



La revista de los
Ingenieros de Caminos,
Cañales y Puertos

3569 OCTUBRE 2015

REVISTA DE
OBRAS PÚBLICAS

ROP

INTERNACIONAL, PROFESIÓN Y EMPLEO

India, hacia la mejora de sus infraestructuras

NOTICIAS DE LAS OBRAS PÚBLICAS

Puente sobre la bahía de Cádiz

COYUNTURA

Ingeniería española: la lucha por la calidad
Juan Ignacio Lema Devesa

CIENCIA Y TÉCNICA

- La guerra del agua. **Juan Guillamón**
- La implantación en España de la directiva europea de inundaciones. **Luis Berga**
- Dependencia hidrológica. El caso de Castilla-La Mancha. **César Luengo**





Porque creemos que la innovación es la única manera de ser competitivos.
Porque creemos que el único mercado es el mundo entero.
Si crees como nosotros. **Creemos contigo.**

Sacyr

www.sacyr.com



Durante el mes de octubre, el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos ha programado la celebración de un ciclo de desayunos políticos con los representantes económicos de los dos grandes partidos, Partido Popular y Partido Socialista Obrero Español, y con los de los dos principales partidos emergentes, Ciudadanos y Podemos, que están llamados, al parecer, a ser los grandes protagonistas de las elecciones del 20 de diciembre. Álvaro Nadal, Jordi Sevilla, Luis Garicano y Nacho Álvarez informaron a los colegiales de sus propuestas programáticas y nos transmitieron su visión de la profesión y de los grandes asuntos a ella vinculados. Posteriormente, a principios de noviembre, durante un último desayuno político del ciclo al que asistirán representantes técnicos de los mismos partidos, el Colegio presentará sus propuestas sobre la profesión y sobre sus ámbitos de actuación e influencia para que puedan ser tenidas en cuenta por las organizaciones políticas.

Este ciclo, que se ha planeado con el mismo espíritu con que antes se organizó el que precedió a las elecciones autonómicas y municipales de mayo, compendia el interés del Colegio por intervenir decisivamente en los asuntos públicos de este país, dando así voz a todos los colegiados que se sienten representados por la institución. Una voz que este mes de julio se ha hecho oír también en la Universidad Menéndez y Pelayo de Santander, donde se ha celebrado el Foro Global de la Ingeniería y la Obra Pública, al que han asistido representantes cualificados de las administraciones y de la sociedad civil, con especial presencia del sector empresarial de la construcción, la

ingeniería y los servicios, así como de la docencia y los medios de comunicación.

La Revista de Obras Públicas dará cumplida referencia del último ciclo de desayunos políticos, y publicará en breve resúmenes expresivos de las principales intervenciones. En el entretanto, y en el número que el lector tiene en sus manos, Juan Ignacio Lema, presidente de Tecniberia, publica un trabajo titulado “Ingeniería española: la lucha por la calidad”; Juan Guillamón, Luis Berga y César Luengo ofrecen visiones diversas del problema del agua en España, a la luz de las recientes inundaciones y de las últimas ‘guerras del agua’ en nuestro país; Juan Diamante ofrece un nuevo método de cálculo de la longitud de los carriles de cambio de velocidad en carreteras; y Antonio L. Lara Galera publica un trabajo sobre la construcción del AVE Madrid-Barcelona, avalado por el Comité de Construcción, Financiación de Infraestructuras y Equipamiento del Colegio, en el que sale al paso de las críticas que el Tribunal de Cuentas ha formulado sobre las contrataciones realizadas.

En la sección internacional, el país objeto de un reportaje relativo a las actuaciones de empresas españolas es la India. La obra pública reseñada en este número es el nuevo puente sobre la bahía de Cádiz construido por Dragados. Finalmente, el centro docente que se consigna es la ETS de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos y de Ingeniería de Minas de la Universidad Politécnica de Cartagena.

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

EDITORIAL

COYUNTURA

- 7 **Ingeniería española: la lucha por la calidad**
Juan Ignacio Lema Devesa
-

CIENCIA Y TÉCNICA

- 15 **La guerra del agua**
Juan Guillamón
-
- 21 **La implantacion en España de la directiva europea de inundaciones**
Luis Berga
-
- 31 **Dