos que sería conveniente un cambio legislativo que facilitase la internacionalización de los ingenieros y la participación de los profesionales senior, mayores de 50 años, como profesionales libres en la vida económica.

Conclusión

El Foro Global de Ingeniería y Obra Pública, organizado por la Fundación Caminos en la UIMP de Santander, concluyó que es imprescindible un gran pacto nacional sobre la inversión en obra pública en el que participen todos los agentes (políticos, sociales, inversores, constructores, ingenierías) para diseñar un plan de infraestructuras a diez años, en el que se definan las aportaciones de inversión pública, española y europea, contando con la participación privada con unas reglas claras de cooperación financiera-económica en un marco de seguridad jurídica. **ROP**

Anexo I: Aportaciones de la ingeniería a la ordenación de territorio, obras y servicios públicos, energía y medio ambiente

Globalización y ordenación territorial

Vivimos y actuamos en un mundo globalizado, donde las condiciones exógenas, y los riesgos globales limitan las capacidades reales de actuación, estatales, regionales y locales, y nos llevan a entornos de mucha mayor complejidad. Las decisiones territoriales deben tener en cuenta estas limitaciones y prever distintos cauces de acción flexibles que permitan reconducir las actuaciones para evitar las situaciones más desfavorables para el bienestar ciudadano, y dirigir la dinámica social hacia los objetivos más favorables para la mejor y más sostenible calidad de vida de los mismos.



Desde esa perspectiva, la ingeniería puede aportar alternativas para afrontar los riesgos globales reseñados por los científicos y principales organizaciones internacionales (OCDE, WEF, Banco Mundial...) como son: la aceleración del cambio climático y de sus consecuencias, el crecimiento de las desigualdades, tensiones y conflictos sociales, las previsible crisis hídricas como focos de conflicto, cambios bruscos o sostenidos en los precios de las materias primas, caídas o ataques críticos en la infraestructura o sistemas de información/comunicación (internet, sistema de satélites de comunicación, etc., crisis fiscales globales asociadas al fuerte incremento del endeudamiento público y privado global, o el riesgo de insostenibilidad ambiental y material del desarrollo y la necesidad de abordar procesos de

decrecimiento en el uso de recursos. En paralelo, hay que tener en cuenta el crecimiento y la concentración de la población en grandes megalópolis con exposición a desigualdades sociales mayores (aún dentro de un crecimiento medio del PIB) y su generación de tensiones sociales.

Las condiciones de contorno antes expuestas cambian los procesos tradicionales de transformación territorial, que ahora se rigen mayoritariamente por los principios de productividad, concentración y complejidad. La productividad, vigoroso motor de crecimiento, genera desigualdades e incertidumbres si no se produce una distribución adecuada de sus beneficios. La concentración poblacional favorece las economías de escala, aglomeración

y urbanización, pero plantea nuevos desafíos, ya que la concentración de actividades produce posiciones dominantes de algunos agentes económicos mundiales, y relevantes impactos ambientales, que no solo afectan al mundo en su globalidad, sino que pueden llegar a ser inaceptables a nivel local o regional. La situación actual ha evidenciado que algunas de las pautas actuales de actuación a nivel territorial no son sostenibles por el intenso uso de recursos que comportan; pero, al mismo tiempo, la evolución hacia un modelo más conservador en el consumo no debería perjudicar las naturales ansias de desarrollo económico y social. En este contexto tan cambiante e incierto, la adopción de mecanismos planificadores altamente tecnificados, dotados

de enorme flexibilidad y de un permanente diálogo social, se perfilan como herramientas imprescindibles si se quieren evitar, no ya la aparición de errores, sino una tardía y costosa toma de medidas correctoras.

En este marco, el análisis de la ordenación territorial en España muestra un panorama complejo que exige un replanteamiento. Hay algunas actuaciones que no inducen a mayor crecimiento ni mejora de la competitividad, sino que pueden empeorar indicadores básicos de sostenibilidad económica, ambiental y de gobernanza. La identificación correcta de los procesos y de sus razones, así como de las posibles alternativas se ha vuelto tan difícil que se generan altos niveles de insatisfacción en una sociedad cada vez más exigente y menos dispuesta a soportar el coste de todo orden de sus decisiones, y que además necesita respuestas sencillas a problemas extraordinariamente complejos. Valores como la flexibilidad, la vigilancia permanente de los fenómenos en otras partes del mundo y las ofertas diversificadas, se presentan como estrategias de adecuación al entorno que deben ser tenidas en cuenta.

Aportaciones de la ingeniería a la ordenación del territorio, obras y servicios públicos, energía y medio ambiente

Los “patrones habituales” sobre los que hemos basado nuestra acción los ingenieros deben adaptarse y servir a las demandas de la sociedad actual, sin perder la esencia, el rigor, la búsqueda permanente y la aplicación de las mejores tecnologías con la ética profesional que ha presidido la mayoría de las actuaciones de los ingenieros para prestar los mejores servicios



a la sociedad. Desde sus orígenes, los ingenieros aplicamos los conocimientos científicos para resolver las demandas crecientes de los ciudadanos y resolver los requerimientos necesarios para mejorar su calidad de vida y su bienestar. Los ingenieros debemos ser “servidores sociales”. Y la ingeniería planifica, diseña, crea y construye o fabrica las herramientas necesarias para atender las demandas sociales. Demandas que formulan los ciudadanos a través de sus estructuras políticas y sociales, empresariales, asociativas, de cooperación o de cualquier otra naturaleza.

En estos momentos históricos las demandas sociales son nuevas, crecientes, de muy diversa naturaleza y contradictorias. Y la ingeniería debe atender a estos nuevos retos, lo que exige:

- la formación continua y actualizada de los ingenieros.
- la incorporación a su trabajo de las últimas y mejores tecnologías disponibles, que les habiliten para introducir procesos y sistemas inteligentes en todas las actividades y tomas de decisiones.
- avanzar en la investigación para el diseño de máquinas y artefactos con mayor eficiencia energética, de tal forma que se consiga una drástica reducción del consumo de energías fósiles.
- alertar permanentemente a la sociedad en general y a los decisores políticos en particular de las consecuencias de las decisiones y acciones (positivas y negativas), remarcando las que pueden llevar a consecuencias sociales más negativas.



- colaborar de forma habitual y continuada con los agentes políticos y sociales, poniendo su capacidad y conocimientos al servicio de la sociedad.

- y participar y colaborar con organizaciones y foros supranacionales de ingeniería, o de otra naturaleza, que se ocupen de analizar las condiciones de contorno y las propias de la ingeniería para una mejora continua de nuestra actividad.

Y ello sin olvidar analizar con rigor nuestras propias actuaciones, con espíritu crítico y de voluntad de mejora en lo que proceda.

En este marco, las diez propuestas imprescindibles en las materias consideradas en este documento serían:

1. La ordenación del territorio debe considerarse como política troncal de las políticas de cohesión territorial del Estado. Ello exige analizar y detectar de forma temprana las demandas emergentes y sus requerimientos; planificar interactiva y proactivamente con visión a largo plazo y flexible al mismo tiempo, pero con escrupuloso respeto al medio natural y a las propias demandas del territorio compatibles con el desarrollo sostenible, programar las acciones en orden a su necesidad de respuesta y revisar permanentemente las acciones programadas, reorientándolas de acuerdo con la evolución de las demandas. Para avanzar en estos aspectos se propone revisar la ley del suelo para que, como mínimo, se refuercen la visión integrada del territorio, las medidas y medios de gestión para la protec-

ción y mejora de los bienes comunes y públicos, y se integren los costes ambientales en los costes de urbanización.

2. Territorialmente son conocidas las ventajas económicas, sociales y ambientales de potenciar un modelo territorial policéntrico de ciudades medias resilientes, de mínimo metabolismo, compactas, diversificadas y complejas, eficientes energéticamente, con minimización del uso obligado de transporte motorizado por la separación de domicilio-trabajo o equipamientos-residencia, sin uso de combustibles fósiles, con transporte público eficiente y con dotaciones y condiciones ambientales y paisajistas que posibiliten el bienestar/buen vivir de los ciudadanos. Aunque este modelo puede conllevar mayor presión de las conexiones interurbanas. En todo caso, se hace imprescindible internalizar los efectos externos (costes y también beneficios) de las distintas actividades que se producen sobre el territorio, potenciar las economías verde y circular, como base productiva territorial, y adecuar la expansión urbanística a las necesidades, potencialidades y biocapacidad/sostenibilidad ambiental local.

3. A pesar de las posibles dificultades económicas, las capacidades y potencialidades de la ingeniería permiten promover un modelo hipocarbónico con energías renovables, la economía verde y circular, la I+D+i en estas materias, lo local frente a lo global y la sustitución de las pautas de la sociedad de consumo.

4. Optimizar los recursos, priorizando los renovables y la reutilización, reciclado y valoración de todos los



residuos. La economía circular, con la reducción en producción y consumo de todo tipo de residuos y su integración en los ciclos respectivos, implica tanto nuevas oportunidades de negocio como fuertes cambios en los hábitos de consumo y en las formas de producción, imprescindibles en un mundo de recursos limitados y demandas crecientes.

5. La necesaria reindustrialización en un país como España es posible y debe potenciar la industria 4.0, con un papel creciente y prioritario de la I+D+i. La educación continua que sepa conjugar formación humana con la adecuación a las nuevas necesidades tecnológicas, es un elemento básico de futuro, cuya regulación debería ser consensuada y acordada por la inmensa mayoría de las fuerzas sociales.

6. La situación presupuestaria se caracterizará, al menos hasta 2021, por la escasa nueva inversión y por la reducción de los presupuestos disponibles para mantener y gestionar el patrimonio construido. Ello exige una toma de decisiones en materia de nuevas infraestructuras que priorice una evaluación económica, social y ambiental rigurosa, con transparencia y participación ciudadana. Las reformas institucionales y organizativas necesarias implican: una nueva concertación institucional con criterios comunes para el análisis del coste de oportunidad de la inversión pública, compromiso renovado de armonizar el modelo territorial nacional con la lógica del desarrollo regional y local y priorizar la inversión en gestión y mantenimiento de los servicios esenciales para asegurar los dere-

chos de todos los ciudadanos a la calidad del aire, del agua, de alojamiento, de movilidad y de energía, entre otros.

7. Es necesario el establecimiento de infraestructuras resilientes, integradas en el paisaje territorial, y minimizando la incidencia de su ciclo de vida sobre los recursos, diseñadas de forma eficiente en relación a los servicios que han de prestar y con internalización de todos los efectos externos (positivos y negativos). Realizar proyectos o su construcción, en los que la ingeniería española ha demostrado su capacidad y calidad, no deben ser los criterios determinantes de la decisión de su ejecución, sino los servicios y utilidad pública eficiente y económicamente viable que hayan de soportar.



8. En materia energética es fundamental un Pacto de Estado que facilite la inversión, a la vez que asegure que las políticas que se emprendan garanticen la seguridad de suministro, incrementando la diversificación geográfica de éste, e incrementando las interconexiones con Francia y el resto de países vecinos; que se logren precios competitivos para los usuarios, consiguiendo una adaptación prudente de la oferta a la demanda y una regulación sencilla de la formación de precios que no incorpore factores exógenos a la producción ni a sus efectos; y un respeto claro al medio ambiente en todo el proceso de producción-consumo. Y ello sin olvidar dar solución al creciente problema de la pobreza energética y a la necesidad de avanzar en una regulación homogeneizada en el conjunto de la UE.

En particular, el objetivo energético ha de tener en cuenta la madurez de las energías renovables y su rápida curva de aprendizaje. El futuro llevará a una transformación de las redes verticales y centralizadas actuales, hacia una nube energética con multitud de demandantes que serán también productores, donde la energía distribuida inteligente será dominante.

9. En el campo del transporte muchas de las transformaciones que se están viviendo hacen especialmente difícil vislumbrar el nuevo modelo de movilidad (privada-pública, motorizada-no motorizada, energía verde-energía no renovable, aumento-decrecimiento de movilidad, real-virtual, pago-subsidios...) y sus infraestructuras asociadas; y en concreto los impactos de las redes

digitales aún están por modelizar sobre la estructura territorial y la movilidad, aunque probablemente no sean despreciables.

10. En relación con los servicios de transporte, las buenas prácticas se caracterizan por el uso eficiente de las nuevas tecnologías para alcanzar el nivel de calidad óptimo del servicio en vehículos con seguridad y comodidad, aplicando los sistemas de información y tecnologías adecuados. Esto implica la creación de consorcios metropolitanos de transporte más competentes y eficaces que los actuales, para que dirijan la gestión integrada del sistema de transportes intermodal y su integración tarifaria considerando los costes directos, indirectos y medioambientales. **ROP**

+ desarrollo sostenible

Más que agua

Talento, conocimiento y compromiso.
Aportamos respuestas adecuadas
para una gestión más eficiente.
Compartimos conocimiento
y generamos innovación.
Trabajamos por un futuro basado
en el compromiso y la cooperación.

www.aqualogy.net



AQVALOGY
Where Water Lives

SOLUCIONES INTEGRADAS
DEL AGUA PARA UN
DESARROLLO SOSTENIBLE

Anexo II: Agua, medio ambiente y energía

1. España sigue teniendo un *gap* en obras públicas frente a los países punteros

La dotación en infraestructuras vitales para el bienestar y calidad de vida del ciudadano y para la competitividad de nuestro país está lejos de la existente en países punteros como Alemania, Francia, Reino Unido o Italia.

Además, el esfuerzo realizado con la ayuda de los fondos europeos (módico, pese al lunar de los excesos puntuales cometidos en determinadas obras no necesarias) corre el riesgo de no ser sostenible si no se emplean los recursos imprescindibles para su adecuada conservación y mantenimiento.

España, además, es especialmente vulnerable al cambio climático (especialmente en agua, energía y medio ambiente) y no es ajena al proceso de urbanización por el cual la población se está concentrando en las ciudades y abandona el campo, con el agravante de la concentración de población turista en determinadas áreas y meses, que supone un muy significativo incremento de uso de las obras públicas, imprescindibles para sostener esta importante fuente de ingresos para España.

2. La seguridad hídrica

En un contexto de cambio climático como el que hemos de afrontar, la seguridad hídrica exige actuaciones decididas por parte del sector público:

- mejorar el régimen económico-financiero del agua, para garantizar los recursos necesarios para el manteni-



miento y conservación de las obras públicas existentes, y su oportuna reposición. Mejorar los ciclos urbano del agua incorporándolos a un concepto de *smart cities* (ciudades inteligentes), también para hacer posible la efectiva incorporación de las obras de producción de agua como las desaladoras, que dan seguridad al SEGA (Sistema Español de Seguridad del Agua).

- garantizar la seguridad y operatividad de las infraestructuras críticas como las presas y embalses, o las conducciones de abastecimiento a las ciudades. Estimamos la inversión necesaria en 5.000 millones de euros.

- mejorar el estado de las aguas, desarrollando efectivamente las actuaciones previstas en los planes de

cuenca y especialmente las obras de saneamiento y depuración. (Suponen un total de 60.000 millones de euros en 12 años, de los cuales para cumplimiento de objetivos ambientales se destinan 28.000 millones. De ellos, 4.000 para saneamiento y depuración están ligados al cumplimiento a corto plazo de emplazamientos efectuados a España por la UE). Este campo del saneamiento y depuración es propicio para la colaboración público-privada, para lo cual deben implementarse los mecanismos necesarios¹.

- completar las obras públicas necesarias para la satisfacción de las demandas, mejorar nuestra competitividad y evitar la despoblación del medio rural (especialmente garantizando los regadíos eficientes y mo-

dermos). Los planes de cuenca prevén medidas por importe de casi 25.000 millones de euros.

- garantizar la seguridad frente a los riesgos extremos (se estiman más de 5.500 millones necesarios para la gestión del riesgo de inundaciones).

- consensuar un nuevo PHN que:

a) Alinee la actuación de todos los actores del sector para la consecución de los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) recién aprobados en septiembre por la Asamblea General de la ONU.

b) Mejore las resiliencia del SEGA frente al cambio climático.

c) Mejore la seguridad hídrica en un contexto de concentración de la población de las ciudades e incremento de la población flotante por turismo.

d) Garantice el entendimiento con la planificación energética indicativa y con la planificación agraria.

e) Potencie las líneas de I+D+i para asegurar la eficiencia y sostenibilidad en los usos del agua, y la mejora del estado de las aguas.

f) Mejore la gobernanza del agua en España y asegure el entendimiento entre todos los actores interesados.

g) Potencie la internacionalización del sector del agua de España.

3. El medio ambiente

España debe afrontar con ímpetu el reto de la mitigación y adaptación al cambio climático, y la contribución a conseguir alcanzar los ODS, con especial incidencia en:

- el transporte (vital mejorar la intermodalidad, incrementar el transporte público e incrementar significativamente la cuota del transporte de mercancías por FFCC).

- la incorporación de más renovables al *mix* energético, (para lo cual incrementar las centrales reversibles de bombeo es imprescindible, y la renovación del parque de centrales hidroeléctricas necesaria).

- la configuración de ciudades inteligentes, englobando la gestión de residuos, el ciclo del agua, la urbanización y la movilidad sostenibles.

4. La energía

La situación a finales de 2015: problemas y oportunidades

Desde el punto de vista de la política energética, la situación actual del sector eléctrico español debe anali-

zarse en el contexto de la dinámica en que se desarrollan sus actividades y no en términos puramente estáticos.

Los *drivers* del proceso de evolución sectorial que se estiman de mayor intensidad a medio plazo son los siguientes:

- El avance en la descarbonización o si se prefiere, la neutralidad frente al clima.

- La integración física y regulatoria de España en el mercado interior de la energía.

- La renovación de la planta física de generación.

- La modernización tecnológica de las redes y servicios correspondientes.



- La mejora de la competencia en las actividades liberalizadas.
- La eficiencia económica y social de las actividades reguladas.
- La evolución hacia un nuevo paradigma centrado en políticas activas en el lado de la demanda.
- Los nuevos usos de la electricidad, especialmente en los ámbitos del transporte, agua y la climatización de edificios.

Oportunidades potenciales:

• Avance en la descarbonización de la planta de generación de electricidad y su neutralidad frente al clima. España seguirá las directrices que marquen los compromisos asumidos dentro de la UE, sin que ello signifique renunciar a objetivos adicionales siempre que tengan sentido y sean viables. Esta cuestión abre la oportunidad, casi inmediata, de redefinir la política energética en tres cuestiones directamente relacionadas: la estrategia en materia de renovables en sus escalas macro (sistema), meso (*prosumer* industrial) y micro (*prosumer* doméstico), en buena medida paralizada actualmente en la primera de ellas y apenas sin desarrollar o manifiestamente inhibida en las dos últimas; la eficiencia energética en los usos de la electricidad, donde las medidas hasta la fecha pecan de debilidad (especialmente en los sectores residencial y comercial) y han producido escaso efecto; y la sustitución progresiva de los combustibles fósiles por el vector eléctrico en el transporte, impulsando razonablemente la adopción de tecnología y el desarrollo de infraestructura que faciliten el proceso de descarbonización de los servicios de



transporte público y, en la medida de lo posible, el uso de la electricidad en los vehículos privados.

• La integración física y regulatoria en el mercado interior de la energía. Los objetivos que marca la política comunitaria para nuestro país en cuanto a la interconexión con el resto de Europa ponen de relieve la anomalía que supone la península ibérica, en ese sentido una especie de isla eléctrica a pesar de la última mejora de capacidad y la línea recientemente puesta en servicio. La integración de la red de transporte es requisito para incorporar a España al mercado único de la energía y creará oportunidades para una nueva puesta en valor del agua, recurso energético abundante en la zona pirenaica pero infrautilizado desde el punto de vista energético. Almacenamiento de energía a gran escala e interconexiones son dos variables hasta la fecha poco utilizadas con las que habría que contar con el fin de mejorar el funcionamiento económico y la eficiencia social del sistema eléctrico, en términos de precios y seguridad. El papel que podría desempeñar REE, la entidad a cargo

de la gestión técnica del sistema, resulta crucial en ese sentido.

• La renovación de la planta física de generación. El hecho más relevante a este respecto durante la década 2020-30 será previsiblemente la expiración del plazo de explotación del parque nuclear (40 años a partir de la entrada en funcionamiento de cada central). Las autorizaciones concedidas en su momento comenzarán a expirar en el año 2021 (C.N. de Almaraz) y el proceso continuará hasta el 2028 (C.N. de Trillo). Ello podría causar la baja de casi 8.000 MW en el sistema si el Gobierno no autorizase una extensión temporal de las licencias, posibilidad que puede darse en base a razones técnicas y económicas. Es indudable que dadas las circunstancias favorables de esas instalaciones (inversión prácticamente amortizada y costes variables muy bajos) la extensión del plazo supondría un beneficio extraordinario para las empresas propietarias, unido al aplazamiento del coste de desmantelamiento. Ello induce a pensar que un Gobierno responsable y defensor del interés público negociará las con-



trapatidas de tal extensión de manera que redunden en beneficio del común, bien por la vía de los precios de la electricidad, mediante ingresos fiscales obtenidos de las empresas beneficiarias o logrando del sector un compromiso razonablemente equitativo de inversión y empleo dentro de nuestro país. El valor en el mercado mayorista de la producción electro-nuclear (57.300 GWh en 2014) alcanza la cifra de 3.600 millones de euros/año. Este dato sirve para hacerse una idea de cuánto se juegan las empresas en la posible extensión del plazo de explotación de sus instalaciones y de las contrapartidas que el Gobierno podrá exigir a cambio.

- La modernización tecnológica de las redes y los servicios correspondientes. Aparte de lo que ya se ha indicado en relación con la red de transporte y las conexiones internacionales, especialmente las transpirenaicas, la principal oportunidad que se plantea en los próximos años reside en la modernización tecnológica de las redes y servicios en el segmento de la distribución de electricidad. Ello supondría revisar

el régimen regulatorio para adaptarlo a las nuevas e importantes funciones que deberán posibilitar las redes de distribución (700.000 km, aproximadamente) en relación con temas como la gestión activa de la demanda, la integración de generación distribuida, el autoconsumo con gestión de balance neto o los nuevos modelos de negocio centrados en la figura emergente del prosumer (productor-consumidor), industrial o doméstico. Importante será la revisión del modelo retributivo de la distribución, actualmente apegado a una visión arcaica de esta actividad que no refleja su importancia creciente dentro del sistema eléctrico, y por otra parte la regulación de las actividades emergentes en la intersección distribución-consumo, actualmente sesgada en favor de los incumbentes como muestra el reciente RD 900/2015 sobre autoconsumo.

- La mejora de la competencia en las actividades liberalizadas. Las deficiencias de funcionamiento de los mercados mayorista y minorista de electricidad en términos de apertura a la competencia son suficientemen-

te conocidas. La integración en el ámbito de la futura Unión Energética debería dar pie a una revisión de los procedimientos y reglas (participación de los agentes y operación de los mercados) que subsane anomalías que se arrastran prácticamente desde el inicio de la llamada liberalización (Ley 54/1997). Deben tenerse presentes además otros mercados, de menor entidad macro pero sin duda importantes para el funcionamiento eficiente del sistema, como son los de los servicios de ajuste y también las subastas de capacidad de las interconexiones con Francia, en ambos casos a cargo de REE. Adicionalmente, habrá que atender a la evolución de la legislación comunitaria en ámbitos que pueden dar lugar a novaciones, como podría ser el establecimiento a medio plazo de mercados de capacidad (actualmente en estudio).

- La eficiencia económica y social de las actividades reguladas. En este caso se trata de las actividades de transporte y distribución, junto con la operación técnica del sistema. La primera y tercera de ellas corresponden a REE en régimen de monopolio estatal, y la segunda a las empresas distribuidoras de electricidad que operan como monopolios locales o regionales en las áreas territoriales asignadas. El modelo regulatorio en ambos casos es susceptible de mejoras que tengan como objetivo el interés público y por otra parte deberá acomodar las novedades que surjan en cada caso. En lo que se refiere a las redes ya se han indicado algunos factores de dinamización a los que están expuestas las actividades de transporte y distribución. La operación técnica del sistema es adicionalmente una actividad que merece



una reflexión pensando en el futuro, ya que de ella dependen directamente el funcionamiento del sistema y la ordenación operativa de la actuación de los agentes económicos, incluyendo los de mayor tamaño que se encuentran del lado del consumo (interrumpibilidad). Una cuestión que habría que suscitar (o resucitar) es el almacenamiento de energía a gran escala, actividad ligada a la explotación técnica de la red de transporte y vinculada a la gestión de determinados embalses. En relación con este tema hay un debate frustrado en España a pesar de su importancia para la racionalización de la planta de generación (especialmente en un escenario de fuerte penetración de energías intermitentes como la eólica y solar FV) y el impacto en la eficiencia económica general del sistema eléctrico. La integración en el mercado

interior o único de la energía a escala europea añade interés y da pie a formular una vez más esta cuestión. El almacenamiento a gran escala, principalmente a través de centrales hidráulicas reversibles, está presente en la planificación energética de la mayoría de los países europeos, pero no en España.

- La evolución hacia un nuevo paradigma centrado en políticas activas en el lado de la demanda (*Smart Energy*). Constituye una de las prioridades manifiestas de la actual política comunitaria en materia de energía eléctrica, habida cuenta de que las políticas de oferta presentan ya un relativo agotamiento en el sector eléctrico, maduro y de larga historia. Es igualmente una oportunidad para fomentar la innovación y el desarrollo tecnológico en la materia y alumbrar

nuevos modelos de negocio, consistentes con los objetivos y compromisos sobre reducción de emisiones y neutralidad frente al clima. No deja de ser llamativo el activismo de las grandes compañías y gobiernos en países como Francia o Alemania, por poner dos ejemplos de la mayor importancia dentro de Europa, y el bajo tono o incluso los impedimentos que caracterizan el tratamiento de esta cuestión dentro de nuestra política energética nacional. El desarrollo de nuevos servicios orientados a la demanda es una oportunidad que no debería desatenderse por sus efectos micro (a corto plazo) y macro (medio plazo) sobre el sector.

- Los nuevos usos de la electricidad, especialmente en los ámbitos del transporte, el agua y la climatización de edificios. Este tema se encuentra en relación directa con los dos puntos anteriores, de los cuales puede por tanto considerarse como un subconjunto o particularización. Es verdad que los avances sobre el particular aún se encuentran en curso (especialmente en los sistemas de baterías y en la mejora del rendimiento de la tecnología solar FV) y también son precisas adaptaciones nada triviales de la planta física (infraestructura y edificación). No es menos cierto, sin embargo, que la tendencia, aunque incipiente, parece que está señalada. En cualquier caso, hay otro requisito fundamental para ello que es el funcionamiento eficiente de los mercados y el abaratamiento de los precios de la electricidad para el consumidor, objetivo que deberá satisfacerse si se quiere avanzar en ambas cuestiones. Todo ello se encuentra directamente relacionado con las tendencias actuales en el ámbito emergente de las *smart cities*.

Ideas para una nueva política energética

Una nueva política energética nacional que tome como punto de partida el año 2016 habrá de tener como horizontes de referencia el medio (2030) y largo plazo (2050), por razones de persistencia en el tiempo (conviene recuperar la planificación al menos como ejercicio de análisis) y sintonía con el proceso de integración de España en el mercado interior de la energía de la UE. Pero hay otros factores de gran entidad a tener en cuenta. Algunos de ellos están ya tan presentes en la actualidad y no hace falta mencionarlos aquí: la UE, la geopolítica, el contexto económico general, las tendencias de evolución de los mercados de energía, etc. Otros son o serán nuevos: los acuerdos sobre el clima (COP21 y posteriores compromisos), la inno-

vación tecnológica en la materia, el cambio de paradigma, las preferencias sociales, los nuevos problemas vinculados a la energía, etc.

Todo ello significa que la nueva política energética se deberá situar entre la continuidad de algunos principios y líneas de actuación (no deja de tener una componente inercial importante) y la novación en otros aspectos, pero debería en todo caso comprender acciones de cierta envergadura dirigidas a propiciar los cambios que son necesarios. En el caso del sistema eléctrico ajustándose a dos criterios principales: resolver o paliar los problemas más importantes que le afectan en la actualidad y realizar o, al menos, facilitar las oportunidades de mejora que también se advierten en el sector, con visión estratégica

y horizonte a medio plazo. Evidentemente teniendo como principio rector el interés público y en diálogo con los agentes económicos.

Las ideas que se plantean para ello son las siguientes:

(I) En beneficio de la competencia: mejora de las normas de funcionamiento de los mercados mayorista y minorista de electricidad y de las condiciones de participación en ellos de los agentes económicos; impulso decidido a la integración física (interconexiones) y regulatoria del sistema eléctrico nacional con el resto de Europa, acelerando el proceso en la mayor medida posible; atención especial a los servicios técnicos de ajuste del sistema y gestión de las restricciones por su influencia en el mercado mayorista; y muy especialmente, establecimiento de las condiciones que aseguren al organismo supervisor independencia frente Gobierno y los agentes del sector.

(II) Impulsando la transición energética: diseño de una política diferente (proactiva y no reactiva) en materia de energías renovables en las tres escalas del sistema eléctrico (macro, meso y micro), sujeta a los principios de racionalidad y eficiencia económica; incorporación de la inteligencia digital (*Smart Energy*) en las actividades del sector, especialmente en la intersección de distribución y consumo, facilitando el desarrollo de la figura emergente del *prosumer* y los nuevos servicios energéticos orientados a la demanda; impulso a la electrificación progresiva del transporte y fomento decidido de la eficiencia energética en la edificación y los servicios, dando ejemplo de ello en el ámbito de las AAPP.



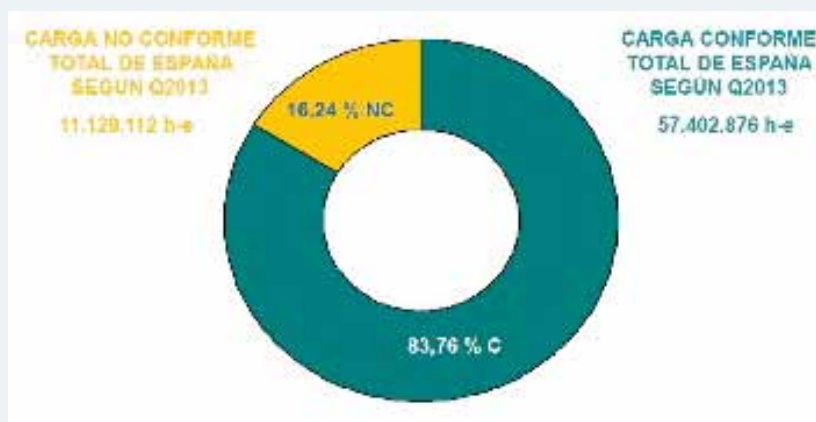
(III) En defensa del interés público: puesta en valor de los recursos energéticos pertenecientes al dominio público, en particular el agua (servicios de ajuste y almacenamiento de energía mediante el fomento de las centrales reversibles) y el subsuelo (geotermia y yacimientos no convencionales); extensión negociada del ciclo de vida del parque nuclear en condiciones de seguridad y beneficio tangible para el interés público; potenciación de REE en sus funciones como gestor técnico del sistema; restablecimiento de la planificación energética a medio plazo, con carácter indicativo en armonía con el modelo de libertad económica que impera en el sector, pero con suficiente relevancia como eje de un proceso de reflexión compartida, diálogo y consenso entre los agentes económicos (tradicionales y nuevos, en oferta y demanda) y las autoridades.

(IV) Para el fomento de la innovación: estímulo de iniciativas de contenido tecnológico emprendidas desde la demanda, especialmente en materia de eficiencia energética y nuevos servicios “inteligentes” de valor añadido; tratamiento regulatorio favorable de los nuevos modelos de negocio vinculados a la digitalización de las actividades energéticas; planificación concertada en materia de investigación e innovación con las empresas del sector.

(V) Mejorando el bienestar social: atención preferente a los precios finales de la electricidad; actuación correctora sobre los fenómenos de pobreza energética y exclusión; concienciación sobre ahorro energético y apoyo a las iniciativas sociales en su favor. **ROP**

Notas

(1) Las aglomeraciones urbanas activas en España, según datos de 2013, suman una carga contaminante de 68.531.988 habitantes equivalentes. No toda esta carga recibe un tratamiento adecuado según lo establecido en la Directiva 91/271/CEE, un 16,24 % de la misma resulta no conforme y conduce a una situación de incumplimiento de la Directiva 91/271/CEE en España.



Las no conformidades mencionadas han desembocado en tres procedimientos de infracción por incumplimiento de la Directiva 91/271/CEE que generan necesidades de inversión prioritaria.

- PROCEDIMIENTO DE INFRACCIÓN 2004/2031 (Zonas Normales)

El 14 de abril de 2011 España recibe la sentencia condenatoria del Tribunal de Justicia de la Unión Europea (C343-10) por incumplimiento de los artículos 3 y/o 4 de la Directiva en 26 (inicialmente 38) aglomeraciones urbanas mayores de 15.000 h-e y que vierten a zonas normales.

- PROCEDIMIENTO DE INFRACCIÓN 2002/2123 (Zonas Sensibles)

El 1 de diciembre de 2008 la Comisión Europea envía a España el dictamen motivado por incumplimiento de los artículos 3 y/o 4 de la Directiva en 58 aglomeraciones urbanas de más de 10.000 h-e que vierten a zonas sensibles.

- PROCEDIMIENTO DE INFRACCIÓN 2012/2100 (Pequeñas Poblaciones)

El 30 de noviembre de 2011 se inicia el proceso por parte de la Comisión Europea por incumplimiento de los artículos 3 y/o 4 de la Directiva en un total de 912 aglomeraciones urbanas mayores de 2.000 y menores de 15.000 h-e. El 12 de marzo de 2012 se envía la respuesta española con información actualizada. El 22 de junio de 2012 se recibe la carta de emplazamiento de la CE relativa a 612 aglomeraciones urbanas.

Anexo III: Propuestas de la Comisión de Transportes

1. Necesidad de un marco claro, estable y eficiente de planificación de infraestructuras

Desde el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos demandamos desde hace años que se realice una verdadera planificación de infraestructuras de transporte, que podría resumirse en las 3P: plan, programa y presupuesto. Es preciso tener un plan que sea un marco de actuación, un programa para cada tipo de infraestructura y un presupuesto realista para cada una de las actuaciones que se deban realizar. Y por supuesto garantizar la máxima eficiencia de las inversiones que se realicen. Los últimos planes de infraestructuras han presentado claras deficiencias en los campos mencionados.

2. Inversiones en infraestructuras de transporte

Asimismo, desde el Colegio demandamos un cambio de rumbo en relación al volumen de las inversiones en infraestructuras. Se deben analizar las inversiones necesarias, garantizar su eficacia y rentabilidad y tener en cuenta que en épocas de crisis se debe priorizar la inversión en conservación de nuestras infraestructuras de transporte. Por último, recordamos que las infraestructuras de transporte tienen un claro efecto tractor en la economía.

3. Necesidad de cambios en los marcos legales y regulatorios

Consideramos que es necesaria una revisión de los marcos legales en varios ámbitos que rodean el mundo



del transporte. Si bien es cierto que al final de esta legislatura se han realizado numerosos cambios normativos y legislativos, no todos ellos han resultado del agrado de las partes implicadas, que son los ciudadanos en su conjunto, y los implicados, de una u otra manera, en su construcción y explotación, en su mayoría ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. La participación pública en el proceso de desarrollo de nuevas leyes y normativas debe ser real, y la opinión de los expertos debe ser tenida en cuenta. Tenemos un amplio camino que recorrer en este sentido.

4. Mecanismos de financiación de infraestructuras

Desde el Colegio asumimos la voz de la sociedad en cuanto a la necesidad de conseguir la máxima rentabilidad de las inversiones, que son el resulta-

do de los esfuerzos de todos los ciudadanos. Cada euro invertido debe ser cuidadosamente analizado, y se debe garantizar el máximo beneficio social y económico, hoy y mañana, para todos los contribuyentes.

La participación privada es un valor muy importante que se debe aprovechar siempre que sea posible, al tiempo que otras inversiones deberán realizarse únicamente con cargo al presupuesto público. Una vez más, la existencia de un marco regulador claro, estable y seguro debe ayudar a evolucionar en este ámbito.

Por último, es necesario que los responsables de la toma de decisiones se posicionen claramente respecto a políticas de pago por uso en todos los modos de transporte, que de manera recurrente están en la agenda



política al inicio de cada legislatura, y cuyos contenidos se van diluyendo con el paso del tiempo. El contexto de la Unión Europea y los ejemplos de países vecinos nos obligan a tomar una decisión en este sentido.

5. La conservación: un eje prioritario de nuestra política de transportes

Tras una etapa de fuerte recesión económica, nuestras infraestructuras de transporte han acusado seriamente un descenso de inversiones en conservación. En épocas de crisis, es preciso dejar a un lado todas las infraestructuras cuya rentabilidad económica y social no esté claramente demostrada, pero la conservación no debería cuestionarse bajo ningún concepto. No conservar hoy es comprometer la calidad de los servicios de transportes, la comodidad y la seguridad, al tiempo que aumentan exponencialmente las

necesidades de conservación en el futuro.

En el ámbito de la carretera se ha producido un notable deterioro del estado de conservación que debe solucionarse a la mayor brevedad. Es preciso asignar partidas estables para la conservación de infraestructuras.

En relación al ferrocarril, el mantenimiento de la red de Alta Velocidad debe ser una prioridad, de cara a garantizar la seguridad, salvaguardar la calidad del servicio y alargar la vida útil de los materiales. En cuando al ferrocarril convencional, su deterioro podría llegar a ser preocupante y debe prestarse atención a su estado.

6. El transporte de mercancías: necesidad de un cambio real

Desde hace años e incluso décadas se trabaja, tanto en el contexto euro-

peo como en el nacional, para conseguir un trasvase del tráfico de mercancías de la carretera al ferrocarril. Cualquier política de este tipo debe priorizar la confianza y la fiabilidad en el transporte de mercancías por ferrocarril. Es necesario desarrollar una política real de transporte de mercancías por ferrocarril a largo plazo y dejar a un lado los deseos utópicos de trasvase de tráfico que nunca se producirán si no hay una opción real de fiabilidad para los propietarios y responsables de las mercancías. Además, si el ferrocarril consiguiera ofertar una gestión adecuada para atraer una parte del transporte de mercancías, la competitividad de la industria y de los servicios portuarios españoles crecerán, pudiendo hacer rentables las inversiones necesarias.

7. Apostar por la intermodalidad

La intermodalidad es clave en el transporte de viajeros y mercancías;



en particular, en este último ámbito, es fundamental fortalecer políticas y favorecer inversiones para optimizar el papel de los puertos en el transporte intermodal de mercancías, favoreciendo la mejora de sus conexiones con otros modos de transporte, la carretera y también el ferrocarril. El desarrollo del transporte de mercancías por ferrocarril debe plantearse, así mismo, desde la perspectiva de la intermodalidad.

Los diferentes modos de transporte han de ser complementarios y no sólo competidores, por lo que es necesario estudiar seriamente cómo optimizar la gestión para conseguir una verdadera intermodalidad, terrestre, y marítima.

8. La seguridad vial: una prioridad de Estado

Tras varios años continuados de grandes descensos de accidentalidad

en carreteras, nos encontramos en una época de estabilización, que requiere que se implanten nuevas medidas y tecnologías de sensorización para continuar reduciendo el número y la gravedad de los accidentes. El debate de la velocidad, presente a lo largo de la última legislación, debe revisarse, y considerar la reducción de velocidades en aquellos tramos jerarquizados donde exista un problema de accidentalidad asociado a velocidades inadecuadas. Se deben establecer políticas de seguridad vial en el ámbito urbano, periurbano e interurbano, aunando esfuerzos entre diferentes administraciones. La prioridad debe continuar en las carreteras convencionales, donde se producen las tres cuartas partes de los accidentes y las víctimas, y contemplar la protección de los usuarios más vulnerables (peatones, ciclistas y motociclistas), que siguen

representando un porcentaje elevado de las víctimas de accidentes de tráfico. En todas estas actuaciones y en otros ámbitos, las tecnologías ITS y la ingeniería tiene mucho que aportar.

9. El apoyo a la internacionalización

La ingeniería y la construcción españolas están hoy presentes en prácticamente todos los países del mundo. La crisis económica ha llevado a todas aquellas empresas que han podido a buscar nuevos mercados, mientras que otras ya llevaban varios años desarrollando obras y proyectos en el contexto internacional. El liderazgo español es una realidad hoy, pero sigue siendo necesario el máximo apoyo del Gobierno a las empresas (incluyendo también a las privadas, no solo las públicas) establecidas o que pretenden establecerse en otros países.

10. Fomento de la I+D+i

Si queremos unas empresas en la vanguardia de la construcción y explotación de infraestructuras de transportes, dentro y fuera de nuestras fronteras, debemos garantizar un marco estable para la realización de actividades de I+D+i. La importancia del desarrollo de este factor en la competitividad de nuestras empresas es muy significativa, y se merece políticas europeas, nacionales y autonómicas coordinadas para mejorar en este ámbito.

Es fundamental que las autoridades tomen conciencia de la importancia que para el desarrollo de la industria carretera, ferroviaria, portuaria, naval, aérea y aeroportuaria, tiene la I+D+i; para ello se necesita apoyar a las empresas públicas y privadas, sin olvidar el ámbito universitario, tomando como ejemplo las experiencias de otros países. En España hay muy buenos profesionales, formados con los máximos niveles de calidad, no podemos permitirnos que se vayan.

11. Criterios políticos vs criterios técnicos y sociales

Desde el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos queremos denunciar una grave situación de prioridad de los criterios políticos respecto a los técnicos en la toma de decisiones en materia de infraestructuras de transportes. Es hora de que los técnicos recuperen capacidad de decisión y se garantice que los criterios técnicos y sociales se priorizan respecto a los criterios políticos, que en los últimos años se han caracterizado por su arbitrariedad en muchos casos.

12. La calidad técnica de los proyectos como elemento clave en la toma decisiones

Si bien el máximo aprovechamiento de los recursos públicos debe figurar siempre como un objetivo prioritario de los gobiernos, en los proyectos de infraestructuras de transporte es necesario ir más allá, y dar una relevancia muy significativa a la calidad técnica de los mismos. De nada servirá haber conseguido la oferta más económica para el desarrollo de un proyecto si la calidad del mismo no cumple unos mínimos que los ciudadanos merecen.

El contexto temporal no debe descuidarse: para conseguir la mejora calidad de los proyectos se necesi-

ta tiempo; acortarlo conducirá, inevitablemente, a una reducción en la calidad; por ello es necesario estimar y manejar con respeto los tiempos del desarrollo de los proyectos; el criterio técnico debe estar por encima de las premuras políticas. Por otro lado, cualquier proyecto debe disponer de un presupuesto adecuado para su realización puesto que, si no es suficiente, se produciría un empeoramiento en la calidad de su desarrollo.

En este sentido, una vez más los ingenieros de Caminos, Canales y Puertos tienen mucho que aportar. **ROP**



Nouvelle autoroute A-30, Quebec (Canadá)



Eduardo Javier Ayala Luna

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Director de Obras Lineales - Estructuras.
Dirección Técnica. Acciona Infraestructuras



Luis Peset González

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Jefe de Departamento de Estructuras OC.
Obras Marítimas y Geotecnia. Dragados.
Dirección Técnica

Resumen

El proyecto de la autovía incluyó el diseño, construcción, operación y mantenimiento del tramo de la Autopista A-30 entre Châteauguay y Vaudreuil-Dorion de 42 km de longitud. La operación tiene una duración de 35 años e incluye además del tramo de nueva construcción otros 32 kilómetros ya existentes.

La puesta en servicio se produjo en diciembre de 2012 y desde entonces ha sido elogiada en prensa por los alcaldes, residentes locales, pequeñas y medianas empresas del entorno y usuarios de la misma. A esta larga lista de elogios y premios se le suma el último, el premio Agustín de Betancourt.

Palabras clave

Autovía, diseño, construcción, operación, mantenimiento

Abstract

The motorway project included the design-build, operation and maintenance of the 42 km long section of the Autoroute 30 (A30) between Châteauguay and Vaudreuil-Dorion. The concession to operate the Autoroute extends to 35 years and includes a 32 kilometre previously-built section of highway.

The new section of highway came into operation in December 2012 and has been highly praised by the press, mayors, local residents, local businesses and road users. This acclaim and commendation has been further heightened by the recent award of the Agustín de Betancourt International Prize for Public Works.

Keywords

Highway, design-build, operation, maintenance

La autovía A-30 es el eje fundamental para las comunicaciones entre Montreal y Quebec. Circunvala la isla de Montreal, ahorrando más de 30 minutos de trayecto, descongestionando el centro de la ciudad y reduciendo las emisiones de CO₂ a la atmósfera. Conecta con las principales carreteras de la región: la A-15 (dirección New York), la A-40 (dirección Ottawa) y la A-20, que une Quebec y Toronto.

La A-30 es una de las arterias principales para la región administrativa de Montérégie, donde se producen el 85 % de los intercambios comerciales de la provincia de Quebec con los EE.UU. y el resto de Canadá.

La inversión del proyecto ascendió a 1.580 millones de dólares canadienses (dólares del año 2008, unos 1.232 millones de euros) y el plazo de concesión es de 35 años.

La sociedad concesionaria, denominada Nouvelle Autoroute 30, está participada al 50 % por Acciona y ACS a través de sus respectivas filiales, Acciona Nouvelle Autoroute 30 y ACS

Infrastructure Canada. El consorcio de construcción estuvo formado por Dragados Canada (40 %), Acciona Infrastructure Canada (40 %) y las constructoras locales Aecon (16 %) y Verreault (4 %).

Además del capital aportado por los socios, la obra fue financiada por un subsidio a la construcción del Gobierno de Quebec y del Gobierno Federal de Canadá.

El nuevo tramo de autopista cuenta con 2 carriles por sentido un intercambiador entre la A20 y la A30 con una superficie total de 670.000 m² y 32 estructuras, siendo las principales:

- Puente Serge-Marcil sobre el río St. Lawrence de 1.860 m de longitud.
- Puente sobre el canal de Beauharnois y la vía marítima de St. Lawrence de 2.550 m de longitud.
- Túnel bajo el canal de Soulanges de 190 m de longitud.





Puente Serge Marcil sobre el río St. Lawrence

El puente cruza el río St. Lawrence en un tramo totalmente regulado con presas aguas arriba y aguas abajo, por lo que no existe tráfico fluvial.

El puente tiene una longitud de 1,8 kilómetros, consta de 42 tramos, de los cuales 38 tienen una longitud de 45 metros y los cuatro restantes, dos en cada extremo, tienen una longitud de 31 m. El puente consta de dos tableros independientes de 12.57 m de ancho cada uno con 2 calzadas por tablero, separados una distancia de 3 metros, con el apoyo de 82 pilas y cuatro pilares.

La cimentación se realizó con zapatas directas y micropilotes, en la ejecución de las cimentaciones y las pilas fue necesario utilizar unas penínsulas temporales para permitir el acceso terrestre a las pilas del río en dos terceras partes de la longitud del puente. Por razones medioambientales, el tercio central del río fue necesario mantenerlo libre por lo que los trabajos en esa zona se realizaron desde barcazas.





Las pilas de viaducto tienen una altura comprendida entre los 7 y 8 m y cada tablero está compuesto por 5 vigas prefabricadas de doble T de 2 m de canto y 44,50 m de longitud.

El montaje de vigas fue realizado de forma convencional, mediante grúas en las zonas donde se disponía acceso desde tierra o desde la isla temporal. En la parte central sobre el agua, el montaje de vigas se realizó mediante un lanzador de vigas.

Puente sobre el canal de Beauharnois

El puente de 2,5 km de longitud cruza el canal de navegación, la presa de Beauharnois y la vía marítima de St. Lawrence. Está formado por dos tableros, separados 3 m, de 14,22 m de anchura, uno para cada calzada, con tres carriles de circulación cada uno. El trazado en planta es recto y de su longitud total, 1.500 m discurren sobre el agua y los restantes 1.000 m sobre tierra.

El trazado en alzado está condicionado por la necesidad de mantener un gálibo vertical de 38,50 m de altura sobre el canal de navegación de la presa de Beauharnois, lo que





obliga a adoptar pendientes del 3,40 % a ambos lados del canal desde los correspondientes estribos para obtener la cota necesaria.

Para su construcción se eligieron dos tipologías de tablero según discorra el puente sobre tierra o agua. En el primer caso, se ha utilizado un tablero de vigas prefabricadas de hormigón de 45 m de longitud, para la parte de puente que discurre sobre el agua, el tablero es mixto acero-hormigón con grandes vanos de 82 m de longitud y un vano principal de 150 m sobre el canal de navegación.

El tablero del vano principal se empotra, mediante ábacos de hormigón, en las pilas situadas a ambos lados del canal de navegación. En el resto de pilas el apoyo del tablero se realiza mediante aparatos de apoyo convencionales.

La cimentación del puente en el lado tierra se realizó con zapatas o con pilotes metálicos en función de la profundidad de la roca. En el lado agua se realizó mediante pilotes de hormigón in situ de 2 m de diámetro.

Para la ejecución de las pilas y cabeceros del puente se adoptó el sistema de prefabricación, salvo para las pilas del vano principal que fueron ejecutadas in situ.

El tablero del puente de la parte que discurre en tierra, está formado por vigas prefabricadas. Cada tablero, consta de cinco vigas de sección doble T de hormigón pretensado de 2,00 m de canto, prelosas de hormigón de 3,22 m de ancho, y losa de hormigón armado in situ de 28 cm de espesor.

La parte metálica del tablero mixto es un cajón de acero de 3,675 m de canto, y anchos de 8,20 m en la parte superior y 6,22 metros en la inferior.

Para la construcción de los 1.500 m que discurren sobre el agua, se optó por el método de empuje de tablero. La elección de este método estuvo motivada por los condicionantes de la zona y fue necesario superar muchas dificultades para su realización. Entre ellas, la gran longitud del tablero, que hizo que esta operación fuera uno de los lanzamientos de tablero de puente más largos nunca antes realizados; la



geometría cóncava del alzado en los primeros 650 m, lo que obligó a lanzar un tablero de directriz parabólica sobre una directriz recta, siendo necesario la realización de complejas operaciones de movimiento y un estricto control de las misma y la climatología con temperaturas extremadamente bajas (-30°C).

La duración de los empujes fue de 8 meses para los 1.450 m del tablero norte, incluyendo un invierno, y de 4,50 meses para el tablero sur fuera de la época invernal.

Túnel bajo el canal de Soulanges

El túnel con una longitud de 190 m cruza el canal de Soulanges. Su estructura es un falso túnel ampliada a ambos lados del mismo por una estructura de sección abierta en forma de 'U' que genera los accesos al túnel. El túnel se ejecuta en hormigón in situ, sin juntas de dilatación, formando una estructura única.

Previo al comienzo de la ejecución del falso túnel fue necesario realizar el corte del canal mediante ataguías aguas





arriba y aguas abajo del túnel. Para que ambos lados del canal estuvieran hidráulicamente conectados durante todo el proceso de obra, fue necesario la puesta en servicio de una tubería de acero de 1,20 m de diámetro. Este hecho obligó a realizar la obra en dos fases; sur y norte, de forma que una vez terminado el túnel en su parte sur, el colector se desplazó sobre la estructura ya ejecutada y poder ejecutar los trabajos de la zona norte.

Operación y mantenimiento en la autopista

Las tareas de operación y de mantenimiento de la autopista tienen ahora una vital importancia, casi un centenar de personas trabajan en la gestión y el mantenimiento de los 74 kilómetros de autopista.

La gestión del tráfico, la vigilancia y la monitorización de las imágenes de las decenas de cámaras repartidas por el trazado se realizan a través del Centro de Control de Tráfico, desde allí, se organizan las labores de mantenimiento y se controlan tantos los sistemas inteligentes del tráfico (ITS), como el complejo sistema de cierre automático para el puen-

te de Beauharnois, diseñado para impedir que un barco sin control choque con las pilas del puente.

La estación invernal ha supuesto una nueva oportunidad para la innovación, en la A-30 se ha empezado a utilizar cloruro de magnesio en lugar de sal común para combatir las heladas. El cloruro de magnesio retrasa la formación de placas de hielo y evita el uso de otros productos más abrasivos, alargando la vida útil de los vehículos y de las estructuras, al ser mucho menos corrosivo.

Además la A-30 cuenta también con una flota de 11 máquinas quitanieves, dos de ellas equipadas con un remolque (*two plows*) que permite retirar la nieve de dos carriles al mismo tiempo. La A-30 ha sido la primera autopista de Quebec en utilizar estos vehículos.

Todos estos medios, unido a la actuación de un gran equipo humano ha permitido que a la autopista A-30 superar la crudeza de los inviernos, minimizando los riesgos para sus usuarios, sin dejar de prestar servicio. La carretera ha per-



manecido siempre abierta salvo en contadas ocasiones en las que las condiciones meteorológicas y la capa de nieve hacían demasiado peligrosa la circulación.

Principales cifras y premios del proyecto

Las principales cifras son:

- 42 km de nueva construcción
- 74 km gestionados
- 6 millones de usuarios al año
- 371.000 habitantes en los núcleos urbanos por donde discurre
- 8.000 millones de dólares canadienses de inversión en la zona previstos para los próximos años (Ministerio de Transportes de Quebec).
- 1.500 m de puente empujado sobre el canal de Beauharnois. 2º puente empujado más grande del mundo.

El tramo de la Autovía A-30 ha sido ya galardonado con los siguientes premios:

- North America Deal of the year (2008) PFI.
- Gold Award. The Canadian Council for PPPs.
- Armatura 2013. Instituto del Acero Corrugado de Quebec – Acelor Mittal
- Premios Distinción e Infraestructuras. Asociación Quebecuesa de Transportes (AQTr) – Sociedad de Seguros del Automóvil de Quebec (SAAQ).
- Mejor diseño en puentes (Beauharnois). Instituto Canadiense de Construcción en Acero.
- Mejor puente 2013 (Beauharnois) ACHE (Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural).
- Premio Internacional de Obra Pública Agustín de Betancourt 2015. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y Fundación Caminos. **ROP**

Ampliación del aeropuerto internacional de Sao Paulo-Guarulhos (Brasil)



César Martínez Pérez
Ingeniero aeronáutico.
Jefe de Proyecto.
Typsa



Israel Sánchez-Palomo García
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Director general.
Engecorps - Grupo Typsa



Enrique Donate García
Ingeniero aeronáutico.
Coordinador de Producción. Typsa

Resumen

La ampliación del aeropuerto de Sao Paulo-Guarulhos ha constituido una de las más relevantes actuaciones del gobierno brasileño en materia de infraestructuras. Los proyectos básicos y constructivos fueron redactados por el Grupo TYPESA, en el marco de un complejo contrato concesional, y significaron un gigantesco esfuerzo de trabajo en grupo y un buen ejemplo de la metodología *fast track*, en la cual el proyecto y la ejecución de las obras se desarrollan en paralelo con muy reducidos desfases. Este esfuerzo, junto con el desarrollado por el resto de las empresas y organizaciones implicadas, permitió la exitosa puesta en servicio de la infraestructura en el plazo previsto a tiempo para la inauguración de la Copa del Mundo de Fútbol 2014.

Palabras clave

Aeropuerto, edificio terminal, concesión, sostenibilidad

Abstract

The extension of the Sao Paulo – Guarulhos International Airport constitutes one of the most important interventions of the Brazilian government in terms of infrastructure. The basic and detail design of the project were entrusted to the TYPESA Group, within the framework of a complex concession contract. The project required a vast amount of teamwork and serves as good example of Fast-Track construction in which the design and construction of the works are carried out in parallel, with very reduced time lags. This vast effort, together with that of all the other companies and organizations involved, allowed the successful completion of the airport within the established schedule, ready for the inauguration of the 2014 World Cup.

Keywords

Airport, terminal building, concession, sustainability

1. El proyecto

En el año 2011 se inició el proceso de privatización de la gestión de los aeropuertos brasileños con la concesión de los aeropuertos de Guarulhos (Sao Paulo), Brasilia y Campinas. Con estas nuevas concesiones se pretendía mejorar la eficiencia de la gestión de los aeropuertos, con la presencia de operadores internacionales, y modernizar las infraestructuras existentes, adecuándolas a la futura demanda.

El consorcio liderado por el grupo de inversiones brasileño Invepar y con Acsa (Airports Company South Africa) como operador aeroportuario confió en el Grupo Typsa como responsable de ingeniería de los estudios con los que participar en esta concesión de infraestructuras. En el año 2012, el Gobierno Federal de Brasil adjudicó el contrato de concesión al consorcio internacional formado por Grupo Invepar y ACSA, constituyendo junto con Infraero (Empresa Nacional de Aeropuertos Brasileños) el grupo empresarial que se en-

cargaría de la operación y del mantenimiento del Aeropuerto de Guarulhos, en la ciudad de Sao Paulo, por un periodo de 20 años. Este aeropuerto era el mayor de los tres que salían a concesión y uno de los mayores de toda Sudamérica, con un volumen de pasajeros en el año 2012 de 30 mPAX (millones de pasajeros).

El consorcio ganador volvió a confiar en el Grupo Typsa para la realización los proyectos básicos y ejecutivos de ampliación del aeropuerto. Esta ampliación permite incrementar de manera significativa la capacidad del aeropuerto hasta los 42 MPAX y mejorar los niveles de servicio.

El Proyecto de Ampliación del Aeropuerto Internacional de Guarulhos fue llevado a cabo por tres empresas del Grupo Typsa: Typsa (España), Engecorps (Brasil) y Tecnofisil (Portugal), adjudicándose la construcción del mismo a la empresa brasileña OAS, SA.



Fig. 1. Fachada principal Edificio Terminal 3

El 11 de mayo de 2014, después de sólo 19 meses desde la adjudicación del contrato, en los que se simultanearon los trabajos de proyecto y obra, el Aeropuerto Internacional de Guarulhos abrió oficialmente las puertas de la nueva Terminal 3. Este proyecto revolucionario destaca como una de las actuaciones de mayor éxito en Brasil, iniciado para dotar al país de la infraestructura necesaria para recibir la Copa del Mundo en 2014 y los Juegos Olímpicos en 2016.

La ampliación del aeropuerto incluye el nuevo edificio de 5 plantas de la Terminal 3 (TPS3) (figura 1), que ofrece un área adicional de 202.500 m² y capacidad para 12 millones de pasajeros al año; nuevos edificios de estacionamiento, distribuidos en tres edificios garaje con un total de 11.000 vehículos y un aumento en la capacidad de la plataforma de estacionamiento de aeronaves con 34 nuevas posiciones de estacionamiento 20 de ellas en posiciones de contacto, a las que se accede a través de pasarelas de embarque, y las otras 14 posiciones remotas.

Brasil ahora cuenta con uno de aeropuertos más modernos y ejemplares de América Latina, que ha permitido la eliminación del principal cuello de botella logístico del país, dotándolo de una infraestructura con capacidad para atender a la actual demanda y con capacidad de crecimiento para evolucionar en el futuro, todo ello de acuerdo a los más altos estándares de calidad internacionales.

Algunos logros a destacar:

- Proyecto de infraestructura aeroportuaria ejecutado en un tiempo récord.
- Se trata de la infraestructura más grande proyectada para la Copa del Mundo de 2014.
- La superficie de la terminal del aeropuerto se duplicó: de 191.000 m² pasó a 393.500 m².

Debido a la gran escala del proyecto y a las limitaciones de tiempo impuestas, un gran equipo humano de carácter internacional (tabla 1) trabajó sin descanso, lo que requirió de una excelente coordinación con el fin de garantizar el buen funcionamiento del proyecto y minimizar el riesgo de retrasos. Más de 300 ingenieros y técnicos de 10 oficinas en 3 países diferentes trabajaron al unísono, gestionando más de 600.000 archivos y 8.900 planos, mientras que 14.000 trabajadores fueron empleados por la empresa constructora, lo cual permitió trabajar simultáneamente en varios frentes de forma exitosa (figura 2). La necesidad de finalizar la construcción de esta nueva infraestructura para poder ser usada en la Copa del Mundo de 2014 obligó, no solo a resolver todos los problemas técnicos que un proyecto de esta envergadura implica, sino a su vez a plantear soluciones técnicas que permitieran cumplir con este objetivo y realizar una importante coordinación entre todos los implicados en el proceso de diseño y construcción del aeropuerto.

AMPLIACIÓN DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE SÃO PAULO - GUARULHOS
Aeroporto Internacional de São Paulo - Guarulhos Rodovia Helio Smidt, s/n.
CEP 07141-970 - Guarulhos - SP - Brasil

Concesionario	Concessionária do Aeroporto Internacional de Guarulhos, S.A. • Infraero Aeroportos (Brasil) 49 % • Invepar (Brasil) + ACSA (Sudáfrica) 51 %
Proyecto básico y constructivo	Grupo TYP • TYP (España) • Engecorps Engenharia S.A (Brasil) • Tecnofisil S.A. (Portugal) ¹
Empresa constructora	OAS S.A. (Brasil)
Equipamiento eléctrico	Siemens AG (Alemania - Brasil)
Sistemas de equipaje	Vanderlande Industries (Holanda - Brasil)
Pasarelas de embarque	ThyssenKrup AG (Alemania - Brasil)
Inicio del proyecto	21 de agosto de 2012
Inicio de las obras	28 de agosto de 2012
Puesta en servicio	11 de mayo de 2012
Presupuesto de las obras	1.090 millones € - 3.500 millones de reales brasileños

Tabla 1. Ficha General del Proyecto
(1) Empresa no directamente contratada por la concesionaria



Fig. 2. Vista general de las obras Edificio Terminal 3 en septiembre 2013



Fig. 3. Vista Edificio Terminal 3 desde plataforma de estacionamiento de aeronaves

En mayo de 2015, el Proyecto de ampliación del aeropuerto internacional de Guarulhos fue galardonado con la Mención de Honor en los Premios Internacionales de Obra Pública Agustín de Betancourt, entregado por el Fundación Caminos y el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en reconocimiento al especial mérito técnico de la metodología *fast track* llevada a cabo por el equipo de diseño.

En septiembre de 2015, el proyecto de ampliación del aeropuerto internacional de Guarulhos también recibió el premio FIDIC Award of Merit 2015, por la calidad del proyecto, el empleo de las mejores prácticas en el mundo de la ingeniería y su contribución al desarrollo de la sociedad.

2. Ingeniería *fast track*

La ampliación del Aeropuerto Internacional de Guarulhos se planificó a través de un nuevo Plan Director que debía ser ejecutado en 4 fases. La Fase 1-B de la Ampliación, o Ampliación 2012-2014 –objeto de este proyecto– consistió principalmente en las obras construcción de la nueva terminal de pasajeros, edificios de aparcamientos y ampliación de la plataforma de estacionamiento de aeronaves (tabla 2). El desarrollo del Proyecto Ejecutivo de las obras de la Fase 1-B se realizó según las directrices del Proyecto Básico preparado por Typsa-Engecorps.

La nueva terminal 3 (TPS3) se diseñó para dar capacidad inicial a un tráfico de 12 millones de pasajeros internacionales por año, adoptándose valores pico de 2.200 PAX/HP (pasajeros hora) en llegadas y de 1.800 PAX/HP en salidas. Este edificio es exclusivo para uso internacional

y se encuentra dividido en un edificio procesador, donde se realizan los principales procesos de pasajeros, facturación, control de seguridad, control de pasaportes, tratamiento de equipajes, y un edificio dique a través del cual se accede a las aeronaves. En ambos edificios fueron previstas nuevas áreas comerciales para la atención a los pasajeros.

Los nuevos puestos de estacionamiento de aeronaves (20 posiciones de contacto y 14 posiciones remotas) fueron ejecutados con pavimento de hormigón (figura 3) y cuentan con todos los servicios necesarios para las aeronaves. Para las vías de rodaje entre los puestos de estacionamiento de la nueva y la actual terminal se usó pavimento flexible, proporcionando continuidad al pavimento de las pistas de rodaje y de aterrizaje y despegue, las cuales fueron ampliadas para permitir la operación de aeronaves de gran tamaño Código F, como el Airbus A380. Se diseñaron áreas de seguridad de extremo de pista (RESA) para las cuatro cabeceras de pistas, con el fin de cumplir con lo dispuesto en el Acuerdo de Concesión de ANAC.

Los condicionantes principales para la implantación de la nueva terminal fueron:

- La necesidad de vincularla con las terminales TPS1 y 2, de forma que las distancias de las rutas peatonales fueran aceptables.
- Minimizar el impacto en el complejo ya existente, de forma que pudieran ser realizadas las diferentes fases de intervención sin interferencias excesivas.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DIMENSIONES
ÁREA DE MANIOBRAS		
PLATAFORMA Y CALLES DE RODAJES		
Estacionamiento aeronaves TPS3	m ²	171.500
Circulación de aeronaves TPS3	m ²	302.800
Canales de macrodrenaje	m ²	3.200
Plataforma Remota Oeste. Firmes	m ²	135.600
Salida Rápida AA. Pista Firme Flexible	m ²	24.300
Reparación estructural de firmes	m ²	40.000
ÁREAS COMPLEMENTARIAS		
Área de seguridad en cabecera (RESA)	m ²	24.300
TERMINAL DE PASAJEROS		
Nueva Terminal 3	m ²	202.500
Pasarelas peatonales	m ²	14.400
CUT (Central de Utilidades)	m ²	4.300
Túneles para comunicación entre edificios	m ²	12.400
Pilotes	m	55.000
Hormigón	m ³	105.000
Acero pasivo	kg	11.500.000
Acero activo	kg	320.000
Placa alveolar	m ²	125.000
Acero estructural	kg	2.500.000
Vigas prefabricadas de hormigón	m	23.000
SERVICIOS AEROPORTUARIOS		
Área de servicios aeroportuarios en patio	m ²	11.000
Almacén de servicios aeroportuarios	m ²	2.300
ESTACIONAMIENTOS		
Edificio garaje público aeropuerto	m ²	350.700
Estacionamiento de taxis especiales	m ²	15.600
ACCESOS		
Viaductos	m ²	16.900
Sistema viario	m ²	69.100
HELIPUERTO		
Edificio	m ²	400
Área pavimentada	m ²	4.000

Tabla 2. Principales unidades de obra

- Minimizar el impacto sobre la zona de vegetación autóctona, constituida por mata atlántica que debía ser totalmente protegida de las intervenciones proyectadas.

Los accesos de los vehículos al área de la nueva terminal se realizaron de forma diferente para cada nivel. El nivel de desembarque, se diseñó como una extensión de las rutas de las terminales actuales. De esta manera se mantiene la continuidad con el sistema actual, lo que permite un acceso integrado desde de la zona de desembarque de las terminales existentes a la nueva terminal.

Los accesos de vehículos a nivel de embarque se realizaron a través de un nuevo viaducto. De este modo, la conexión entre vías de las antiguas terminales y la nueva puede absorber la diferencia de nivel existente entre ambas.

Los nuevos edificios de estacionamiento se situaron frente al nuevo edificio terminal y, para facilitar el acceso peatonal, se construyeron dos pasarelas en el nivel intermedio entre el embarque y el desembarque. Estos edificios tienen capacidad para aproximadamente 10.000 vehículos privados y otras 1.000 plazas para servicios 'rent-a-car'. El área ocupada por los edificios es de 350.700 m² repartidos en tres edificios de ocho plantas cada uno.

Para la conexión peatonal con los terminales actuales se ejecutó otra pasarela elevada entre la actual TPS2 y la nueva terminal TPS3, que garantiza la continuidad del flujo de pasajeros. La pasarela posibilita la comunicación entre las terminales tanto de pasajeros en el embarque (lado Tierra) como de pasajeros en conexión (lado Aire).

Por otro lado, ya en esta primera fase se ejecutaron las obras del túnel de conexión del edificio terminal al futuro satélite, que se construirá en una etapa posterior. Este túnel se ejecutó bajo la plataforma de aeronaves.

Además de las anteriores actuaciones fueron consideradas otras de menor entidad como:

- Zonas de espera para taxis.
- Central de Utilidades (CUT).
- Zonas para estacionamiento de vehículos handling.
- Helipuerto.

3. El papel de los ingenieros consultores

El aspecto más significativo del proyecto fue la rapidez de su ejecución manteniendo los elevados estándares de calidad pretendidos.

- El Proyecto Básico fue concluido por Tyspa a los dos meses de la adjudicación de un complejo contrato de concesión para el proyecto, ejecución, mantenimiento y explotación de las obras de ampliación.

- Las obras fueron iniciadas de forma inmediata a la presentación del Proyecto Básico, de manera que los primeros proyectos constructivos (movimientos de tierras y cimentaciones) debieron ser terminados antes del cierre del Proyecto Básico.

- El Proyecto Constructivo fue desarrollado íntegramente por el grupo español Tyspa en régimen de *fast track*.

- La metodología *fast track* implica una superposición general de las fases de proyecto y construcción. La fase de proyecto es impulsada esencialmente por las exigencias de la fase de construcción.

- El éxito del proyecto se basó enormemente de las capacidades de trabajo en grupo de los equipos de diseño que, en este caso, se distribuían en 10 oficinas situadas entre América y Europa. El alto grado de coordinación entre los centros de producción distribuidos fue esencial.

- Estas capacidades contemplaron un alto y modélico nivel de conocimientos, una dilatada experiencia de trabajo conjunto y estuvieron apoyadas en herramientas informáticas, procedimientos de trabajo y sistemas de aseguramiento de calidad.

- La coordinación entre el proyectista (español) y la empresa constructora (brasileña) es esencial. La empresa Engecorps, filial brasileña del Grupo Tyspa, desarrolló, además de una parte de la producción, las labores de coordinación general. El núcleo de la producción fue desarrollada en España. La empresa Tecnofisil, filial portuguesa del Grupo Tyspa, llevó a cabo parte de los estudios geotécnicos y estructurales. Hasta 300 técnicos del Grupo Tyspa, entre ingenieros, arquitectos y delineantes, trabajaron en el proyecto constructivo.

- La producción de los proyectos constructivos unitarios en régimen de *fast track* constituyó el elemento inicial de una cadena de producción de obras en la que llegaron a intervenir hasta



Fig. 4. Sala de facturación

14.000 trabajadores. A título informativo, el departamento de cálculo de estructuras producía 25 nuevos planos por día, de media, durante la fase de ejecución de las mismas.

4. Excelencia en el diseño y la construcción

4.1. Estructuras de hormigón y metálicas

El proyecto fue desarrollado principalmente con estructuras de hormigón, contando en su mayor parte de estructuras prefabricadas, mediante pilares, vigas y placas alveolares, lo que garantiza un procedimiento constructivo que permite una rápida puesta en obra y la realización de etapas previas en fábrica.

La cimentación fue realizada mediante cimentación profunda, empleándose pilotes tipo hélice continua con diámetros de 600 mm a 1000 mm y profundidades medias de 18 m. Cada pilar cuenta con un número variable de pilotes en función de su carga con un mínimo de 3 y un máximo de 6 pilotes por pilar. La losa de subpresión fue proyectada mediante hormigón in-situ, con un espesor de 1,00 m junto con los muros laterales de contención.

La estructura de la cubierta fue realizada mediante cerchas metálicas sobre las que apoyaban los paneles de la cubierta. La necesidad de grandes luces, que llegan hasta los 36 m, implicó la idoneidad de esta tipología estructural.

4.2. Arquitectura

El proyecto ejecutivo de la nueva TPS3 se basó en el Proyecto Básico elaborado por Engecorps y aprobado por la Concesionaria y posee las características funcionales anteriormente descritas y que a continuación se resumen: 202.500 m² de edificio de alto estándar tecnológico y acabado, distribuido en 5 niveles, incluido un sótano técnico, una planta baja de desembarque, un entresuelo de interconexión con otros edificios, un piso superior de embarque (figura 5) y un nivel superior de servicios.

Las soluciones constructivas empleadas en el proyecto fueron las siguientes:



Fig. 5. Ascensores panorámicos en sala de facturación

a. Cubiertas

Cubiertas inclinadas de aluminio con junta de encaje de tipo cremallera de alto rendimiento, formada por chapa inferior de soporte en chapa perfilada de acero galvanizado, membrana elastomérica con barrera de vapor revestida, núcleo multicapa para aislamiento térmico y acústico con placas de yeso laminado y paneles de lana de roca de alta densidad. El coeficiente térmico máximo admisible de la cubierta es de $0,40 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$, y el valor mínimo de aislamiento acústico al ruido aéreo es de 45 dB.

b. Fachadas

El acabado de las principales fachadas del edificio terminal ha sido realizado mediante revestimiento de panel de aluminio compuesto (ACM) sobre paneles o fábricas de bloque con aislamiento, constituyendo por tanto una fachada ventilada.

Para los muros cortina fueron empleados carpinterías de aluminio con montantes de perfiles estructurales circulares modulados con la estructura principal del edificio y traviesas horizontales moduladas de 1,50 m por 3,00 m. Se emplearon doble cristal de seguridad (laminados) con cámara de aire de 20 cm para aislamiento termo acústico en placas de 14 cm y 12 cm, coeficiente de transmisión térmica 1,7, transmisión luminosa del 50 %, factor solar del 30 %, atenuación acústica 40 dB, reflexión de luz 18 % externa y 15 % interna.

c. Mobiliario

Se establecieron cuatro subgrupos con el objetivo de conservar la nueva imagen corporativa del aeropuerto:

- *Check-in*. Mostradores de facturación de equipajes, integrados con el sistema de tratamiento de equipajes.
- Mostradores auxiliares. Mostradores de información, de embarque y de controles de pasaportes.
- Cerramientos y separadores de flujos. Elementos dispuestos para formar pasillos y rutas dirigidas para pasajeros y usuarios.
- Mobiliario general. Bancos en áreas públicas, bancos en salas de espera y salas de embarque.

d. Sistema de elevación y transporte.

Se proyectaron ascensores de tracción eléctrica (figura 6), sin cuarto de máquinas y con puertas cortafuego, para tráfico intenso. Las máquinas, son de alto rendimiento y están dotadas de sistema regenerativo. Además, poseen sistema de barrera de infrarrojos para la detección del paso a través de las puertas y tracción electromecánica a través de accionamiento con regulación de frecuencia y freno de emergencia progresiva.

Las escaleras mecánicas presentan inclinación máxima de 30°, velocidad de 0,5 m/s (dos velocidades: para trabajo en

vacío y para trabajo en carga), el arranque está compuesto de 3 pasos horizontales y la anchura libre de paso es de 1.000 mm. Los pasillos mecánicos, de diversas longitudes, tienen todos una anchura de 1.200 mm.

4.3. Instalaciones eléctricas

a. Fuerza

Para esta primera fase 1-B de la ampliación del Aeropuerto de Guarulhos (2016) fue necesario ampliar la subestación principal existente en el aeropuerto, instalando nuevas celdas de acometida con tensión de 138 kV y tecnología GIS, junto con un nuevo transformador de 138/13,8 kV de 30 MVA.

Se ha realizado la instalación de tres nuevos anillos de distribución de energía a 13,8 kV funcionando en sistema abierto a través de los cuales se alimentan las nuevas subestaciones secundarias con potencias de 500 a 2000 kVA, distribuidas en todo el aeropuerto. El nuevo edificio terminal cuenta con 10 de estas subestaciones. Todas estas subestaciones han sido proyectadas contando con transformadores de reserva para garantizar la continuidad del servicio.

Estas subestaciones cuentan a su vez con el apoyo de grupos electrógenos y sistemas de alimentación ininterrumpida. Se cuenta por tanto con alimentación eléctrica de red normal, red de emergencia con el apoyo de grupos electrógenos y red con continuidad apoyada por los equipos SAI, garantizándose el suministro de los distintos servicios del aeropuerto en función de sus necesidades y la criticidad de estas instalaciones.

b. Iluminación

Para la iluminación interna de la Terminal TPS3 se emplearon luminarias de alto rendimiento y eficiencia, atendiendo al ahorro de energía y a la luminotecnia de entornos arquitectónicos. El Confort Visual Eficiente (EVC) se obtuvo mediante iluminación vertical, luminotecnia efectiva, proyecto cualitativo, sistema de gestión y fuentes de luz eficientes. La influencia de la luz solar se consideró como uno de los rasgos característicos del diseño arquitectónico que, a su vez, determinó la función, el diseño y la eficiencia requerida del sistema de iluminación artificial.

4.4. Instalaciones electrónicas

El proyecto de instalaciones electrónicas dotó a la ampliación del aeropuerto de unos sistemas de comunicaciones y control de acuerdo a los equipamientos más modernos

disponibles en este momento en el mercado. Los principales sistemas incluidos dentro de este apartado son:

a. Sistema de Fecha y Hora Universal (SDH)

Este sistema garantizando en todos los locales y para todos los sistemas la misma información horaria, incluyendo los paneles de información de vuelos, integrantes del Sistema de Información de Vuelo (SIV) y el resto de los sistemas de control.

b. Sistema de Sonido (SISOM)

Se diseñó un Sistema de Sonido (SISOM) para integrar con el sistema de sonido existente en las demás terminales, garantizando en todos los locales la información de sonido en tiempo real. Este sistema funciona integrado por redes TCP-IP. El sistema está dotado de control automático de la intensidad, volumen homogéneo, prevención de eco y reverberación.

c. Sistema de atraque de aeronaves (SIDO)

Este sistema proporciona a los pilotos indicaciones de modo automático para realizar el atraque de las aeronaves con precisión y seguridad.

d. Sistema de Distribución de Señal de Radio y TV (SDTV)

El proyecto se constituyó mediante equipamientos terminales (TV y Setup Box) para señal digital mediante 2 cables CAT6. La señal de televisión se puede ver en todos los terminales de ordenador o monitores IP.

e. Sistema de Gestión de Utilidades y Energía (SIGUE)

Se diseñó un Sistema de Gestión de Utilidades y Energía (SIGUE) que, a su vez, está compuesto por el Subsistema de Gestión de Energía (SGE), el Subsistema de Gestión de Utilidades (SGU), y el Subsistema de Gestión del Sistema de Aire Acondicionado y Ventilación (SCAR). El sistema completo garantiza la automatización del edificio y la integración de su operación, permite el ahorro económico y la eficiencia operacional y reduce costes administrativas.

4.5. Instalaciones mecánicas

a. Sistema de Aire Acondicionado y Ventilación

La climatización del interior del nuevo edificio de Terminal de Pasajeros TPS3 se proyectó principalmente con los siguientes sistemas:

- Climatización y ventilación de confort de las aéreas ocupadas:

- Sistemas Aire/Agua compuestas por climatizadores centralizados de Aire externo y fancoils en los espacios para las áreas de oficinas, tiendas y Duty-Free.

- Sistemas Todo-Aire, compuestos por climatizadores centralizados para áreas generales: Hall, Pasillos, Control de Pasaportes, Check-in, Duty-Free (entresuelo).

- Climatización de las salas técnicas de SAI y telecomunicaciones. Estas salas se climatizan mediante equipamientos de climatización de precisión, con control de temperatura y humedad.

Para el suministro de agua fría a los sistemas de climatización fue construida una nueva Central de Utilidades donde se ubican tres enfriadoras de 673kW más otra enfriadora de 275 kW, con el objetivo de adecuar la producción de frío a la demanda existente.

b. Sistema automatizado de tratamiento de equipaje (BHS)
Se desarrollaron especificaciones técnicas para la adquisición del Sistema Automatizado de Tratamiento de Equipajes (Bagage Handling System o BHS) (figura 4) y se analizaron las propuestas de proveedores así como su integración en el proyecto de la nueva terminal TPS3.

4.6. Pista, calles de rodaje y plataformas

El proyecto ejecutivo detalla las definiciones establecidas para la ampliación del área de maniobras del aeropuerto, tanto las que tienen que ver con la adecuación de las pistas de aterrizaje y despegue, las calles de rodaje y las plataformas de estacionamiento de aeronaves.

El proyecto de ingeniería aeroportuaria estuvo compuesto de:

Definición geométrica y operacional de la plataforma incluyendo la determinación de las posiciones de aeronaves y demás infraestructuras de apoyo, como la posición de los PIT de combustible, los equipamientos de PPB (Passenger Boarding Bridges o Puertas de Embarque), sistemas de alimentación eléctrica (400 Hz) y aire acondicionado de aeronaves. Para esta definición geométrica fue realizada la simulación del área de maniobras mediante el programa Path Planner de Simtra.

- Geología y geotecnia: definición y seguimiento de campaña geotécnica, caracterización de los materiales y parámetros de diseño.



Fig. 6. Sala de recogida de equipajes

- Pavimentación: para la elaboración del proyecto de pavimentos, se determinó la flota prevista en el aeropuerto considerando como criterio de diseño una vida útil para el pavimento de 20 años.

- Drenaje profundo y superficial de pavimentos: elementos de drenaje, incluidas plantas separadoras de hidrocarburos para prevenir derrames de combustible procedentes de los procesos de operación y mantenimiento. Se desarrolló el proyecto de macrodrenaje para conectar los canales existentes y las nuevas redes de drenaje al desagüe en el río Baquiriviu. La red de colectores se proyectó para un periodo de retorno de 10 años, asegurando que funcionan por gravedad, alcanzando valores de hasta 40 m³/s de flujo total.

Además de los equipamiento asociados a los estacionamientos de aeronaves, el proyecto consideró las instalaciones de

balizamiento nocturno, torres de iluminación y la señalización horizontal y vertical de plataformas y calles de rodaje.

Las obras proyectadas en el lado Aire fueron:

- Plataforma de estacionamiento de aeronaves para 20 posiciones de contacto Categoría C (Puestos MARS) en la nueva TPS3;
- Plataforma remota para 14 posiciones categoría C (Puestos MARS).
- Helipuerto de 2.500 m² para 4 posiciones Categoría 2 (peso máximo de despegue 11.200 kg)
- Adecuación de las pistas de rodaje para aeronaves críticas (A380 – Categoría F) y reparación de pavimentos deteriorados.

4.7. Sistema viario

El proyecto geométrico se realizó tomando como base las indicaciones incluidas en el Manual del Proyecto de Travesías Urbanas (DNIT, Publicação IPR 740), elaborado por el Ministerio de Transportes de Brasil.

El proyecto ejecutivo incluía las siguientes vías:

- Vías de acceso a los niveles de embarque y desembarque de la nueva terminal TPS3.
- Vías de acceso a los edificios garaje.
- Ampliación de la autovía Hélio Smidt y nuevos accesos de ésta al aeropuerto.
- Vías de servicio en el aeropuerto.

Para la definición del trazado se empleó el software Trazado 3.0, un sistema desarrollado por Typsa para Windows. Este programa permite la lectura automática de modelos digitales del terreno en formato dxf, ascii-digi, IGDS y ArcView shape. A partir del tratamiento del terreno, el programa ofrece la posibilidad de proyectar, medir y representar totalmente una obra lineal.

5. Contribución a la mejora de la calidad de vida del entorno y respeto al medio ambiente

5.1. Transcendencia económica y social

Tan importante como mejorar la movilidad entre ciudades es la necesidad de incrementar la eficiencia de los sistemas

aeroportuarios. El aeropuerto internacional de Guarulhos tiene la ventaja de ser el más grande del país y uno de los mayores de Sudamérica, además de poseer instalaciones mejoradas y soluciones de diseño que reducen el impacto ambiental y al mismo tiempo generan ventajas operativas y financieras, así como amplios beneficios para la sociedad y la comunidad local de la sociedad.

- La industrialización y prefabricación de los elementos estructurales constituyó la estrategia general del diseño, prueba de lo cual resulta el que se construyeran finalmente 23 km de vigas prefabricadas.

- Centralización de vuelos de largo recorrido: la nueva terminal ha supuesto una estrategia no sólo para proporcionar un mayor confort y comodidad a los pasajeros, sino también para promover la creación de nuevas rutas e incrementar el tráfico aéreo en la zona. Esta nueva infraestructura ha mejorado la movilidad de los ciudadanos en una gran ciudad y ha motivado a los turistas a visitar la zona, además de despertar el interés de los inversores que da lugar a la realización de grandes proyectos. La centralización de los vuelos en la terminal permite también una mayor eficiencia en la gestión de las operaciones aeroportuarias mediante la reducción de la dispersión de rutas.

- Facilidad de movimiento: se diseñaron e implementaron soluciones para albergar un mayor número de pasajeros y mejorar la distribución y el tráfico de pasajeros en el embarque y el desembarque. La circulación en el interior de la terminal se realiza a través de ascensores, escaleras fijas, escaleras mecánicas y pasillos rodantes, todo ello diseñado con el objetivo de minimizar las largas distancias y ahorrar tiempo a los pasajeros. Entre las tecnologías implementadas para facilitar el flujo de pasajeros y acelerar el embarque se encuentran los quioscos de autofacturación, sistemas automáticos de gestión de equipajes y puertas electrónicas (eGates) automatizadas para el control de fronteras.

- Legado económico: la naturaleza del modelo de concesión aprobado por el gobierno brasileño para el Aeropuerto de Guarulhos incluyen a Infraero como accionista minoritario con una participación del 49 % en la concesión. Los dividendos recibidos de esta participación se utilizarán para la reinversión en otros aeropuertos del país que aseguren la redistribución de la riqueza en la economía nacional.

5.2. Sostenibilidad y respeto por el medio ambiente

- **Diseño sostenible:** En el diseño del edificio se adoptaron soluciones que aplican el concepto de sostenibilidad y reducción del impacto ambiental. Tanto el diseño como los materiales de construcción fueron elegidos con el objetivo de reducir el coste energético a lo largo de la vida del edificio. El uso de iluminación natural, de materiales con mayor eficiencia térmica, el almacenamiento de agua de lluvia para su posterior reutilización, la gestión de los residuos sólidos y la instalación de ascensores regenerativos que generan energía cuando la cabina asciende o desciende son algunos de los ejemplos de elementos y sistemas implementados en el edificio que ayudan a reducir el consumo de recursos y la huella de carbono del aeropuerto.

- **Comportamiento térmico y acústico.** En cualquier edificación de este tipo un factor determinante es el adecuado aislamiento térmico y acústico de los distintos cerramientos. Las soluciones empleadas en el proyecto permiten el aprovechamiento de la luz natural con un elevado grado de aislamiento lo que disminuye el intercambio térmico entre el interior y el exterior y economiza el uso de sistemas de aire acondicionado.

- **Bienestar para el usuario:** La instalación de grandes fachadas acristaladas que iluminaran naturalmente el edificio de la terminal se consideró una prioridad. El diseño permite un uso eficiente de la energía, ofrece amplias vistas de las pistas de aterrizaje y pone en valor los espacios internos del edificio, proporcionando una mayor sensación de confort a los pasajeros. Los jardines internos se diseñaron meticulosamente, empleando exclusivamente especies nativas que aportan sosiego al conjunto.

- **Reducir, reutilizar y reciclar:** Además de los esfuerzos para reducir el consumo de energía y recursos, se incorporaron diseños para la reutilización y el reciclaje de materiales. La cubierta de la terminal permite recoger el agua de lluvia, la cual, junto a las aguas grises, es tratada, almacenada y reutilizada para limpieza, descargas de aguas residuales y otros usos compatibles. Todo ello ha resultado en una reducción sustancial de la demanda de agua en el aeropuerto y ha ayudado a lograr importantes ahorros económicos. La terminal cuenta también con sistemas de reciclaje y compactadores de residuos sólidos, ubicados en el sótano del edificio.

6. Conclusión

La importancia del proyecto de ampliación del aeropuerto internacional de Guarulhos y la calidad del trabajo llevado a cabo fue resaltada por la presidenta brasileña, Dilma Vana Rousseff, durante la ceremonia de la inauguración oficial: “Este es un momento especial en el que estamos empezando a ver los frutos de las inversiones realizadas en el sector aeroportuario. Y sabemos que valió la pena cuando vemos una obra como ésta”. **ROP**



Línea 1 Metro de Panamá



Javier Alañón

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Director de Construcción Consorcio
Línea 1 Metro de Panamá

Resumen

La línea 1 de Metro de Panamá es un proyecto que nace con el fin de ofrecer una alternativa a los ciudadanos en sus desplazamientos frente a los problemas de tráfico que afectan a la Ciudad de Panamá y su extrarradio, cuya ejecución ha supuesto poco más de tres años, un tiempo récord.

Su extensión comprende un total de 15,9 km, de los cuales 7.5 kilómetros son subterráneos, 7.1 kilómetros elevados y 1.3 kilómetros en trincheras, vertebrados en 14 estaciones (6 elevadas, 7 subterráneas y 1 semienterrada).

Se trata de un sistema moderno que mejora la comunicación metropolitana y reduce notablemente el tiempo en los desplazamientos, mejorando decisivamente la calidad de vida de los ciudadanos, que en tan sólo 23 minutos pueden completar el recorrido entre las dos estaciones término de la línea.

Palabras clave

Línea 1 Metro de Panamá, primer metro de Centroamérica, transporte público Panamá, infraestructura de transporte, tiempo record de construcción, 15,9 km en 23 minutos, dos terminales, 14 estaciones, 6 estaciones elevadas, 7 estaciones subterráneas, 1 estación semienterrada

Abstract

Line 1 of the Panama Metro was built to offer commuters a viable alternative to road transport and to relieve the traffic congestion affecting Panama City and its suburbs. The line was built in a record time of just over three years.

The 15.9 km line includes 7.5 kilometres of underground section, 7.1 kilometres of elevated line and 1.3 kilometres set in trenches, with 14 stations (6 elevated, 7 underground and 1 semi-underground station).

This is a modern rapid transit system that enhances metropolitan communications, considerably reduces commuting time and decisively improves the quality of life in and around the city, as in just 23 minutes it is possible to complete the entire journey from one end of the line to the other.

Keywords

Panama Metro Line 1, first metro system in Central America, Panamanian public transport, transport infrastructure, record construction time, 15.9 km in 23 minutes, two terminals, 14 stations, 6 elevated stations, 7 underground stations, 1 semi-underground station

El primer metro de Centroamérica

La línea 1 de Metro de Panamá es un proyecto que nace con el fin de ofrecer una alternativa a los ciudadanos en sus desplazamientos frente a los problemas de tráfico que afectan a la Ciudad de Panamá y su extrarradio, cuya ejecución ha supuesto poco más de tres años, un tiempo récord. La fase de construcción contempló el desarrollo de un total de 15,9 kilómetros de extensión, de los cuales 7,5 kilómetros son subterráneos, 7,1 kilómetros elevados y 1,3 kilómetros en trincheras.

El proyecto

La línea 1 del metro de Panamá, el primero de Centroamérica, se vertebró en 14 estaciones (6 elevadas, 7 subterráneas y 1 semienterrada); dos trincheras (donde el tren transcurre

del paso elevado al subterráneo), cinco pozos de ventilación; además del área industrial de patios y talleres donde se sitúa el centro operativo del sistema de transporte ferroviario.

La ruta está inserta en un corredor de alta demanda de transporte público. Esta línea presenta un trazo en dirección norte-sur y une la Estación Terminal Nacional de Autobuses, en "Albrook", con la estación de "San Isidro", situada al norte del área metropolitana de la ciudad de Panamá, y se desarrolló sin ocupar los espacios viales, a través de tramos subterráneos y elevados.

Trazos del diseño

Esta línea comienza en el área denominada Patios y Talleres, ubicada en el extremo sur del proyecto. En este lugar es



Metro de Panamá. Tramo en superficie

donde se concentran todos los servicios de mantenimiento y control de operaciones del sistema, ocupando un espacio de aproximadamente de 120.000 m².

Saliendo de esta área, se inicia el primer tramo del recorrido del tren, de aproximadamente 800 metros, que se desarrolla a nivel de la superficie hasta llegar a la Trinchera Sur. Es en este mismo punto donde se encuentra ubicada la Estación de Albrook, el primer acceso público a la Línea 1 del Metro de Panamá y única, al ser construida con características de estructura semienterrada.

Otras de las características particulares de dicha estación es que cuenta con un paso elevado peatonal, que cruza el Corredor Norte, para que los usuarios de la Gran Terminal de Transportes Albrook puedan tener acceso de manera segura y expedita al Metro.

Sucesivamente, continúan las estaciones subterráneas: 5 de Mayo, Lotería, Santo Tomás, Iglesia del Carmen, Vía Argentina, Fernández de Córdoba y la nueva del Ingenio.

Posteriormente, en el área de la intersección de la Avenida Fernández de Córdoba con la vía Transísmica, se inicia la sección de transición entre el tramo subterráneo y el tramo elevado. Esta sección de transición, se denomina Trinchera Norte.

A partir de la Trinchera Norte, se inicia el tramo elevado del Proyecto, en donde los trenes inician el recorrido por medio de vías elevadas montadas sobre estructuras de viaductos metroviarios.

Este tramo elevado inicia con la construcción de la estación 12 de Octubre, y sucesivamente le siguen las estaciones: Pueblo Nuevo, San Miguelito, Pan de Azúcar, Los Andes y



Estación elevada

Estaciones elevadas

Estación	Cota calle	Cota nivel andén	Altura (m)	Observación
12 de Octubre	32,50	43,93	11,43	No incluye techo
Pueblo Nuevo	21,81	36,95	17,14	No incluye techo
San Miguelito	24,00	42,98	18,98	No incluye techo
Pan de Azúcar	46,50	61,64	15,14	No incluye techo
Los Andes	55,49	70,63	15,14	No incluye techo
San Isidro	89,63	102,90	13,27	No incluye techo

San Isidro. Este último punto mencionado es considerado la estación final de la Línea 1 del Metro de Panamá.

Estaciones:

- 2 terminales
- 2 de transferencia con otros medios de transporte y para líneas futuras.
- 10 son de paso, con longitud de andén de hasta 110

metros, dependiendo de las características y conformación final de trenes.

- Una instalación de Patios y Talleres, en el extremo de la línea en el sector de Albrook, desarrollada en un área aproximada de 10 hectáreas. En esta misma área está ubicado el Centro de Control de Operaciones (CCO).
- Su modalidad de operación es altamente automatizada, con sistema de detección y seguimiento a través de tecnología punta.



Estación Vía Argentina

Beneficios

- Se trata de un sistema moderno que mejora la comunicación metropolitana y reduce notablemente el tiempo en los desplazamientos, mejorando decisivamente la calidad de vida de los ciudadanos, que en tan sólo 23 minutos pueden completar el recorrido entre las dos estaciones término de la línea.
- Dispone de una vía exclusiva, la velocidad promedio de recorrido del Metro es superior a la de otros modos de transporte, lo que reduce significativamente el tiempo de viaje.
- Al utilizar electricidad como fuente de energía no emite gases contaminantes, por lo que no afecta las condiciones ambientales de la ciudad.
- Cuenta con sistemas de control automáticos que impide la colisión entre trenes, sistema de vigilancia y seguridad.



Estaciones subterráneas

Estación	Longitud	Ancho (m)	Profundidad (m)	Excavación (m ³)
5 de Mayo	115,00	49,680	19,20	22,50
Lotería	100,00	40,281	19,20	20,98
Santo Tomás	115,00	48,664	19,20	22,04
Iglesia del Carmen	115,00	48,645	21,15	20,00
Vía Argentina	115,00	53,776	21,50	21,75
Fernández de Cordoba	115,00	42,444	17,60	20,88
Ingenio	115,00	31,682	14,50	19,00
	39,00	5,446	7,35	19,00
		320,621		



Estación elevada

- Alrededor de las estaciones se desarrollaron facilidades peatonales y mejoras en las áreas para encuentros.

Capacidad

La línea 1 del Metro de Panamá fue diseñada para manejar la capacidad de hasta 15.000 personas por hora sentido en su inicio y crecerá hasta 40.000 personas por hora sentido en el año 2035.

Consortio

Este megaproyecto fue adjudicado al Consorcio formado por FCC y la brasileña Odebrecht, ambas empresas con una vasta experiencia en la construcción de metros a nivel mundial y con una fuerte presencia en Panamá, mediante un proceso de licitación pública en el que fue calificado como el mejor proyecto de diseño de ingeniería, construcción de obra civil, instalaciones auxiliares de línea / estaciones y de suministro e instalación del sistema integral ferroviario.



Vías, andenes y trenes

Experiencia, profesionalidad y trabajo en equipo

Casi más de 5.000 personas han trabajado en el metro, de los cuales el 90 % han sido mano de obra local. Éste ha sido un proyecto multicultural en el que han participado 20 nacionalidades diferentes.

El equipo de FCC ha aportado su experiencia, su tecnología y su metodología constructiva en este proyecto para hacerlo realidad.

El trabajo en equipo ha sido esencial para acometer la construcción de la obra con éxito. **ROP**

Conexión ferroviaria AirportLink, Florida (Estados Unidos)

Julio Alberto Alia, director para USA región Sur. OHL USA

Resumen

Constituye la primera fase del proyecto de ampliación del metro de Miami a través de la nueva línea Orange Line. Se trata de la primera obra de construcción en el sector ferroviario que consigue una empresa española en Estados Unidos.

El tramo tiene una longitud de 3,8 km y entre sus actuaciones principales destacan la construcción de una línea elevada de vía doble, parte de la cual se ha ejecutado mediante dovelas prefabricadas, la estación de pasajeros de última generación de tres niveles MIC de Metrorail y los sistemas correspondientes para la coordinación y la integración del nuevo tramo con el actual sistema de Metrorail.

Palabras clave

Ferrocarril, sostenibilidad, tecnología, seguridad, comunidad

Abstract

It represents the first stage of the extension project for the Miami Subway through the new Orange Line. It is the first construction project in the railway sector achieved by a Spanish company in the United States.

The section is 3.8 kilometers long and includes the construction of a raised two-lane line, part of which has been constructed with prefabricated keystones, a cutting-edge three-level passenger station, MIC, Metrorail and the necessary systems to coordinate and integrate the new section with the current Metrorail system.

Keywords

Railway, sustainability, technology, safety, community



Interior de la estación

Introducción

AirportLink es uno de los proyectos más significativos y con mayor presupuesto del Sur de Florida. OHL de la mano de sus filiales, Community Asphalt y OHL Building, llevaron a cabo la ejecución del proyecto que se convirtió en el primer contrato de una empresa española en el sector ferroviario de Estados Unidos.

AirportLink consiste en 39,6 kilómetros (km) de longitud y su construcción está prevista abordarse en tres etapas. El contrato adjudicado a OHL por Miami-Dade Transit fue un tramo de 3,8 km y constituyó la primera fase del proyecto. Se realizaron como actuaciones principales la construcción de una línea elevada de doble vía que conectará la estación existente, Earlington Heights de Metrorail, con el Miami Intermodal Center del aeropuerto de Miami, la

estación de pasajeros MIC de Metrorail, de tres niveles, y los sistemas operativos correspondientes para la coordinación y la integración del nuevo tramo con el actual sistema de Metrorail.

Este tren urbano elevado fue un proyecto lleno de retos que contribuyó al desarrollo con más de 600 millones de dólares y dotó a la ciudad de Miami de un transporte cómodo y rápido, que mejoró la accesibilidad de la ciudad al aeropuerto, logrando que los más de 30 millones de pasajeros anuales lleguen, en poco menos de 20 minutos, al centro de la ciudad.

Se trata de 3,8 km de vía de estructura elevada con más de 15 puntos de afección sobre las cuatro vías más importantes de Miami.



Trenes a nivel



Vista lateral

Por su condición de construcción elevada en un área muy poblada y gran concentración de infraestructuras, se consideró la seguridad uno de sus pilares fundamentales. Dicho esfuerzo fue recompensado con la obtención de OSHA's VPP (Voluntary Protection Program), una de las certificaciones más importantes en los Estados Unidos en materia de seguridad.

Además, a lo largo de los años de construcción del proyecto se participó en varios programas de ayuda a la comunidad.

Descripción general

El proyecto se inició en abril de 2009 y finalizó en 2012. Se trata de la mayor ampliación del Metrorail desde la apertura del sistema originario en 1984. Los principales componentes del proyecto fueron la construcción de una estación de última generación multinivel, la línea ferroviaria elevada, parte de la cual se construyó mediante dovelas prefabricadas, los sistemas operativos, viales, tres subestaciones eléctricas de tracción, nuevas carreteras, reconstrucción de carreteras existentes y demás obras complementarias.

La ruta elevada discurre por una zona principalmente industrial, incluyendo el complicado cruce elevado sobre el río Miami, así como por carreteras principales.

Estos cruces presentaron desafíos logísticos especiales. El cruce del río de Miami necesitó el uso de una barcaza con una plataforma para levantar las dovelas del puente, así como la coordinación con la guardia costera de los Estados Unidos. Para el resto de cruces, tuvo que emplearse grúas específicamente para ese fin, hacerse largos desvíos, complejos cambios de tráfico y cierres de carriles mediante largas y complejas coordinaciones con la Autoridad de Autopistas de Miami-Dade y el personal especializado en señalización de ferrocarriles. Además, el cruce sobre la línea Metrorail implicó el uso de tres grúas y requirió una transferencia de las vigas en el aire cuando se instalaron en el puente.

Estación

La estación es una estructura multinivel formada por un espacio adoquinado a nivel del terreno, un nivel intermedio de transición y una plataforma donde se produce la llegada y salida de los trenes.



Detalle de infraestructura

La estructura de 7.246,43 m² tiene un diseño abierto al aire libre con vistas desde la plataforma del tren a elementos emblemáticos de la ciudad de Miami. El pabellón principal de la estación se trata de una moderna estructura metálica de forma cilíndrica que gira y se contorsiona a la vez.

La cubierta metálica se modeló mediante el uso de un complejo *software* de diseño y culminó con la creación de una estructura de apoyo constituida por 11 costillas de acero, unidas por medio de perfiles metálicos desarrollados por ZEPP (Zahner Grupo de Ingeniería Perfilada).

La cubierta principal se compone de un total de 156 paneles que se asemejan a vigas curvadas de acero. Debido a la forma curvilínea de la cubierta, cada panel fue modelado y fabricado con una geometría totalmente única.

Además, la cubierta se encuentra en una zona donde en verano existe la posibilidad de fuertes huracanes y por eso se les realizaron varias pruebas en un túnel de viento a los diseños de los paneles para que pudiesen soportar vientos de 400 kilómetros por hora.

Simultáneamente a la construcción de la estación, se construyó una pasarela peatonal, un puente peatonal cerrado de grandes dimensiones.

Los retos más importantes fueron: la construcción en un área con cierto grado de suelos contaminados, el montaje de dos estructuras totalmente diferentes y complejas entrelazadas en el área de la estación, una soportando la cubierta y otra la vía, y trabajar en las proximidades del ferrocarril.

El tratamiento y la eliminación de los contaminantes en los suelos excavados y en el agua del nivel freático plantearon un obstáculo primordial en la construcción de los cimientos. El agua se bombeó a los tanques de sedimentación, se analizó y fue transportada en camiones cisterna a una planta de tratamiento especializada fuera del área de trabajo.

Pero el reto más importante fue la construcción de la estructura de la estación a una distancia de 7,5 metros de las vías del ferrocarril CSX. Fue necesaria la construcción de una grúa específica y CSX, además, obligó durante todo el proceso al uso de banderas en comunicación constante

por radio, para dar a conocer a todos los operadores del equipo la entrada y salida de los trenes. Cada vez que un tren iba o venía, todos los operadores del equipo estaban obligados a suspender su trabajo hasta la salida del tren.

Otra tarea complicada fue la construcción de una estructura totalmente independiente para el vial, que entraría plenamente en la estación pero sin tener contacto físico con ella.

Primero se construyó la subestructura de la cubierta y del vial. Una vez que las vigas de la estructura que soporta la vía fueron colocadas en su lugar y el tablero fue hormigonado, se pudo construir la cubierta de la estación. La unión entre la estación y las vías ferroviarias tuvo que ser extremadamente precisa ya que el nivel de los trenes de pasajeros necesitaba estar a la misma altura que la plataforma de la estación y el lado del tren a menos de 7,3 centímetros del borde de la plataforma.

Estructura de vía

La columna vertebral del proyecto fue la estructura elevada de doble vía de 3,8 km, donde el promedio de altura sobre el suelo es de unos 14 metros (m), y el punto más alto se encuentra se encuentra aproximadamente a unos 19 m.

La estructura se clasifica en dos tipologías: en torno a 1,6 km fueron construidos con dovelas prefabricadas sobre pilotes in situ con estribaciones recuperables, y aproximadamente 2,2 km fueron construidos con vigas prefabricadas sobre pilotes in situ barrenados.

El diseño de la estructura involucró una compleja red de cableado y protección catódica, que implicó que no pudiese haber ningún objeto metálico exterior que descansase directamente sobre la parte superior o que penetrase en el tablero, sin estar aislado mediante el uso de un material con alta resistividad eléctrica.



Estructura elevada del vial



Interior de la estación

Por ello, en lugar de acero se utilizaron polímeros reforzados con fibra de vidrio (FRP), que es un material no conductor que debe llegar desde el fabricante en su forma final, ya que no es un material flexible que se pueda modelar.

Sistemas

Otro punto importante de este proyecto fueron los sistemas operativos que se desglosan en tres grandes subdivisiones: control del tren, electrificación y comunicaciones.

Tras el accidente ocurrido en el año 2009 en Washington a causa de un fallo en el sistema de control de trenes, se trabajó de forma incansable en colaboración con el cliente para implementar las modificaciones requeridas

en el *software* de control de trenes y entregar un sistema seguro de última generación a los viajeros.

Seguridad

La seguridad fue un factor primordial y tomó todavía mayor importancia cuando el proyecto optó a la certificación OSHA, que supone el más alto reconocimiento en materia de seguridad. Se cumplió el plan a la perfección y todo este trabajo fue premiado con la certificación y además se obtuvieron reconocimientos por alcanzar 2.000.000 horas/hombre y 900 días sin incidentes con resultado de baja laboral. AirportLink se convirtió en uno de los únicos tres proyectos existentes en el estado de Florida con dicha certificación. **ROP**

Los túneles carreteros de Legacy Way en Brisbane (Australia)



Rolando Justa Cámara

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Director del departamento de Túneles y Trabajos Marítimos en Acciona Infraestructuras S.A.

Resumen

Este artículo trata de describir el proyecto inaugurado recientemente en el mes de junio, denominado Legacy Way, consistente en un doble túnel carretero de 4,6 kilómetros de longitud que une la autopista occidental de Toowong con la carretera de circunvalación de Kelvin Grove, en Brisbane (Australia). El proyecto ha alcanzado un coste de 1.500 millones de dólares australianos. En la construcción se han usado dos tuneladoras doble escudo de 12,40 metros de diámetro de perforación. Este proyecto ha conseguido diversos premios relacionados principalmente con la innovación:

- Lord Mayor's 2012 Award for Business Innovation.
- Gran Proyecto de Construcción de Túneles del año 2013. Este premio fue entregado en Londres el 26 de noviembre de 2013, en la ceremonia de los Premios Internacionales de la ITA (International Tunnelling Association).
- Infrastructure Partnerships Australia (IPA), forum líder de la industria de la construcción, nominó el Proyecto Legacy Way como "Project of the Year 2015" por las innovaciones introducidas y la búsqueda de la excelencia en el transcurso general del proyecto.

Palabras clave

Túneles urbanos, tuneladoras doble escudo, roca de alta resistencia a compresión, innovación

Abstract

The article describes the recently opened \$1.5 billion Legacy Way project, consisting of a 4.6 kilometre long twin-bored road tunnel connecting the Western Freeway at Toowong with the Inner City Bypass at Kelvin Grove, in Brisbane, Australia. Two 12.4 metre diameter double-shield TBM's were employed in the construction of the tunnels.

The project has garnered a number of awards, mainly in terms of innovation:

- Lord Mayor's 2012 Award for Business Innovation.
- Major Tunnel Project of the Year - 2013. Awarded in London on 26 November 2013 at the ITA (International Tunnelling Association) International Award ceremony.
- Infrastructure Partnerships Australia (IPA), Australia's leading forum for the construction industry, named the Legacy Way Project as "Project of the Year 2015" for the innovations introduced and the search for excellence throughout the course of the project.

Keywords

Urban tunnels, double-shield TBMs, high compressive strength rock, innovation

Descripción del proyecto

Los túneles del proyecto Legacy Way forman parte de un ambicioso proyecto de la Municipalidad de Brisbane, en Australia, para reducir la congestión del tráfico en las vías urbanas en superficie de la ciudad, reduciendo a la mitad los tiempos de viaje entre el este y el oeste de la misma. Brisbane es la capital del estado de Queensland, situada en el noreste de Australia, y es actualmente la tercera ciudad por población de Australia con aproximadamente 2 millones de habitantes.



Plano de situación de los túneles



Detalle de diseño del portal oeste, incluida la ampliación del jardín botánico



Portal oeste una vez abierto al tráfico



Detalle de diseño del portal este en su conexión con el bypass

Para el diseño, construcción y mantenimiento de esta infraestructura, el cual, tal como estipula el contrato, se extiende por un periodo de 10 años, se creó la unión temporal de empresas “Transcity Joint Venture” formada por la empresa local BMD Constructions, la italiana Ghella y la española Acciona Infraestructuras, siendo Acciona Infraestructuras la empresa que lidera dicho consorcio.

Los dos túneles discurren paralelos, y tienen una longitud aproximada de 4,6 kilómetros cada uno con un diámetro interior del revestimiento de hormigón de 11,30 metros, habiéndose empleado para su perforación y revestimiento dos tuneladoras doble escudo para roca dura.

Las tuneladoras han tardado 10 meses en completar la excavación de los túneles, e iniciaron su trabajo, una de ellas en agosto de 2012 y la otra en octubre de 2012.

La construcción de los túneles del proyecto Legacy Way ha marcado nuevos hitos de referencia en la excavación de túneles a nivel mundial, no solo por los records en cuanto a velocidad de excavación obtenidos, sino por la implementación de nueva tecnología y el empleo de nuevas prácticas sostenibles, elementos consustanciales con los valores de Acciona.

Unidades de obra principales

- Movimiento de tierras: 2 millones de toneladas de roca.

- Portales de entrada a los túneles: 1.200 pilotes de hormigón armado para contención de tierras en los emboquilles.

- Pavimento: 185.000 m² de asfalto.

- Ventilación de los túneles: 98 ventiladores de chorro en conjunto.

Las tuneladoras

La elección de las tuneladoras para efectuar la excavación del túnel parte de la idea inicial de reciclar dos tuneladoras Herrenknecht tipo doble escudo usadas previamente en el proyecto del túnel CLEM7 de Brisbane completado en el año 2010. Las máquinas fueron restauradas y modificadas según nuevos criterios:

1. Acceso al frente mediante vehículos sobre neumáticos.
2. Uso de un sistema de descarga rápida de dovelas para la aceleración del ciclo de construcción.
3. Uso de mortero bicomponente como relleno de trasdós del revestimiento, innovación a nivel mundial en un túnel en roca.

Posteriormente, fueron rebautizadas estas, habiendo logrado con ello que los túneles del proyecto Legacy Way fueran uno de los proyectos de reciclaje de mayor enver-



TBM instaladas en el portal de arranque

gadura de Australia y además que los procesos de excavación de ambos túneles alcanzaran resultados realmente exitosos.

El diámetro de la rueda de corte era de 12,4 m, longitud equivalente a la altura de un edificio de 4 pisos.

Cada una de las tuneladoras con los remolques de apoyo tiene una longitud de 110 m aproximadamente.

Cada tuneladora con sus remolques de apoyo pesa 2.800 toneladas aproximadamente.

Han sido necesarios 90 camiones de gran tamaño para transportar las piezas al pozo de ataque.

Las tuneladoras han excavado aproximadamente 1 millón de metros cúbicos de roca.

En la Geología atravesada por la excavación predominan las filitas de las formaciones “Bunya Phyllite” y “Neranleigh-Fernvale”, comunes en los suburbios del oeste de Brisbane.

La formación “Bunya Phyllite” se extiende por la parte occidental y central del proyecto. Es relativamente uniforme en términos de litología, comprendiendo predominantemente filita con vetas ocasionales de cuarcita, con menor grado de metamorfismo que los esquistos de color verde. Estas rocas se pueden encontrar en secuencia de capas intercaladas como en estratos potentes. Esta formación muestra una foliación bien desarrollada.

La matriz de la filita tiene cuarzo contorsionado de color gris claro a gris oscuro, de las fases más tempranas de deformación. Esta constitución de la roca da lugar a un material poco alterado con una resistencia a compresión alta a muy alta.

La cuarcita de color gris claro a gris oscuro se encuentra en bancos potentes con foliación visible. Las zonas de cuarcita en la formación “Bunya Phyllite es probable que se hayan formado por alteración posterior o por precipitación de elementos ricos en sílice en los sedimentos originales.

La formación “Neranleigh-Fernvale” se extiende por la parte oriental del proyecto. Los estratos son más variables que los de la formación Bunya Phyllite” en términos de litología, y comprende estratos de filita, metagrauwaca, arenisca, arenisca cuarzosa, cuarcita y espilita, presentándose tanto en secuencias de capas intercaladas como en bancos potentes. Los contornos de las litologías son a menudo difusos y son frecuentes los cambios en granulometría.

Los estratos de la formación “Neranleigh-Fernvale” muestran menos evidencia de deformación post depósito (contorsión, plegamiento).

Tuneladora Anabell

Lleva el nombre de Annabell MacKinney, hija del difunto soldado de primera Jared MacKinney que resultó muerto en acción en Afganistán en 2010. Comenzó a excavar en agosto de 2012 y finalizó en junio de 2013.

Al final de su viaje los números de esta tuneladora han sido: 48 m el mejor día, máximo en una semana: 239,89 m,

y máximo en 30 días: 841,9 m. Esta máquina completó su trabajo dos meses antes de las previsiones del proyecto.

Tuneladora Joyce

Lleva el nombre de Joyce Tweddell, una enfermera que durante la Segunda Guerra Mundial, mostró un inmenso coraje tras permanecer detenida como prisionera de guerra en Sumatra durante tres años. Comenzó a excavar en octubre de 2012 y finalizó en abril de 2013.

Al final de su viaje los números de esta tuneladora han sido: 49,7 m en un día (Record del mundo), máximo en una semana: 253,80 m, y máximo en 30 días: 858,10 m. Completó su trabajo cinco meses antes de lo previsto en proyecto.

Instalaciones para el suministro de materiales a las tuneladoras

Transcity ha diseñado y construido todas las instalaciones y equipos necesarios dentro de la cadena de suministros de las tuneladoras para hacer frente a una producción de 50 m de perforación de túnel durante 20 horas de producción por día, lo que incluye:

Sistema de extracción del material excavado

Se emplea una cinta transportadora en cada túnel, más una cinta transversal conjunta para el transporte continuo del material excavado de los túneles a la cantera de Mont Coot-tha.



Boca del túnel para ubicación de la cinta de descombro



Detalle del extendido de material en la cantera



Cinta distribuidora del escombros en la cantera

Esta cinta conjunta tiene una longitud de 870 m, de los cuales 560 m son subterráneos, reduciendo así en algo menos de la mitad la longitud de recorrido de los materiales excavados en el proyecto original. Este diseño de evacuación de escombros y reutilización de los mismos en la recuperación de una antigua cantera propuesto por el Consorcio al Cliente ha sido el fundamento de uno de los premios otorgados por la Municipalidad de Brisbane a la innovación.

Los beneficios de este innovador diseño

- Disminución de la contaminación por el polvo a la comunidad cercana al portal de inicio y reducción de las afecciones a la vegetación del jardín Botánico.
- Disminución del ruido al realizarse el transporte en túnel, sin necesidad de camiones.

- El material se transfiere en un solo movimiento desde el túnel hasta su destino final en la cantera.
- La salida del material se realiza en el punto más bajo de la cantera, lo que disminuye aún más el impacto de polvo.
- Eliminación de 96.000 movimientos de camiones en las carreteras adyacentes con la consiguiente reducción de emisiones de CO₂ a la atmosfera e interferencias de tráfico consiguientes.

Fábrica de dovelas prefabricadas

Para la fabricación de dovelas, se estableció un fábrica en Wacol a mediados del 2011. En este parque se produjeron, controlaron y almacenaron más de 38.700 dovelas de hormigón ligeramente armado, pero reforzado con fibras metálicas de alta eficiencia, antes de ser transportadas para su empleo como revestimiento definitivo del túnel.

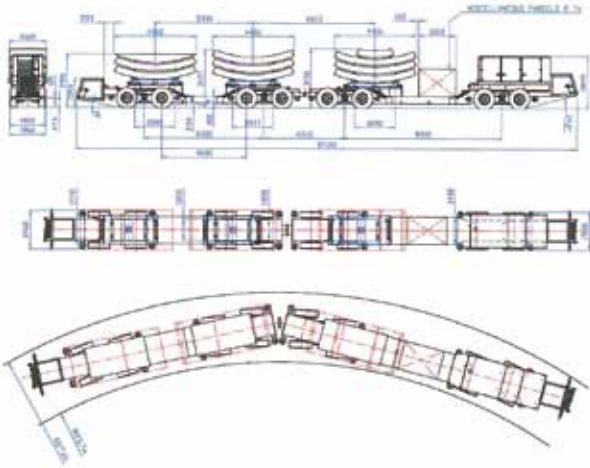


Acopio en portal de arranque de las TBM

- Cada dovela prefabricada tenía un espesor de 35 centímetros y 2 metros de ancho y un peso máximo de 7,5 toneladas.
- Se tarda aproximadamente 10 minutos en la fabricación de una dovela
- El anillo de revestimiento utilizado era de tipo universal y estaba constituido por ocho dovelas más una dovela de clave.
- Han sido instalados algo más de 4.300 anillos completos
- Han sido empleados más de 105.000 metros cúbicos de hormigón en la fabricación de las dovelas.
- Se ha utilizado un camino de rodadura constituido por dovelas prefabricadas de base de 4,50 m de ancho, reforzadas solo con fibras sintéticas estructurales.



Planta de fabricación de dovelas de revestimiento



Alimentación de dovelas con vehículos sobre neumáticos

- El promedio de fabricación fue de 17,4 anillos al día, correspondientes a 157 dovelas el mejor mes y se consiguió finalmente una tasa de rechazo de solo el 1 %.

Plantas para la fabricación y suministro continuo de mortero bicomponente

Para rellenar el espacio anular entre la excavación del túnel y el trasdós del anillo de dovelas hace falta suministrar mortero fluido de forma continua. Este material es un mortero de dos componentes que se suministra mediante un sistema de bombas y una red de tuberías desde la planta de fabricación hasta el lugar de colocación en la tuneladora con el fin de disminuir los movimientos de tráfico de vehículos dentro del túnel ya de por sí bastante numerosos.



Planta de elaboración del mortero bicomponente

El empleo del mortero de 2 componentes ha sido un desafío, no solo porque no existía experiencia en tuneladoras de gran diámetro en roca dura, sino porque había que conseguir que la mezcla tuviera la viscosidad adecuada para garantizar que todo el vacío detrás de las dovelas se llenara por completo y que el tiempo de gelificación fuera el óptimo para que el mortero no fluyera por detrás del escudo y evitar así la posible obstrucción de las tuneladoras.

Los beneficios del empleo del mortero bicomponente han sido:

- Inyección a sección completa, usando las toberas del escudo de cola conjuntamente con las toberas existentes en las dovelas en la parte alta del revestimiento.
- 100 % de relleno de los huecos de trasdós.
- Mejora de la impermeabilización del trasdós del revestimiento.
- Minimización del movimiento de vehículos en el interior del túnel ya que el mortero es bombeado desde el exterior, sin necesidad de estaciones de rebombeo.

Equipamiento del túnel

Galerías Transversales: Éstas conectan los túneles paralelos y actúan como salidas de evacuación en caso de emergencia. Las galerías transversales se encuentran a intervalos de 120 metros y están claramente marcadas con señalización direccional y de seguridad.

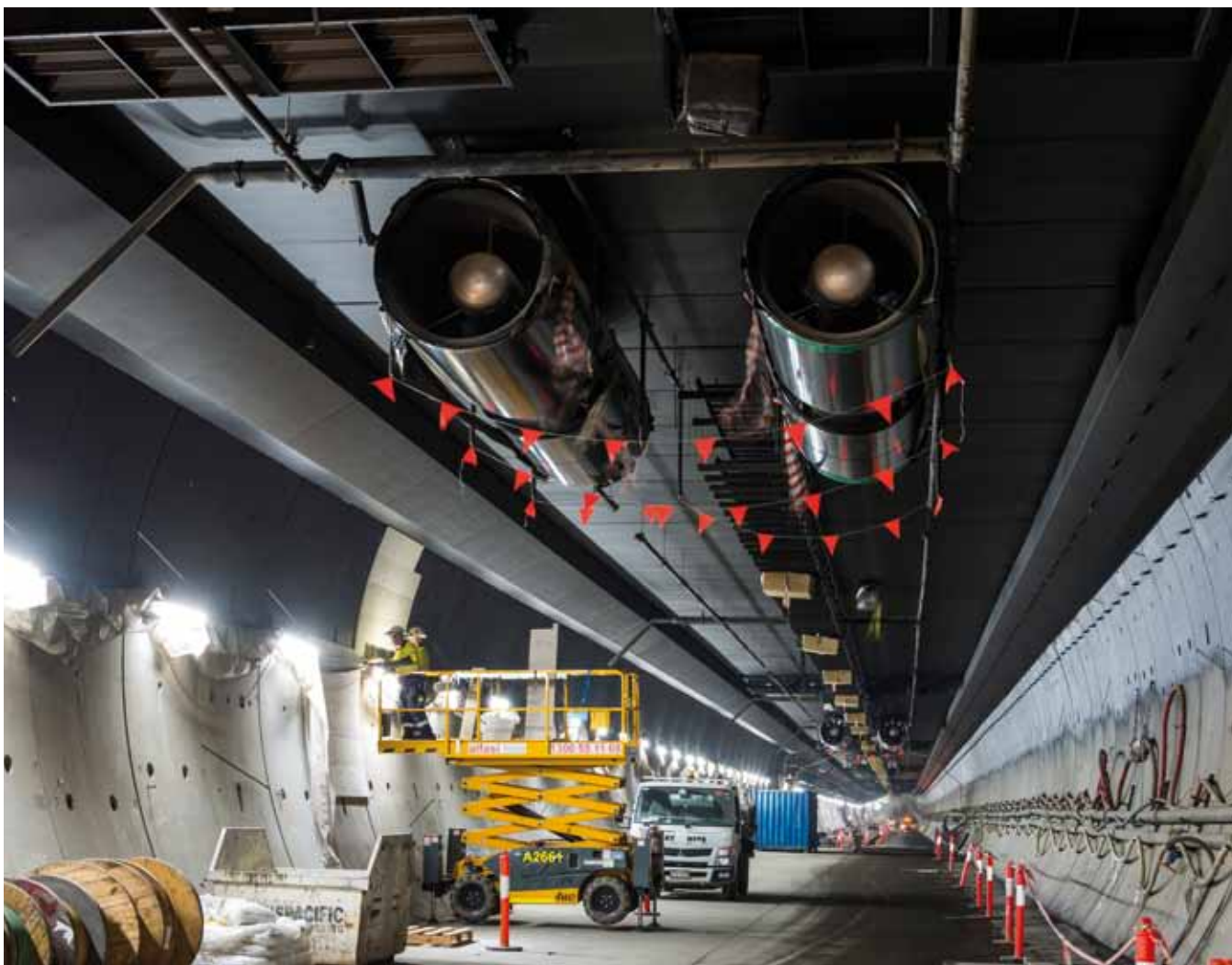
Se han construido un total de 37 galerías siguiendo el proceso constructivo siguiente:

- **Subestaciones Eléctricas:** estas son necesarias para la distribución del suministro de electricidad en los túneles. Las subestaciones eléctricas reciben la electricidad en alta tensión y en ellas se baja el voltaje y se distribuye la energía a la red eléctrica de los túneles, dando servicio a los equipos mecánicos y eléctricos, incluyendo iluminación, ventiladores y sistemas de seguridad. Han sido necesarias la instalación de 2 subestaciones eléctricas a lo largo del trazado de los túneles.

- **Equipamiento Mecánico y Eléctrico:** está formado por el equipamiento necesario para proporcionar una con-



Entrada de galería transversal



Instalación de equipos

ducción segura a los usuarios de la infraestructura y se plasma en la instalación de plataformas elevadas. Estas se utilizan para el soporte de ventiladores para la ventilación y el control de humos en caso de emergencia, cámaras, sinaléptica de túnel, altavoces, luces, cableado, sistemas de megafonía, circuito cerrado de televisión (CCTV), tuberías de agua así como la red contra incendios.

Se han instalado 98 ventiladores de chorro, más los ventiladores instalados en las torres de ventilación, junto con teléfonos de emergencia cada 60 metros. **ROP**

Autopista Noi Bai-Lao Cai (Vietnam)



Francisco Javier de Bonifaz Barrio
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Director de la Supervisión. Getinsa-Payma



Carlos Martín-Sonseca García
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Jefe de Oficina Técnica de la Supervisión.
Getinsa-Payma

Resumen

La autopista Noi Bai-Lao Cai, de 244 km de longitud, abierta al tráfico en septiembre de 2014, está situada en el noroeste de Vietnam y conecta la capital Hanoi con la frontera china. La inversión, proporcionada por el Banco Asiático de Desarrollo, ha sido de 1.200 millones de euros, incluyendo programas sociales, y su ejecución ha supuesto un gran reto debido a su magnitud, dificultad de acceso y complicadas condiciones geotécnicas. La empresa española Getinsa-Payma S.L. ha sido la responsable de la supervisión de los trabajos.

Palabras clave

Vietnam, autopista, desarrollo, complejidad, supervisión

Abstract

The 244 km long Noi Bai-Lao Cai Highway, opened in September 2014, is set in north-west Vietnam and links Hanoi to the Chinese border. The road and associated social infrastructure was funded by a 1,200 million Euro investment by the Asian Development Bank. The road construction posed a considerable challenge on account of its scale, difficulty of access and complicated geotechnical conditions. The Spanish company Getinsa-Payma S.L were responsible for the supervision of the construction works.

Keywords

Vietnam, highway, development, complexity, supervision

Introducción

El 21 de septiembre de 2014, con la presencia del primer ministro de la República Socialista de Vietnam y el embajador de España, fue abierta al tráfico en toda su longitud la autopista Noi Bai-Lao Cai, en cuya construcción ha participado la empresa española Getinsa-Payma S.L llevando a cabo la dirección de las obras.

Con una longitud total de 244 km, la autopista Noi Bai-Lao Cai es la más larga de Vietnam. La nueva ruta acorta el tiempo de viaje en coche de diez a tres horas, entre Hanoi, la capital del país, y Lao Cai, principal frontera con China, y lo hace en condiciones de comodidad y seguridad, en contraste con la peligrosidad de la ruta existente hasta entonces. La autopista, parte del Corredor Internacional de Transporte Kunming-Haiphong, da acceso al puerto de Haiphong a los bienes producidos en las provincias suroccidentales chinas de Yunnan y Sichuan, y mejora las comunicaciones y estructuración del territorio de la zona noroccidental de Vietnam.

La inversión del proyecto ha ascendido a 1.200 millones de euros, incluyendo 976 millones en obra civil e insta-



Plano de situación y características principales



Vista de la autopista en el área del delta del Río Rojo. Sección Noi Bai-Yen Bai



Inauguración de la autopista el 21 de septiembre de 2014



Vista de la autopista junto al Río Rojo. Sección Yen Bai-Lao Cai

laciones y 147 millones en expropiaciones y programas sociales y ha sido proporcionada por el Banco Asiático de Desarrollo (ADB). La autopista Noi Bai-Lao Cai es el proyecto de carreteras más grande financiado por el ADB en toda su historia.

Ejecución del proyecto y características principales

La autopista tiene 244 km de longitud de nuevo trazado y 10 enlaces, con una sección tipo de dos carriles por sentido en los primeros 123 km y de carretera convencional bidireccional de dos carriles en los 121 km restantes, en los que se ha construido la explanación para su ampliación a cuatro carriles en una segunda fase. El sistema de explotación es de peaje con acceso controlado. Las motos, principal medio de transporte en Vietnam, tienen prohibido el acceso incluso en la zona bidireccional. Se han construido 12 áreas de peaje, incluyendo en cada una las playas, edificios de control y viviendas, iluminación, comunicaciones y sistemas de control del tráfico y cinco áreas de servicio.

Los trabajos de construcción fueron divididos en ocho tramos, adjudicados a cinco contratistas: Posco E&C (Corea, tramos A1, A2 y A3); Keangnam Enterprises Co., Ltd. (Corea, tramos A4 y A5); Doosan Heavy Industries&Construction Co. (Corea, tramo A6); Guangxi Road and Bridge Construction Co. (China, tramo A7); y Vinaconex (Vietnam, tramo A8). Las instalaciones fueron adjudicadas a 10 contratistas locales. Getinsa-Payma fue seleccionada mediante concurso internacional como supervisora de todo el proyecto. Los trabajos en el tramo A1 comenzaron en julio de 2009, entrando en operación en diciembre de 2013. El resto de los tramos se abrieron a la circulación durante el año 2014.

Técnicamente, el mayor reto lo han supuesto las características geotécnicas del terreno. La primera mitad del proyecto discurre a través del delta del río Rojo y atraviesa numerosas zonas de suelos blandos, que han precisado tratamientos como sustitución de suelos, drenes verticales prefabricados, columnas de arena y pilotes prefabricados



Vista aérea del km 240. Sección Yen Bai-Lao Cai

hincados. Dentro del primer tramo de 90 km, 22,5 km (25 %) discurre sobre terraplenes ubicados sobre suelos blandos convenientemente tratados. La cimentación de las estructuras ha sido profunda, habiéndose construido 91 km de pilotes de hormigón armado de 1,00 y 1,50 metros de diámetro.

La parte norte del proyecto discurre paralela al río Rojo, ambos sobre la falla del mismo nombre, por una orografía montañosa. Se han ejecutado en los últimos 120 km, 32,5 km de desmontes de más de 15 metros de altura, sobrepasando los más altos los 100 metros. Estos desmontes han requerido complejos estudios de estabilidad y la aplicación de medidas estabilizadoras dadas las complicadas características del terreno por la presencia de numerosas fallas secundarias asociadas a la falla principal, y medidas protectoras frente a la erosión, dada la pluviometría tropical del área. En esta zona norte también se ha ejecutado un túnel de 530 metros de longitud, de extrema dificultad debido a la geología y a lo remoto de su ubicación.

Todas estas dificultades técnicas se vieron agravadas por la práctica ausencia de una red de carreteras en la margen derecha del río Rojo a partir de la ciudad de Yen Bai, en el km 120, hasta el final de la obra, km 244. Este hecho ha condicionado sobremedida la construcción, por la dificultad de los accesos para maquinaria y personal, acceso a veces imposible durante época de lluvias. Baste decir que durante los primeros tres años de los trabajos, la visita a los ocho tramos en los que se dividía la obra, precisaba de tres días de desplazamientos.

En total se han ejecutado 45.000.000 de m³ de excavación y 50.000.000 de m³ de terraplén, 121 puentes, dos de ellos sobre los ríos Lo y Rojo, de más de 800 metros de longitud, construidos por el método de voladizos sucesivos, un paso inferior de 680 metros de longitud bajo la carretera Nacional II, 368 marcos, 865 tubos de drenaje transversal, 4.200.000 m³ de base y sub-base, 1.600.000 Ton de mezclas bituminosas en caliente y 550.000 metros de barrera de seguridad.



Desmontes de más de 100 metros de altura. Km 209. Sección Yen Bai-Lao Cai

Lo impresionante de estas cifras da buena idea de la magnitud del proyecto, pero no refleja completamente la realidad de la complejidad de su ejecución y gestión. La construcción simultánea de 244 km de autopista de nuevo trazado, en una zona de con tan complicadas condiciones geotécnicas y de acceso, ha exigido un extraordinario esfuerzo de todas las partes implicadas: Ministerio de Transportes y la Vietnam Expressway Corporation (VEC) como cliente, las autoridades locales como representantes de los afectados, el Banco Asiático de Desarrollo (ADB) como financiador, Getinsa-Payma, S.L. como supervisor y los cinco contratistas principales.

Para medir esta complejidad en cifras, basta decir que, en los meses de mayor actividad constructiva, Getinsa-Payma S.L. movilizó 250 profesionales, entre internacionales y locales, simultáneamente, distribuidos en cuatro oficinas principales, 4 suboficinas de obra y una administrativa a lo largo de 300 km. Un total de 428 personas han participado en los trabajos de supervisión en los seis años de duración

del proyecto, siendo un 10 % (43) internacionales y de ellos, 27 ingenieros de Caminos.

Programas sociales asociados al Proyecto

Para la ejecución del proyecto ha sido necesario expropiar 2,062 Ha y afectar en diverso grado a 25,031 unidades familiares. En este sentido, los convenios de financiación del ADB son muy estrictos en los que se refiere a minimizar los efectos de los proyectos sobre los afectados: todos los afectados por el proyecto deben quedar tras su finalización en una situación igual a la que tenían antes del proyecto y siempre que sea posible, en una situación mejor, prestando especial atención a los colectivos más vulnerables: minorías étnicas, mujeres cabezas de familia, jubilados, inválidos de guerra y personas con ingresos mínimos o carentes de ellos.

Para cumplir con los requisitos de la política social del ADB se establecieron dos programas:



Personal de Getinsa-Payma S.L con uno de los galardones recibidos del Ministerio de Transporte

i) Reajamamiento, dedicado a compensar a todas aquellas personas afectadas por la expropiación de su vivienda. Se han construido 99 áreas de reajamamiento, todas ellas urbanizadas, comunicadas con las redes locales de carreteras y dotadas de agua potable, electricidad y saneamiento. Se han transferido fondos a los expropiados para construir sus nuevas casas y se les ha dotado un fondo de apoyo económico de seis meses de duración ampliables para apoyar todo el proceso de mudanza. Además todas las dotaciones públicas afectadas se han reconstruido mejorando sus características. Así se han construido escuelas, mercados y centros sociales y comunales. En los 74 distritos afectados se han establecido organismos de reclamación cercanos a los afectados, para que reclamaran en caso de que consideraran que sus derechos no estaban siendo respetados de alguna forma.

La inversión total para la adquisición de terrenos, construcción de áreas de reajamamiento y apoyo a los afectados ha sido de 140 millones de euros.

ii) De restauración de ingresos, dirigido a familias que perdieran más del 10 % de sus ingresos habituales, para su recuperación mediante actividades alternativas. Se han

invertido 6 millones de euros en cursos de capacitación y donación de los materiales necesarios para actividades como cría de ganado vacuno, porcino, conejos, aves, peces, talleres de reparación de motocicletas y bicicletas, talleres de costura, de carpintería, de reparación de electrodomésticos, etc.

Conclusión

La autopista Noi Bai-Lao Cai ha sido uno de los retos más importantes para la ingeniería del sudeste asiático por su magnitud, las complicadas condiciones del terreno y la ausencia de infraestructuras de acceso en la zona. Además de estructurar el territorio, su puesta en funcionamiento está induciendo un efecto dinamizador de la economía, mejorando drásticamente las comunicaciones nacionales e internacionales al reducir el tiempo de recorrido de 10 a 3 horas y en unas condiciones de circulación considerablemente más seguras.

La ingeniería española, mediante la empresa Getinsa-Payma S.L., ha sido protagonista destacado en este extraordinario esfuerzo de la República de Vietnam por mejorar su red de transporte, su economía y, sobre todo, la calidad de vida de su población. **ROP**

Puente sobre el Danubio Vidin-Calafat (Bulgaria)



Rafael Huerga

Ingeniero civil.

Jefe de obra del puente Vidin-Calafat en FCC

Resumen

El puente sobre el Danubio Vidin-Calafat es un proyecto desarrollado por FCC Construcción y diseñado por la ingeniería española Carlos Fernández Casado. Consiste en un puente carretero y ferroviario entre las poblaciones de Vidin (Bulgaria) y Calafat (Rumanía). El puente atraviesa el Danubio, constituyéndose en el segundo nexo sobre este río entre ambos países y forma parte del Corredor IV, que enlaza Dresde (Alemania) con Estambul (Turquía).

Palabras clave

Puente, Danubio, Vidin, Calafat, Bulgaria, Rumanía, Rafael Huerga, FCC, FCC Construcción, carretero, ferroviario, Corredor IV

Abstract

The Vidin-Calafat Bridge over the Danube was built by FCC Construcción and designed by the Spanish engineering firm Carlos Fernández Casado. This road and rail bridge connects the cities of Vidin (Bulgaria) and Calafat (Romania) and is the second bridge on the shared section of the Danube between the two countries. The bridge forms part of the Pan-European Corridor IV running between Dresden (Germany) and Istanbul (Turkey).

Keywords

Tun Bridge, Danube, Vidin, Calafat, Bulgaria, Romania, Rafael Huerga, FCC, FCC Construcción, road, rail, Corridor IV

El 14 de junio de 2013, en la frontera entre Bulgaria y Rumanía, se abrió al tráfico el puente sobre el Danubio Vidin – Calafat, también conocido como ‘Danubio 2’, el ‘New Europe Bridge’. El proyecto está desarrollado por FCC Construcción, con recursos europeos a fondo perdido del programa ISPA (Instrumento de Política Estructural de Preadhesión) y con financiación del Banco de Inversión Europeo, de Francia y de Alemania.

Se trata de un puente para tráfico combinado, autovía y ferrocarril, y tiene una longitud total de 1.951 metros y 31,35 metros de anchura. Consta de cuatro carriles para

circulación rodada, ferrocarril de vía sencilla electrificada, carril bici y dos aceras para peatones y servicio. Todo en un tablero único.

El proyecto está formado por tres partes claramente diferenciadas: la construcción de un puente sobre el canal navegable, la construcción de un puente sobre un canal no navegable y la construcción de un puente de acceso ferroviario.

1. Puente sobre el canal navegable

El puente sobre el canal navegable es una estructura extradossada, compuesta por 4 pilonos, con altura variable



Vista del puente aguas abajo



Puente sobre el danubio. Obra acabada



Vista nocturna



Proceso de construcción

entre 39 y 45 metros sobre encepados, que consta de 5 vanos de 124, 180, 180, 180 y 115 metros de longitud.

La sección tipo del tablero en esta zona consta de cuatro carriles de autovía de 3,25 metros cada uno, arcenes a ambos lados de 50 cm, una parte central sobre la que va el ferrocarril de 6 metros, carril bici en uno de los laterales y aceras, teniendo una anchura total de 31,35 metros.

El tablero está formado por dovelas prefabricadas de hormigón, de 4,18 metros de espesor, y un peso aproximado de 250 Tn cada una.

La cimentación está formada por pilotes de hormigón armado, de 2 metros de diámetro, hasta una profundidad máxima de 80 metros bajo cota de encepado.

2. Puente sobre el canal no navegable

El puente sobre el canal no navegable está formado por 8 pilas con altura variable entre 3 y 20 metros, que consta de siete vanos de 80 metros y un vano de 52 metros de longitud.

La sección - tipo del tablero en esta zona es igual a la existente en el puente sobre el canal navegable. El tablero está formado por dovelas prefabricadas de hormigón, de 2,15 metros de espesor, con un peso aproximado de 100 Tn, cada una.



Vista nocturna del viaducto en avanzado estado de construcción



Vías en tramo de puente



Vías entre calzadas

La parte correspondiente a los voladizos laterales en esta zona del puente se ejecutó empleando encofrados de carros de alas.

La cimentación está formada por pilotes de hormigón armado, de 2 metros de diámetro, hasta una profundidad máxima de 72 metros bajo cota de encepado.

3. Puente de acceso ferroviario

El puente de acceso ferroviario está formado por 13 pilas, de 12 metros de altura máxima, con doce vanos de 40 metros y uno de 32 metros de longitud. De éstos, 10 vanos se encuentran sobre el lado búlgaro, y tres vanos sobre el tablero del puente sobre el canal no navegable.

El tablero ferroviario presenta una sección tipo de 8,60 metros de ancho, con un canto de 1,89 metros. Se trata de un tablero de hormigón postesado in situ.



Vista desde la mota de retención de crecidas

La cimentación está formada por pilotes de hormigón armado, de 2 metros de diámetro hasta una profundidad máxima de 61 metros bajo cota de encepado.

La velocidad de diseño de la autovía es de 100 km/h, presentando una pendiente máxima del 4,00 % y la velocidad de diseño del ferrocarril es de 160 km/h, con radio mínimo en horizontal de 1.500 metros y una pendiente máxima del 1,25 %. El carril empleado es del tipo UIC-60.

Accesos al puente sobre el Danubio

Los accesos al puente sobre el Danubio comprenden la construcción de la autovía y el ferrocarril de acceso al puente, en el lado búlgaro. Constan de 9 kilómetros de autovía y 16 kilómetros de ferrocarril con vía simple, electrificada y ramales industriales. Se incluyen 8 pasos superiores, dos de ellos de 192 metros de longitud, 2 pasarelas peatonales, así como la construcción de una

nueva estación ferroviaria internacional de mercancías y la reforma de la estación existente de pasajeros.

Para llevar a cabo las obras, ejecutadas al 95 % con medios propios de FCC Construcción, ha sido necesario construir un parque de prefabricados, el cual se encuentra situado a tres kilómetros, agua abajo del puente. Tiene una extensión de 20 ha. Consta de dos plantas de hormigón, tres líneas de prefabricación de dovelas, seis líneas de prefabricación de vigas, diez líneas de prefabricación de pilotes hincados y dos líneas de prefabricación de cunetas. Ha sido necesario construir un puerto en él para aprovisionar de materiales la zona navegable del puente.

Cabe destacar que, debido a las condiciones geológicas de la zona, fueron necesarias una serie de ensayos y pruebas previas para poder diseñar las cimentaciones: sondeos hasta 100 metros de profundidad en las pilas



Vista puente de Vidin



Grupo FCC Vidin-Calafat

principales del puente, pruebas de carga en pilotes mediante células de carga internas (células Osterberg), pruebas de carga en pilotes empleando estructuras auxiliares y ensayos, mediante placas de carga inundadas, para comprobar la colapsabilidad del terreno.

El puente Vidin-Calafat ha supuesto un reto para FCC Construcción al tratarse de una obra singular e importante para el portfolio de trabajos de la compañía, en la que han sabido aunar en una sola estructura el ferrocarril y la carretera. En total, 15 ingenieros de Caminos han trabajado en la construcción de este puente durante 5 años y medio.

El puente sobre el Danubio entre Vidin y Calafat es de vital importancia no sólo para el desarrollo del Corredor Pan-europeo IV, que enlaza Dresde (Alemania) con Estambul (Turquía), sino también para todo el eje sureste Europeo de transporte, incluyendo la Red Transeuropea, gracias a las oportunidades de transporte combinado y de traspaso de parte del tráfico vial al ferroviario que surgirán a partir de él. **ROP**

Autopista Urbana Norte (México)

Ángel Mesa, director técnico de OHL Concesiones

Ignacio García, director de Concesiones en Fase de Construcción. OHL México

Víctor Moctezuma Hernández, ingeniero de Estructuras de OHL Construcción

Javier Rodríguez Cepeda, director técnico de OHL Construcción

Resumen

La Autopista Urbana Norte se configura como una vía de comunicación de referencia para el transporte de la mayor zona metropolitana del hemisferio norte, con cerca de 27 millones de habitantes. Conecta el Estado de México, a la altura del apeadero ex-Toreo de Cuatro Caminos, con el centro, poniente y sur de la Ciudad de México, y favorece la reducción de los tiempos de desplazamiento, lo que revierte en una mayor competitividad de la Ciudad de México así como en la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos.

Palabras clave

Infraestructuras, resiliencia, innovación, eficiencia, movilidad

Abstract

The Northern Urban Toll Road is a reference urban transport route located in the largest metropolitan area of the northern hemisphere, with close to 27 million inhabitants. It connects the Mexico State, at the ex-Toreo stop of Cuatro Caminos, with the centre, west and south of Mexico City, and contributes to the reduction of travelling times, which reverts to greater productivity within Mexico City and to an improvement in the quality of life of its citizens.

Keywords

Infrastructures, resilience, innovation, efficiency, mobility

La estructura fue diseñada acorde con una arquitectura moderna, compatible con el entorno urbano y que evitara cualquier afección al Bosque de Chapultepec, el parque urbano más extenso de Latinoamérica. Asimismo, durante la construcción de la autopista, se minimizó el impacto de los trabajos en la actividad de la vía principal, Periférico Manuel Ávila Camacho, que soportaba una intensidad media diaria de tráfico (IMD) superior a los 240.000 vehículos. Estos condicionantes impulsaron la búsqueda de innovadoras soluciones en el diseño y la construcción de la nueva infraestructura. Tanto la tipología estructural elegida como el uso de estructuras prefabricadas y la adopción de un esquema de trabajo nocturno fueron algunas de las medidas adoptadas.

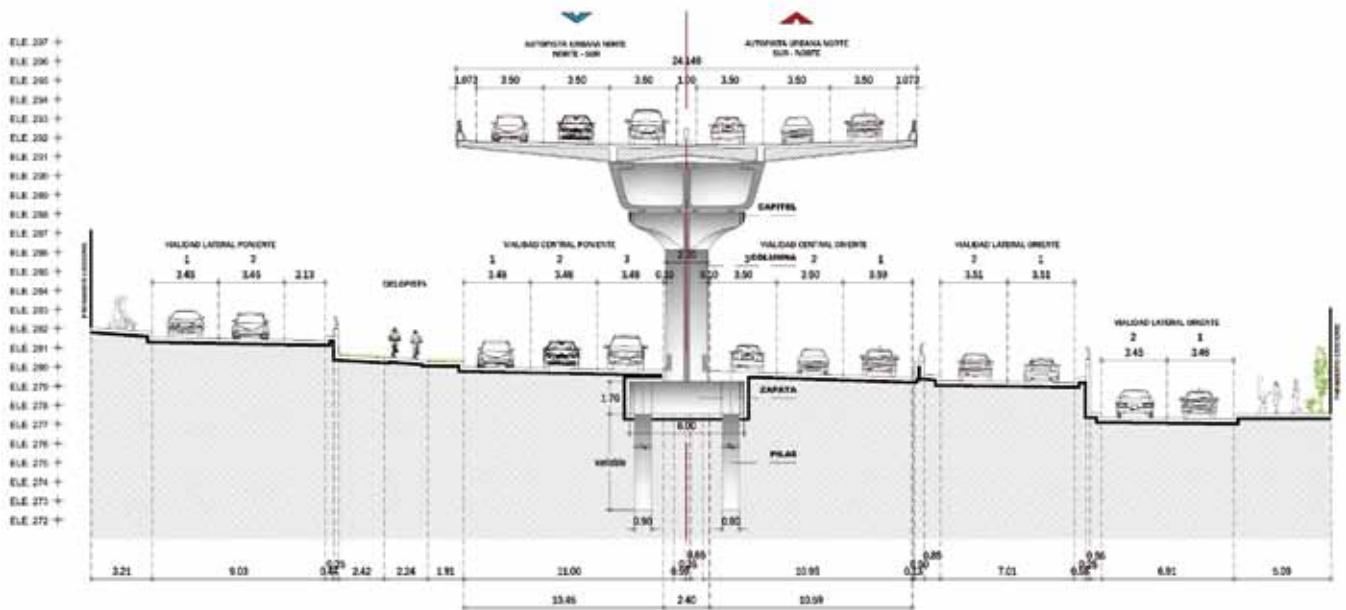
Además, en el diseño se tuvieron en consideración otros elementos relacionados con la movilidad urbana, entre ellos, la mejora del acceso peatonal al centro de negocios y la construcción de varios kilómetros de carril bici que interconectan zonas anteriormente aisladas y que han facilitado la integración de las distintas secciones del citado Bosque de Chapultepec. El impacto socioeconómico, muy destacado en cuanto a ahorro de tiempo en los desplazamientos, la mejora de la movilidad y los proyectos de mitigación del

impacto ambiental, fueron algunos de los elementos claves del proyecto.

Cabe destacar, asimismo, la incorporación de un sistema de peaje 100 % electrónico bajo un modelo de negocio *Free-Flow* mixto, que soporta un alto flujo de tráfico y un ingreso a la vía con telepeaje canalizado como mecanismo de control de los infractores. Por último, destaca también la implantación, una vez concluida la fase de obra, de un proyecto de I+D+i que consiste en el seguimiento en tiempo real del estado de las estructuras, fundamentado en la elevada actividad sísmica de la zona. Ambas iniciativas suponen un aumento de la capacidad de absorción de tráfico y una mejora de la seguridad y funcionalidad de infraestructura, respectivamente.

Diseño

La mayor parte de sus algo más de 9 km concesionados están constituidos por un viaducto elevado de tablero único con tres carriles por sentido y 24 m de anchura sobre el Anillo Periférico, y su trazado incorpora además 725 m de túnel por debajo del cruce de Paseo de la Reforma y la Fuente de Petróleos, con el fin garantizar la preservación ambiental de la zona del Bosque de Chapultepec. La vía cuenta en la



Croquis de la sección tipo del tronco principal



Panorámica de la calzada en fase de construcción



Pórticos hiperestáticos

actualidad con 11 ramales de entradas y 11 de salidas, que incrementan la longitud de estructura elevada construida hasta los 16 km.

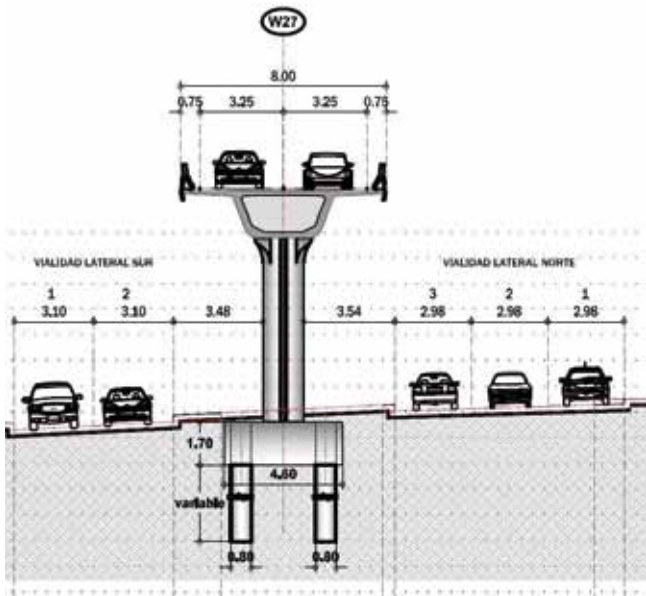
Tramo soterrado

El falso túnel, parte integral del Distribuidor Vial Reforma, se concibió para garantizar la preservación ambiental del Bosque de Chapultepec, evitando la construcción de un viaducto que contrastara con la imagen urbana del sector y al mismo tiempo que permitiera mantener la funcionalidad del deprimido existente bajo la Avenida Paseo de la Reforma.

Se concibió un túnel de dos niveles que albergaría en su nivel -1 la Autopista Urbana Norte, y en su nivel -2 la vialidad libre del Anillo Periférico.

Construcción

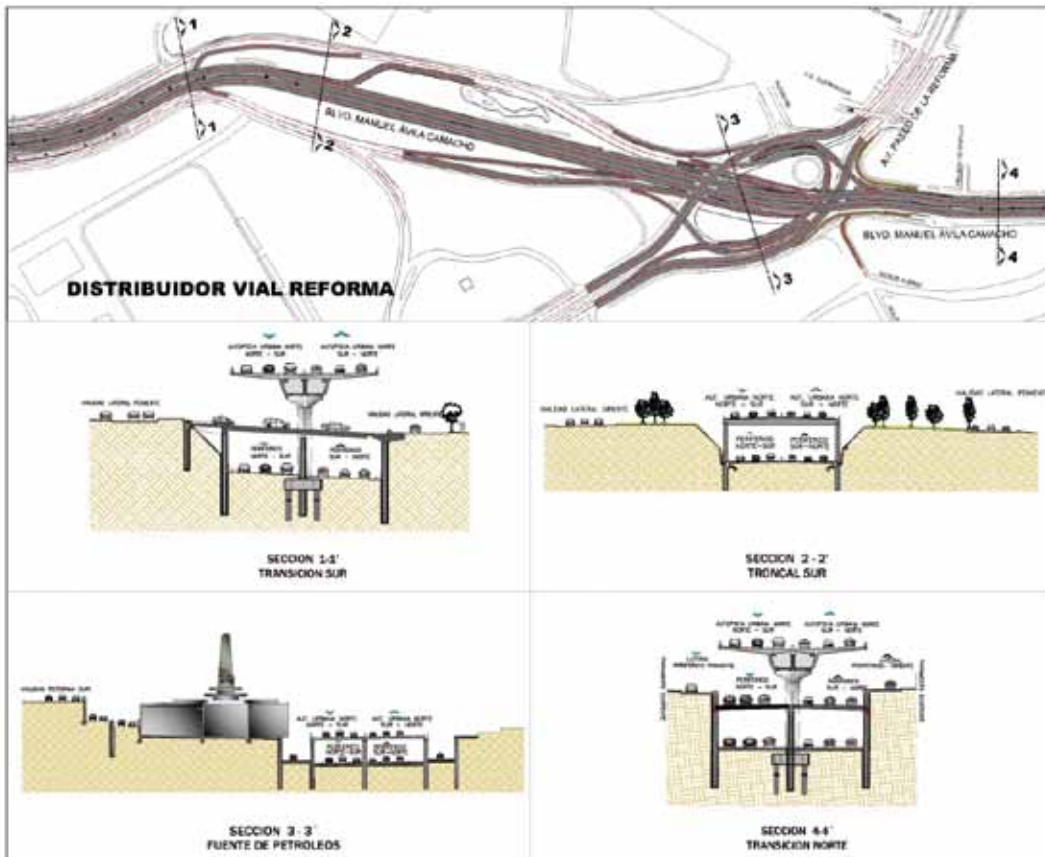
El Anillo Periférico sobre el que discurre la obra es una de las vías rápidas principales de México DF con tráficos diarios superiores a los 240.000 vehículos, donde destacan, especialmente, las intensidades que se registran en el abanico horario de las 6 de la mañana hasta las 10 de la noche. El tráfico predominante en las mañanas son vehículos proce-



Croquis de la sección tipo del acceso



Distribuidor Vial Conscripto, columnas a doble altura y trazo a 90°



Falso túnel de la Autopista Urbana Norte, Distribuidor Vial Reforma



Fuente de Petróleos. Autopista Urbana Norte



Maniobras de montaje durante jornada nocturna



Panorámica general de la construcción del falso túnel, Distribuidor Vial Reforma

dentes de la periferia al centro de la ciudad y, por la tarde, en sentido contrario.

Atendiendo a esta realidad, el horario de trabajo se limitó desde las 11 de la noche a las 5 de la mañana, permitiendo la misma capacidad de tráfico que la actual, con la salvedad de poder reducir los carriles de 3,50 a 3,00 m.

La construcción en la zona de falso túnel representó el mayor reto constructivo de la Autopista Urbana Norte. Dada la necesidad de ejecutarlo por debajo de la vialidad en operación, se implementó un sistema de *by-pass* viales ampliando las laterales existentes y, al mismo tiempo, recurriendo a un sistema de superestructura provisional (mediante tabletas provisionales) que se colocaba en el día para restituir la vialidad y se retiraba en el cierre nocturno para continuar con los trabajos de excavación.

Integración en la ciudad: impacto socioeconómico y ambiental

La construcción y operación de Autopista Urbana Norte proporciona importantes resultados. Si se considera el aumento de la velocidad de circulación de los 50.000 usuarios diarios que transitan por ella, eso supone un evidente ahorro de tiempo global de 15,8 millones de horas anuales.

La planificación de la obra tuvo en cuenta la movilidad de los turistas y el reordenamiento del espacio urbano, con la incorporación de varios aspectos ambientales, entre los que destacan:

- la mejora de la calidad del aire debido a la gran reducción de emisiones de gases contaminantes,
- la mejora de la movilidad peatonal y ciclista,

- garantizar la preservación ambiental de la zona del Bosque de Chapultepec,
- la optimización de los servicios de las áreas de valor ambiental mediante la elaboración de proyectos de mejora de las condiciones de conservación y mantenimiento de aquéllas, y
- la incorporación de medidas de eficiencia energética en la operación y mantenimiento de la infraestructura.

Autopista Urbana Norte es una infraestructura vial planificada para incrementar la eficiencia del transporte en automóvil, con aumento de la velocidad máxima de circulación en zonas altamente congestionadas de 30 a 60 km/h, lo que permitió una reducción de aproximadamente 12.974 toneladas anuales de CO₂, y un incremento muy significativo de la calidad de vida de más de 300.000 personas que transitan diariamente por la zona norte del anillo periférico, sin contar con los habitantes de las zonas colindantes.

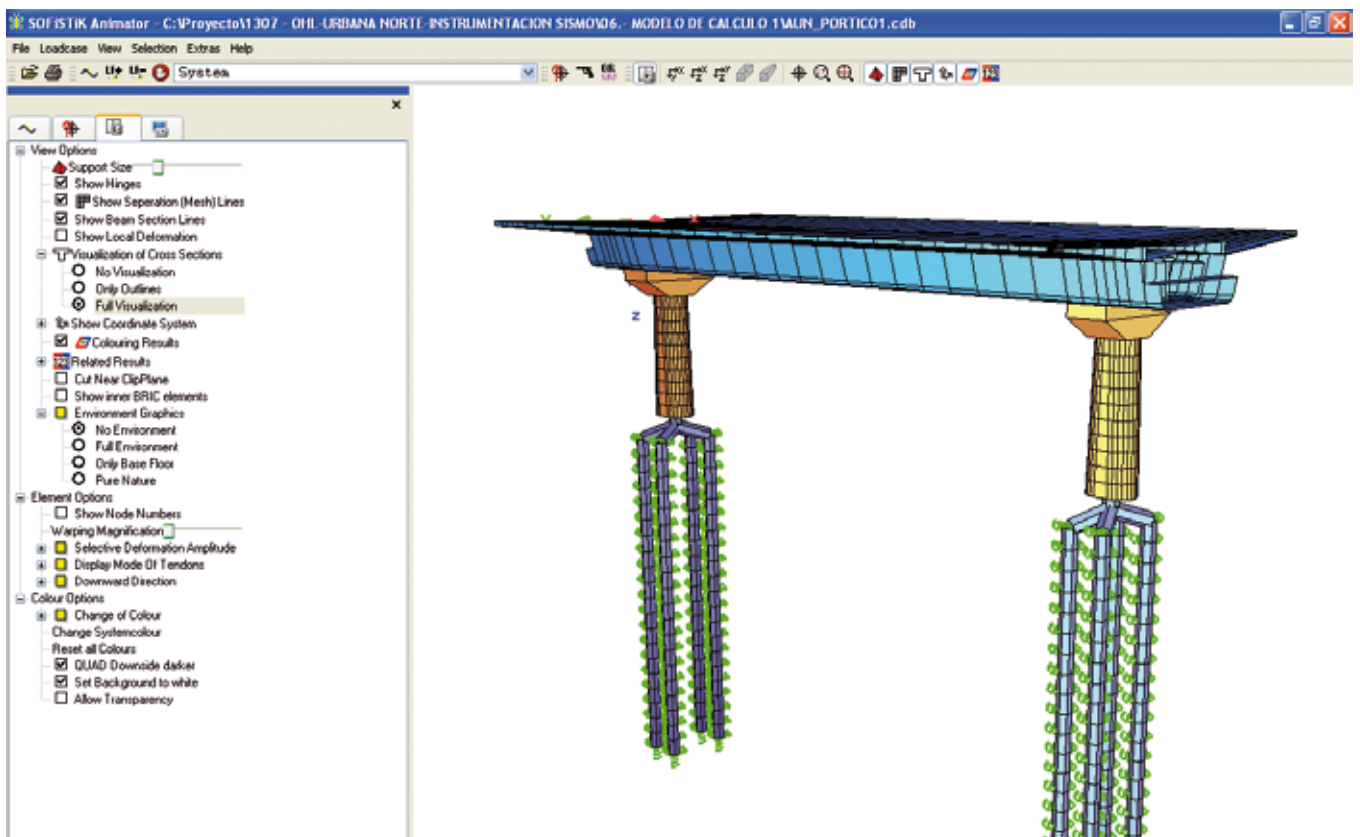
Eficiencia energética

Además del sistema de peaje *Free-Flow*, que optimiza el consumo de combustibles fósiles en los automóviles que circulan por la vía, la adopción de un modelo de eficiencia energética condujo a la instalación de un sistema de lámparas fotovoltaicas para la iluminación de la calzada.

Cerca 900 lámparas ONILED –las primeras en México diseñadas para uso exterior con diodos emisores de luz (LED)– fueron instaladas en el trazado de la autopista. Estas luminarias con alimentación fotovoltaica suponen un ahorro de 400 t anuales de CO₂ equivalente.

Innovaciones en la operación de la infraestructura

El sistema desarrollado consistió en la instalación de vías de peaje canalizadas en las entradas y *Free-Flow* en las salidas. En las entradas solo se permite acceder a vehículos que tienen un dispositivo de pago electrónico. Estas vías de telepeaje canalizadas para el control de infractores



Detalle del análisis computacional de la estructura.

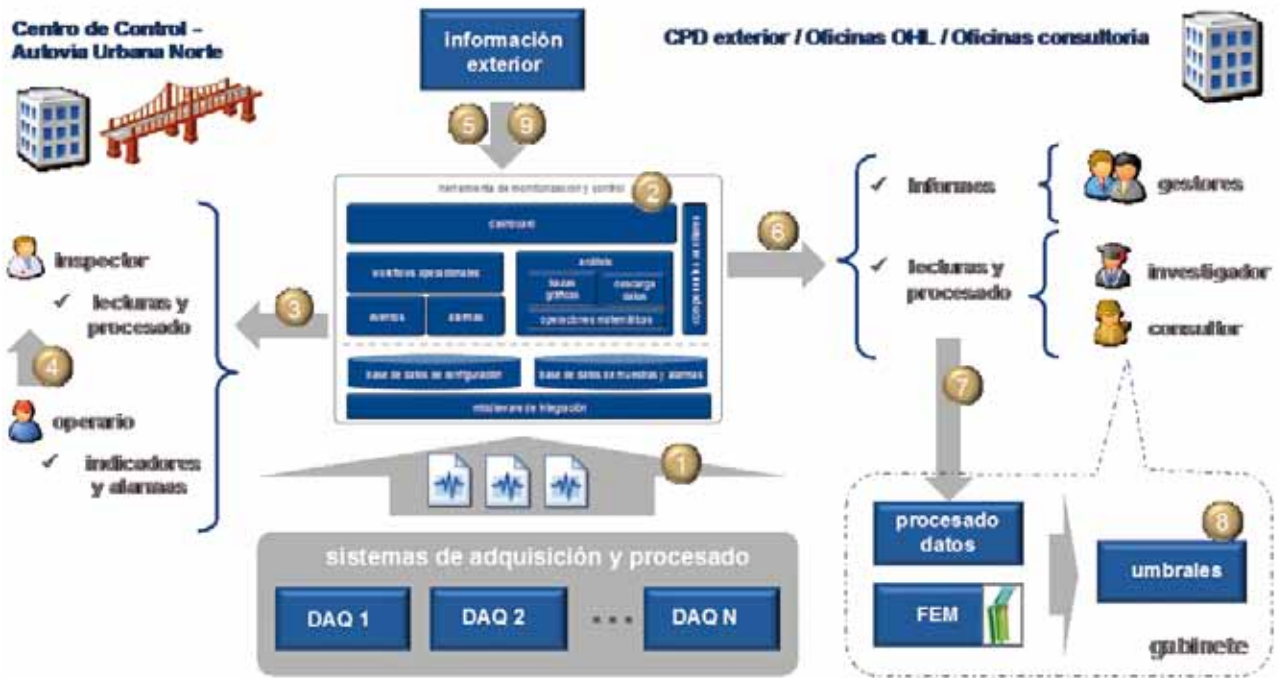
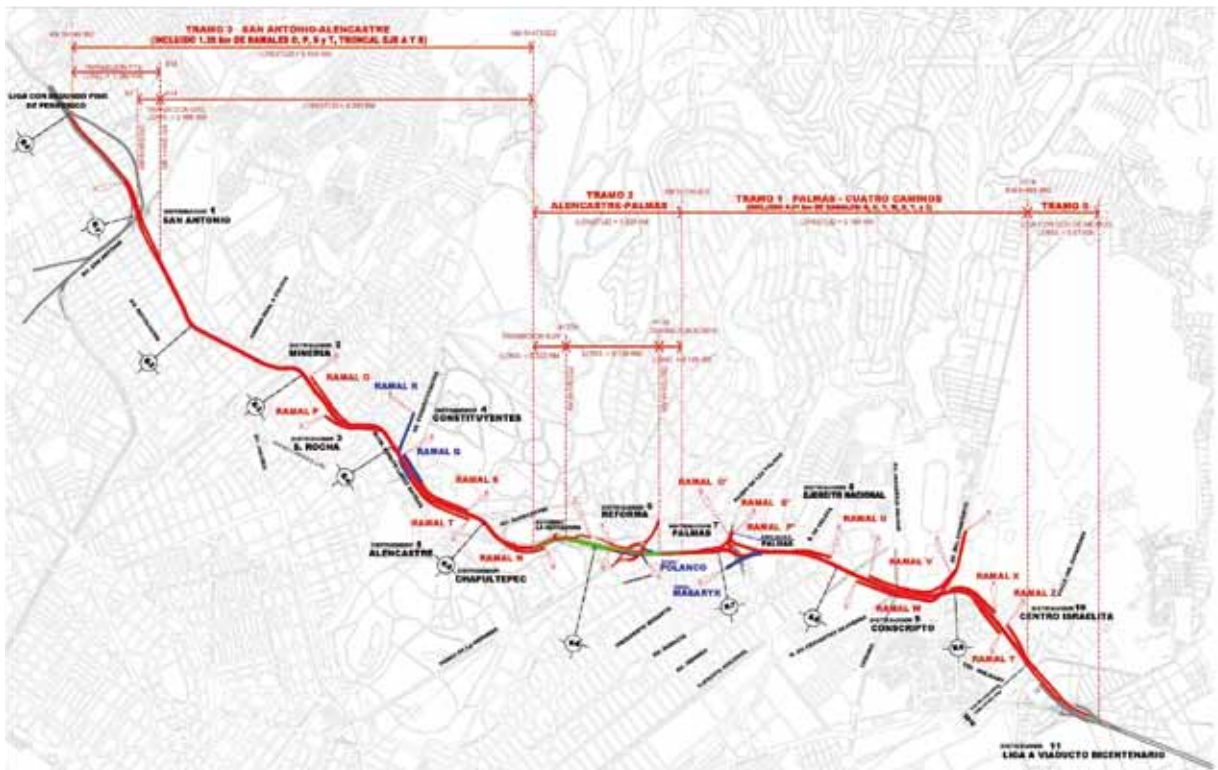


Diagrama general de la solución



Croquis de la traza con el detalle de los tramos

propiciaron el diseño de una compleja estructura de vías de escape que permitiese evacuar a aquellos conductores que no dispusieran del mismo. Este esquema, junto con una serie de procedimientos para atender a vehículos en la vía, es imprescindible para maximizar la capacidad de acceso al viaducto, uno de los principales cuellos de botella del sistema.

Monitorización de la infraestructura frente a sismos

La Ciudad de México presenta una alta peligrosidad sísmica, y su afección a las infraestructuras, especialmente si se trata de viaductos, impacta de forma notable en la seguridad, conservación y planificación de las inversiones. Se ha puesto en marcha un proyecto de I+D, actualmente en ejecución, basado en la apuesta por nuevas tecnologías de sensorización, procesado y comunicación capaces de medir la evolución de la estructura en tiempo real.

OHL Concesiones ha diseñado e implantado un sistema de sensores para la adquisición de datos en tiempo real sobre el estado estructural del viaducto, y un sistema de almacenamien-

to y procesado de esta información. En una fase posterior del proyecto y tras la ejecución de complejos procesos de cálculo y simulación, se generarán modelos de comportamiento estructural. En este proyecto se utiliza una metodología basada en el uso del sistema *Structural Health Monitoring* (SHM), combinada con el desarrollo y análisis de los modelos de elementos finitos (por sus siglas en inglés, FEM) de la estructura. El primer resultado de este proyecto será una evaluación de la seguridad y funcionalidad de la estructura en tiempo real.

Uno de los resultados más interesantes, a corto plazo, son los citados protocolos de actuación en función de las diferentes tipos de alarmas y escenarios que genere el sistema, que ofrecerán un soporte muy útil –virtualmente imprescindible– a la toma de decisiones en el mantenimiento y de cara a la posible necesidad de reformas o rehabilitaciones en las infraestructuras. El viaducto ha sido diseñado para resistir y soportar el tráfico previsto y aumentos del mismo, pero, gracias a este proyecto de I+D+i, se va a contribuir, además, a mejorar la resiliencia de la ciudad. **ROP**

FICHA RESUMEN DE LA AUTOPISTA URBANA NORTE

Obra	Autopista urbana de 6 carriles de sección	
Organismo promotor	Secretaría de obras del Gobierno del Distrito Federal	
Sociedad concesionaria	Autopista Urbana Norte, S.A. de C.V	
Periodo de concesión	Diciembre de 2012 - diciembre de 2042	
Inversión total gestionada	662,3 millones de euros	
Fase de inversión	Junio 2010 – diciembre 2012	
IMD (Intensidad media diaria de tráfico)	44.091 vehículos	
Longitud tronco principal	Viaducto	9,1 km
	Falso túnel	0,75 km
Longitud ramales	7,15 km	
Empresas	OHL Concesiones / OHL Construcción	
Plazo de ejecución	24 meses	
Inicio de las obras	Enero de 2011	
Apertura Tramo 1 (3,34 km)	Diciembre de 2011	
Apertura Tramo 2 (0,75 km)		
Apertura Tramo 3 (5,72 km)	Diciembre de 2012	
Finalización de las obras		

Planta desalinizadora de Adelaida (Australia)



José Ortega

Economista.

Máximo responsable de Acciona Agua en Australia

Resumen

La planta desalinizadora de Adelaida forma parte del plan Water for Good iniciado en junio de 2009 por el Gobierno australiano, con el objetivo de asegurar con garantías el futuro del abastecimiento de agua hasta el horizonte del año 2050.

La planta se sitúa 25 km al Suroeste de Adelaida, en el Sur de Australia y está diseñada para alimentarse a partir de energías renovables, cuenta con una capacidad de 300.000 m³/día, lo que la convierte en una de las mayores desaladoras del mundo, garantizando el suministro de agua al 50 % de la población total de Adelaida.

Palabras clave

Agua, desalinizadoras, innovación en procesos de desalación, ósmosis inversa, pretratamiento membranas de ultra filtración

Abstract

The Adelaide desalination plant forms part of the Water for Good plan, inaugurated in June 2009 by the Australian Government, to manage future demands for water until 2050.

The plant, set 25 km southwest of Adelaide in Southern Australia, is designed to use energy from renewable sources and has a capacity of 300,000 m³/day, making this one of the largest desalination plants in the world and guaranteeing the water supply to 50% of the total population of Adelaide.

Keywords

Water, desalination plants, innovation in desalination processes, reverse osmosis, ultra-filtration pre-treatment membranes

La construcción de la planta desalinizadora de Adelaida constituye una parte crucial del plan del Gobierno de South Australia para garantizar el suministro de agua al 50 % de la población total de Adelaida, ciudad con 1.000.000 de habitantes y con un fuerte déficit hídrico.

Entidad

SA Water

Localización

25 km al suroeste de Adelaida, South Australia.

Objetivo

La desalación de agua de mar por ósmosis inversa supone una nueva fuente de recursos hídricos alternativa para la ciudad de Adelaida y permite no estresar más las principales fuentes generadoras de agua de la zona, el río Murray y las reservas de agua subterránea.

Capacidad

300.000 m³/día.

Inversión Total

A\$1,83 b (1.300 millones de euros), convirtiendo la planta en la mayor inversión en infraestructura del estado de South Australia.

Contratista

AdelaideAqua, consorcio formado por 3 empresas en la parte de diseño y construcción (Acciona Agua, MacConnell Dowell y Trility) y 2 empresas para llevar a cabo la operación y mantenimiento de la planta (Acciona Agua y Trility).

Acciona Agua, debido a su experiencia y a su papel de tecnólogo, es la única empresa con participación tanto en el diseño y construcción como en la operación y mantenimiento de la planta.

En febrero de 2009 se firmó el contrato para ejecutar la primera fase de la desaladora (150.000 m³/día) y en junio de ese mismo año se firmó la ampliación de una segunda fase hasta alcanzar la capacidad total de 300.000 m³/día.



El contrato incluye construcción de la desaladora y de una tubería de distribución de agua desalada así como la operación y mantenimiento de la planta por un periodo de 20 años.

El 31 de julio de 2011 la planta comenzó a producir agua desalada y progresivamente irá aumentando su capacidad hasta alcanzar su máximo caudal en diciembre del 2012.

La planta, diseñada para alimentarse a partir de energías renovables, contará con una capacidad de producción diaria de 300.000 m³/día, lo que la convertirá en una de las mayores desaladoras del mundo.

La tecnología de desalación, resultado de la I+D+i de Acciona Agua, convierte a esta planta desalinizadora en un referente a nivel mundial al incorporar un sistema de pretratamiento avanzado por membranas de ultra filtración, un sistema de doble paso por membranas de ósmosis inversa y un innovador difusor para el concentrado salino que asegura la mezcla adecuada para respetar el equilibrio marino y unos estrictos criterios ambientales.

El proceso de pretratamiento de la planta y el eficiente diseño de la ósmosis inversa proporciona, altos niveles de fiabilidad, ahorro energético, y reducción de la huella climática.

Este diseño llevado a cabo por Acciona Agua permite obtener importantes beneficios:

- Menor consumo energético (15 % menos).
- Reducción de los costes de operación y mantenimiento.
- Incremento de la producción de agua desalada.
- Menor impacto ambiental.

Descripción de la planta

La posición geográfica donde se sitúa la planta de Adelaide en un acantilado a 52 metros sobre el nivel del mar junto con las medidas de protección medioambiental en la zona de captación hace que esta planta sea única en su diseño y construcción. Para superar este desnivel de



altura, el agua de mar es bombeada a través de 12 bombas de alta presión, capaces de bombear 7 toneladas de agua (7.000 litros) por segundo, hasta llegar al nivel de la planta donde el proceso de Ósmosis Inversa tiene lugar.

La estación de bombeo se encuentra situada en una cámara subterránea con 20 metros de altura, 40 metros de largo y 15 metros de ancho. El suelo de esta cámara se encuentra a 8 metros por debajo del nivel del mar.

Los túneles de captación de agua de mar y de vertido (con un 1.4 km y 1 km de longitud respectivamente) no se encuentran situados sobre el fondo de lecho marino sino que son túneles subterráneos. Las galerías han sido perforadas por 2 tuneladoras de 150 toneladas cada una y 3,4 metros de ancho.

Esta es la primera planta desaladora a gran escala en el mundo que utiliza un sistema de pretratamiento avanzado por membranas de ultra filtración antes de que el agua de mar llegue a la fase donde se realiza el proceso de Ósmosis Inversa.





Este proceso sustituye el tratamiento convencional basado en filtros de arena y filtra el agua de mar de tal manera que solo permite la entrada de aquellas partículas menores a 5 micras permitiendo un resultado mucho más eficiente al tratamiento final por Ósmosis Inversa.

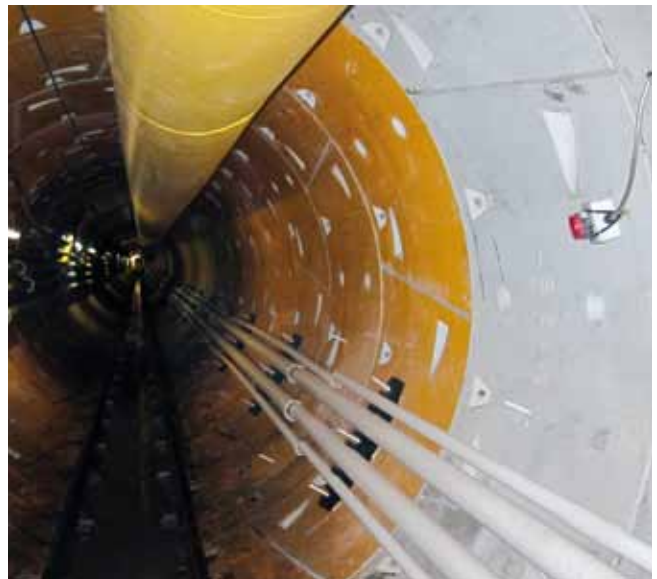
Una de las razones por las que SA Water selecciono al consorcio de AdelaideAqua es el hecho de presentar el diseño con menor consumo energético.

Hay que tener en cuenta que el proceso de desalinización convierte aproximadamente el 50 % del agua de mar en agua desalada, mientras que la otra mitad vuelve a ser vertida al mar con el doble de porcentaje salino. Esto implica que el túnel de captación necesita captar el doble de agua de la capacidad total diaria de la planta (600.000 m³/día) y esta debe ser bombeada para superar el fuerte desnivel entre el túnel de captación y el nivel de la planta. Estos



factores han hecho que el proyecto de Adelaide requiera unos altos requerimientos energéticos, los cuales han sido necesarios minimizar al máximo por medio de este diseño innovador que ha permitido un mayor aprovechamiento de cada m³ de agua que entra en la planta y reducir considerablemente el consumo energético.

El proceso de Ósmosis inversa consiste en hacer pasar a alta presión el agua marina por las membranas. Esta presión es generada por 8 súper bombas de 2.5 MW cada una, más 4 bombas auxiliares con menor capacidad. Este consumo energético se ha reducido utilizando recuperadores rotacionales de energía que permiten reutilizar la presión del agua residual tras su paso por las membranas. A su vez se ha utilizado el desnivel existente entre la planta y el nivel del mar para facilitar el vertido de agua por el túnel de salida y se ha instalado una turbina que permite generar energía con el agua que se vierte de nuevo al mar.





Captación

- La captación del agua de mar en toma abierta se lleva a cabo mediante un túnel submarino de 1,4 kilómetros de distancia.
- Posibilidad de Dosificación de hipoclorito sódico y ácido sulfúrico en la captación para mantenimiento de las condiciones del túnel.
- Elevación del agua de mar desde la captación hasta 57 m de altura mediante 12 bombas en cámara seca con un caudal total de 28.400 m³/h.

Pretratamiento

- Sistemas de filtración de sólidos por 24 racks de filtros de anillas.
- Posibilidad de dosificación de agentes coagulantes, carbono activo y ácido sulfúrico.
- Pretratamiento mediante 28 celdas de membranas de ultrafiltración.
- Filtración de seguridad 20 filtros de cartuchos.
- Sistema de dosificación de antiincrustante para evitar la posible precipitación de las sales en el sistema.
- Dosificación de metabisulfito para neutralizar el agente oxidante inyectado en la fase anterior. **ROP**



Adecuación del aliviadero de la presa de Alarcón a la normativa vigente. Cuenca (España)



Roque J. Piñero Coloma

Ingeniero de Caminos Canales y Puertos.

Director de Construcción de Construcciones Alpi,S.A.

Resumen

Tras 55 años de funcionamiento, la presa de Alarcón, una presa de gravedad, de hormigón, situada en el río Júcar en la provincia de Cuenca (España), presentaba evidentes síntomas de envejecimiento. El riesgo tan elevado que suponía el posible fallo obligó a una urgente actuación y adecuación de la estructura al completo, manteniendo sus funciones de explotación en todo momento.

A nivel mundial existe una creciente necesidad de realizar actuaciones como la que a continuación se describen. Siendo esta, una aportación más al estado del Arte en este tipo de intervenciones, donde Construcciones Alpi,S.A. con su larga experiencia en el mundo de las infraestructuras hidráulicas ha desarrollado e implantado tecnologías novedosas, nunca antes aplicadas, en el campo de la Rehabilitación de Presas.

Palabras clave

Rehabilitación de presas, presa de Alarcón, patologías de hormigón, nuevas Tecnologías

Abstract

After operating for 55 years, the Alarcón Dam, a concrete gravity dam set on the River Jucar in the province of Cuenca (Spain), showed evident signs of ageing, particularly with regards to the state of the concrete. The very high risk implied by the possible failure of the dam demanded urgent action and the complete modification of the structure, while continuing to remain in operation at all times.

There is a growing need to perform actions such as those described in this article on an international scale. The work seen here serves as yet a further contribution to the state-of-the-art in these types of interventions and where Construcciones Alpi, S.A., with their wide-ranging international experience in the world of dams and reservoirs, have developed and introduced new technologies that have never been applied before to dam refurbishment projects.

Keywords

Dam refurbishment, Alarcón Dam, Concrete pathologies, New Technologies

Introducción

El grado de desarrollo de un país está directamente relacionado con las infraestructuras que este disponga. Evidentemente una país desarrollado debe contar con garantía de suministro de agua y de electricidad. Esto está estrechamente relacionado con la regulación de cuencas hidrográficas y como consecuencia, con la existencia de presas. Una vez alcanzado cierto nivel de desarrollo, el objetivo de la inversión, centrado anteriormente en la construcción de nuevas infraestructuras se transforma en mantenimiento y conservación de todas ellas. Es de manifiesta importancia en todo el mundo, la preocupación que se tiene por el envejecimiento de las presas que hoy por hoy, están activas. Prueba de ello es la multitud de ponencias incluidas en los Congresos internacionales de Grandes Presas.

En el caso de España, existen del orden de 1.250 Grandes Presas en servicio. El 80 % de estas fueron construidas entre 1.950 y 2.000 siendo los años 60 y 70 los de mayor auge. Nos encontramos con un parque “presístico” cuya edad empieza a superar los 50 años de edad. En la fase actual ya no se construyen tantas presas, siendo prioritario el mantenimiento de las existentes conservando su funcionalidad y sobre todo su seguridad.

Al igual que España existen muchos otros países que actualmente se encuentran en una situación similar, por lo que el interés que suscita tanto el diseño, como la tecnología empleada en esta actuación es creciente a nivel mundial.



Vista general de la presa desde aguas abajo totalmente rehabilitada y aliviando

Las actuaciones realizadas se incluyen dentro del ‘Proyecto 04/05 de adecuación del aliviadero de la presa de Alarcón a la normativa vigente T.M. Alarcón (Cuenca)’, promovida por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España, a través de la Dirección General del Agua y de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

La presa de Alarcón, es una presa de gravedad, que fue terminada y puesta en explotación en el año 1.955, siendo una pieza fundamental en el sistema Júcar e infraestructura vital e imprescindible en la explotación del Trasvase Tajo-Segura.

En el momento de la actuación, la presa con 55 años de antigüedad, presentaba evidentes síntomas de enveje-



Vista general de la presa desde aguas abajo. Estado inicial



vista general de la presa desde aguas arriba. Estado inicial

cimiento, principalmente patologías en el hormigón. El riesgo tan elevado que suponía el posible fallo obligó a una urgente actuación y adecuación de la estructura al completo. Se evaluó el estado de los hormigones en toda la presa, incluyendo así los paramentos, aliviadero, coronación, estructura sobre el aliviadero, etc. y se proyectaron las actuaciones con un condicionante fundamental, mantener el régimen de explotación de la presa en todo instante.

Descripción de la Presa de Alarcón

La presa de Alarcón es de planta recta, de gravedad, con una altura sobre cimientos de 67 m y una longitud de coronación de 317 m. La capacidad del embalse que genera es de 1.117,83 Hm³. Tiene un aliviadero central formado por tres vanos de 15 m de luz cada uno, controlado por compuertas tipo TAINTOR de 15 x 7 m y con una capacidad de desagüe de 1.750 m³/s. la coronación se aprovechó en su día como parte del trazado de la N-III, Madrid-Valencia.

Actuaciones ejecutadas

En la Adecuación de la Presa se actuó sobre:

- Aliviadero y restitución al cauce
- Paramentos de la presa.
- Desagües de Fondo
- Puente sobre el Aliviadero

• Acondicionamiento del lecho

La orientación del paramento de aguas abajo de la presa es sensiblemente al sur con una exposición solar permanente durante la jornada. Esto, unido al fuerte descenso térmico nocturno, provocan ciclos de helada con fuertes gradientes térmicos. Este fue uno de los principales causantes del deterioro del hormigón.

Aliviadero y restitución al cauce

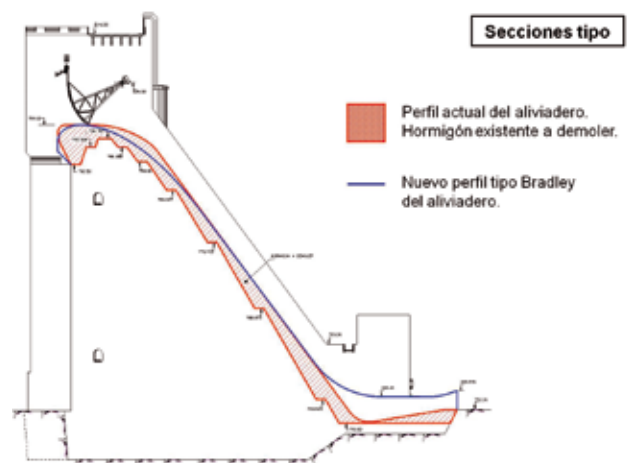
El hormigón del Aliviadero estaba fuertemente fisurado por el motivo expuesto y a su vez por el desgaste sufrido en diversas situaciones de alivio de caudales.

En fases anteriores se realizaron tratamientos superficiales con poca durabilidad. En este caso se optó por la demolición de forma escalonada de los primeros metros superficiales del hormigón del paramento, adaptando el nuevo perfil a una nueva solución mejorada hidráulicamente. Esto obligó a :

- sustituir las compuertas Taintor del Aliviadero.
- adaptar los desagües de fondo, situados aguas abajo de la presa en la sección coincidente con los cajeros.

Para la ejecución del Aliviadero se diferenciaron tres tramos:

- Trampolín de lanzamiento sumergido: fue el primero que cronológicamente se ejecutó, se realizó la demolición



Perfil de demoliciones y nueva sección hidráulica del Aliviadero



Ejecución de la demolición robotizada de uno de los aliviaderos desde la plataforma móvil

hasta alcanzar la cota de un plano horizontal de hormigón sano y con 40 cm de espesor mínimo en la solución definitiva.

- Canal de descarga o rápida: compuesta por dos fases. La fase A, correspondiente a la transición entre el tramo de pendiente uniforme del canal de descarga y el trampolín de lanzamiento y la fase B desde el final de la Fase A hasta punto de tangencia del Perfil de vertido.
- Perfil de entrada. se denominó Fase C y correspondía con el umbral del propio aliviadero, a su vez cierre inferior de las compuertas Taintor

Para la demolición del hormigón se descartó el empleo de explosivos, optándose finalmente por una demolición robotizada más controlada. Estos equipos se desplazaban sobre una plataforma móvil, situada sobre cada uno de los canales de descarga del aliviadero apoyándose en los cajeros existentes.

Se previeron unos drenajes entre la parte del aliviadero de nueva construcción y el existente, compuesto por unas canaladuras con un tubo dren protegido que recorría el contacto de ambos hormigones a lo largo de toda la sección. Su objetivo era eliminar las subpresiones que pudiera generar, en un episodio de vertido por aliviadero, el agua que penetrase por las juntas entre hormigones de distintas edades. La conexión entre hormigones existentes y nuevos, se realizó mediante bulones anclados a la presa y unidos a las jaulas de armadura del nuevo hormigón armado del aliviadero.

El sistema de encofrado empleado fue trepante, en tongadas de 2 m de altura, modulado a un canal del aliviadero completo, incluyendo los cajeros. En cada togada se fue adaptando el encofrado a la curvatura de diseño, eliminando las aristas entre tongadas, quedando un perfil continuo sin irregularidades. La granulometría del hormigón empleado fue diseñada con el objeto de garantizar su resistencia, y sobretodo la durabilidad frente a los ciclos de helada. El sistema de colocación del hormigón fue con



Vista desde arriba de una puesta de encofrado, ferrallado y hormigonado



Proceso de colocación de una de las nuevas compuertas Taintor del aliviadero de 40 tn de peso



Ejecución de las nuevas cámaras de desagüe de fondo



Cámaras de desagües de fondo y trampolín sumergido terminado

bomba y desde el pie de aguas abajo en su mayoría. La modificación del perfil hidráulico del aliviadero obligó a la instalación de unas compuertas Taintor nuevas. Estas nuevas compuertas, con un cuerpo de viga cajón y apertura por accionamiento oleohidráulico, se adaptan a la normativa actual permitiendo el sobrevertido.

Paramentos de la Presa

El hormigón situado en el paramento de aguas abajo de la presa, en su cara sur, se encontraba deteriorado por el efecto comentado anteriormente. En la zona más superficial había perdido todas sus propiedades mecánicas.

Esta patología afectaba a los 5-10 cm superficiales, no suponiendo un grave riesgo pero evidentemente se debía frenar ese avance. La solución consistió en sanear la superficie expuesta y reforzar con una nueva capa de hormigón armado de 30 cm de espesor sobre el perfil saneado. La unión de esta losa de cobertura con el hormigón de la presa existente se realizó mediante bulones anclados a la presa. Estos bulones a su vez se empleaban para el apoyo de las consolas de trepado. Al igual que en el aliviadero se instaló una red de drenaje en el contacto de ambos hormigones.



Fase de izado del tablero de la margen izquierda de la presa

Desagües de Fondo

Los desagües de fondo se ven afectados por la modificación del perfil hidráulico y sobre todo por el nuevo trampolín sumergido. Esta nueva geometría obligó a desplazar hacia aguas abajo las cámaras de llaves respecto de su situación original. Se demolieron las existentes, construyendo unas nuevas cámaras ampliadas donde se mantuvieron las compuertas BUREAU originales y se instalaron nuevas válvulas Howell-Bunger de diámetro 1.400 mm.

Además se ejecutaron nuevos tableros sobre el aliviadero en la zona del trampolín sumergido permitiendo el acceso rodado a las cámaras de válvulas.

Puente sobre el Aliviadero

Está compuesto por 3 tableros isostáticos de 15 m de luz, uno por cada aliviadero. La sección de los tableros existentes está formada por una losa de compresión de espesor variable entre 0,15 y 0,23 m, soportada por 6 vigas de hormigón armado, de 0,30 m de ancho y 1,45 m de canto. Las vigas descansan sobre unas pilastras de hormigón encajadas en el estribo a modo de biela. El apoyo viga-biela y biela-estribo se realizó en su día con láminas de plomo.

En el puente se identificaron dos problemas, uno de ellos en el sistema de apoyo de las vigas y el otro en las zonas próximas al apoyo pero en este caso en cada una de las

vigas. Ambos problemas se identificaban con una rigidez del tablero insuficiente así como la presencia de familias de fisuras de carácter estructural.

Esto obligó, por un lado, a la reconstrucción de los estribos, eliminando el sistema de bielas, teniendo que izar cada uno de los tableros. Previamente se aligeró, demoliendo la capa de aglomerado y adoquín existente, además de recortar las aceras.

Y por otro lado, las fisuras que se localizaron en las vigas, eran de carácter estructural, siendo en este caso los esfuerzos de flexión y cortante los causantes. Por lo que se adoptaron dos niveles de reparación, las fisuras interiores fueron inyectadas con resinas epoxi, mientras que las exteriores y localizadas en la parte inferior, fueron saneadas y tratadas contra la corrosión de las armaduras y posterior aplicación de mortero de reparación. En este segundo tipo de tratamientos se completó la actuación con el empleo de Tejido de Fibra de Carbono (TFC) y acabado con un tratamiento de pintura anticarbonatación, reforzando aquellos puntos donde se generaban mayores esfuerzos de cortante y flexión, es decir, los más críticos para la estructura del tablero.

La actuación se realizó vano por vano empezando por el más cercano a la margen izquierda, iniciando la actuación con el izado del tablero. Se empleó una superestructura metálica en celosía con doce péndolas por tablero que mediante un sistema de cilindros hidráulicos suspendía la estructura completa. Con la estructura sustentada de las péndolas se reparaban los estribos seguido de las vigas de cada tablero. Terminada la reparación se posicionaba nuevamente en su situación original y antes de la retirada de la cimbra se colocaron unos encofrados colgados de esta estructura para realizar la ampliación de las aceras.

Acondicionamiento del lecho del río

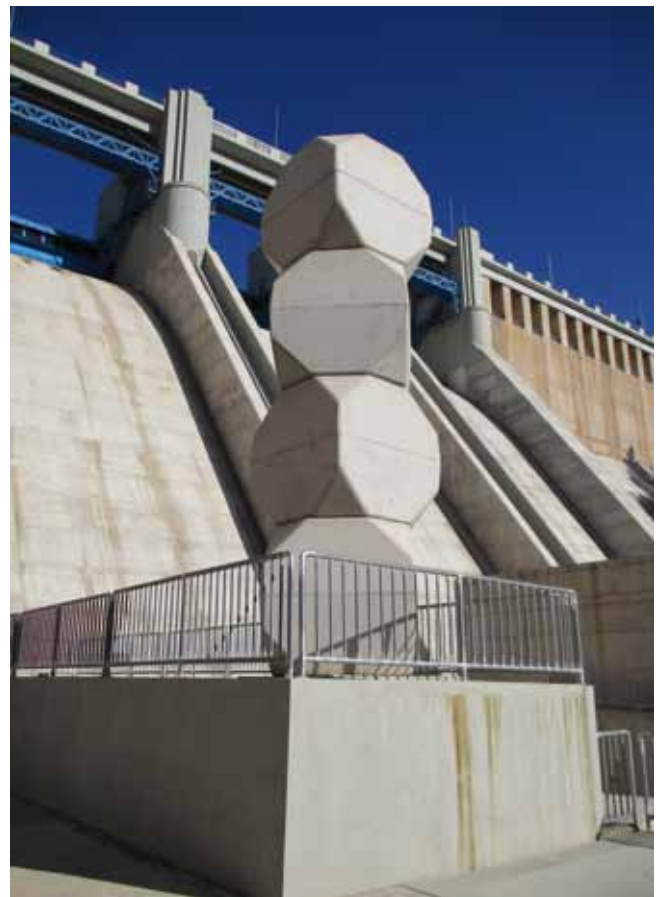
Para evitar la erosión del propio lecho del río se instalaron unos bloques prefabricados de hormigón ejecutados en una planta próxima a la obra. Estos bloques se colocaban uno a uno según unas coordenadas predefinidas.

Conclusión

Ante la creciente necesidad a nivel mundial, de actuaciones centradas en la rehabilitación de infraestructuras singulares como son las presas, el desarrollo y ejecución de este proyecto, ha permitido evolucionar en el estado del



Prefabricación de bloques de hormigón



Homenaje del director de las obras a Julio Muñoz Bravo, ingeniero de Caminos, Canales y Puertos de la Confederación Hidrográfica del Segura fallecido en julio de 2011

arte de las presas así como en los procedimientos constructivos específicos de ejecución manteniendo en todo momento el régimen de explotación. Esta experiencia ha permitido elaborar a Construcciones Alpi, S.A. un proyecto de Investigación, Desarrollo e innovación tecnológica denominado :“Proyecto 243.018. Nuevos Sistemas Constructivos Vinculados al exceso de grado de Fisuración del Hormigón en la Rehabilitación de Presas. 2008-2012”. **ROP**

DATOS DEL PROYECTO

Título	Proyecto 04/05 de Adecuación del Aliviadero de la Presa de Alarcón a la normativa Vigente. T.M. Alarcón (Cuenca)
Promotor	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Dirección General del Agua. Confederación Hidrográfica del Júcar
Director de las obras	José López Garaulet, ingeniero de Caminos, Canales y Puertos adscrito a la Confederación Hidrográfica del Júcar
Autor del proyecto	Jesús Granell, Ingenieros Consultores, S.L. y M.S. Ingenieros, S.L.
Asistencia técnica a la D.O.	Intercontrol Levante, S.A. - Inclam, S.A.
Empresa constructora	Construcciones Alpi, S.A.
Inversión	15.544.253,42 € (IVA no incluido)
Proyecto I+D+i	“Proyecto 243.018. Nuevos Sistemas Constructivos Vinculados al exceso de grado de Fisuración del Hormigón en la Rehabilitación de Presas. 2008-2012”

CANTIDAD	UNIDADES PRINCIPALES
14.771,837	m ³ Hormigón HA-25 de baja retracción.
12.114,485	m ³ Demolición fábrica de hormigón con martillo robotizado
570.259,169	kg Acero corrugado B-500 S
1.673,618	m ³ Hormigón HA-25 en losas de revestimiento del paramento
6.548,630	m ² Encofrado en paramentos vistos en contacto con el agua en movimiento
691,200	m ² Refuerzo estructural de vigas de puente mediante la colocación de hojas unidireccionales de fibras de carbono CF130
93.649,445	kg Acero S-355 JR en estructuras
16.075,000	ml Bulón de 25 mm de diámetro, 2,5 m de longitud total y 1 m de longitud anclada con resina epoxi
11.866,220	ml Bulón de 25 mm de diámetro
5.882,000	Ud. Bulón de 20 mm de diámetro x 2,00 m de longitud
810,000	m Refuerzo estructural de vigas de puente mediante adhesión de laminado preformado de fibras de carbono de 120 mm x 1,4 mm

Premio Rafael Izquierdo a la Solidaridad, promovido por la FUNDACIÓN CAMINOS

El valor de la solidaridad en el ejercicio de la profesión de ingeniero de Caminos

Tras analizar las ocho candidaturas presentadas, el Jurado del Premio Rafael Izquierdo a la Solidaridad, ha decidido otorgar por unanimidad este galardón a Claudio Olalla Marañón, profesor de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid.

Según recoge el Jurado en su acta, el profesor Olalla “es un ejemplo de solidaridad y un modelo, tanto en su faceta profesional, como personal. Lleva colaborando con la Fundación Emalaikat desde el año 2008 pero, ya anteriormente, colaboraba con otras organizaciones y entidades con carácter humanitario”. Junto a la citada Fundación ha tenido la ocasión de mejorar las técnicas y materiales de todas las infraestructuras y recursos acuíferos que se han construido en Turkana (Kenia) y en diversos lugares de Etiopía.

Durante su intervención, Claudio Olalla agradeció esta mención así como todo el apoyo recibido, pero para él supone el reconocimiento a la labor de otros y tuvo un especial recuerdo para la Comunidad Misionera de San Pablo Apóstol. “Considero que el premio que se me concede, es en realidad un premio a todos y cada uno de los miembros de este colectivo de misioneros porque lo esencial es la generosidad con la que este colectivo hace su trabajo”.

Entiende su trabajo como un servicio a la humanidad, llevar el progreso, el agua, la energía... a las personas que lo necesitan. “La solidaridad no solo



Claudio Olalla

es un ejercicio de caridad. Ser una persona solidaria no es limitarse a proporcionar ayuda, sino que implica un compromiso general, un compromiso global, más amplio, con aquel al que se intenta ayudar. La solidaridad hay que entenderla como un acto de justicia. Incluso como un acto político de reparación de las desigualdades. Invita a la reclamación por el daño causado y a la reivindicación”, añadió Olalla.

También ha sido reconocida la labor de la Fundación Desarrollo y Asistencia, que estuvo presidida durante años por Rafael Izquierdo. Su actual presidente, José Antonio Sánchez, fue el encargado de recoger esta mención y señaló que este reconocimiento a Desarrollo y Asistencia es “muy especial para nosotros porque tiene lugar en



José Antonio Sánchez

el año en que celebra el 20 aniversario de nuestra fundación. Hoy somos más de 1.850 voluntarios, que según expresión de nuestro querido Rafael Izquierdo, tratan de devolver a la sociedad lo que ésta les ha dado, realizando más de 136.000 horas anuales de acompañamiento a más de 39.000 personas vulnerables. Rafael nos recordó que nuestro voluntariado fuera de igual a igual, descubriendo la dignidad de la persona vulnerable”.

En este acto estuvo presente el ministro de Sanidad, Alfonso Alonso, para quien iniciativas de este tipo suponen “una oportunidad extraordinaria de reconocimiento a aquellos que ayudan a transformar el mundo”. Además, “reafirma el compromiso ético que tiene el Colegio y de cooperación con los

demás, aportando un valor de solidaridad al ejercicio de la profesión”. También quiso resaltar que la profesión de ingeniero de Caminos es “de suma importancia para nuestro país, así como vuestra contribución al nivel de desarrollo de España, y además sois una referencia en el exterior”. Añadió el ministro que “tenemos que sentirnos más confiados y más comprometidos, convencernos de que el futuro puede ser extraordinario si seguimos adelante y fortalecemos los valores que ustedes han exaltado hoy y con los que me siento muy identificado”.

Por su parte, Juan A. Santamera, presidente de la FUNDACIÓN CAMINOS, quiso reconocer la labor de Rafael Izquierdo así como la “preocupación y ocupación de nuestra profesión por esa parte de la población que no vive ni con la décima parte de las comodidades que nosotros tenemos en nuestra sociedad”. La solidaridad “debe ser un capítulo relevante de nuestras vidas y de nuestros objetivos”. Ha manifestado que este premio es “una iniciativa a la que estábamos obligados y con la que queremos dejar constancia de nuestro compromiso social”.

El certamen, de carácter anual, está promovido por la FUNDACIÓN CAMINOS, en colaboración con el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, la Asociación de Ingenieros de Caminos, la Fundación Desarrollo y Asistencia, las Escuelas de Ingeniería de Caminos, la Fundación de la Asociación Española de la Carretera, la Fundación Francisco Corell, la Fundación Juan-Miguel Villar Mir, la Fundación ACS, Transyt, el Foro de Infraestructuras y Servicios, Creatividad y Tecnología, S.A. –CYTSA– y el Foro de Ingeniería del Transporte.. **ROP**



El ministro Alfonso Alonso en un momento de su intervención



De izquierda a derecha, Rafael del Río, Juan A. Santamera, Claudio Olalla, Alfonso Alonso, José Antonio Sánchez, Susana Camarero, Carlos Conde, José Javier Díez Roncero y Sara Izquierdo



HA LLEGADO EL MOMENTO DE DEJAR DE SOÑAR



HIPOTECA CAMINOS ADQUIRIR TU PROPIA CASA AHORA ES POSIBLE



PLAZO
Hasta 30 años.

0%

Compensación por
desistimiento
total o parcial.

PRÉSTAMO CREDITODO

HACER REALIDAD TUS PROYECTOS YA NO ES UN SUEÑO

HASTA 60.000 € PARA LO QUE TÚ QUIERAS



PLAZO
Hasta 10 años.

0%

Sin comisión por
cancelación anticipada
total o parcial.

Contacta con nosotros y consulta nuestras condiciones ventajosas.

NOTA: la aprobación de estas características está sujeta al procedimiento de aprobación del departamento de riesgos.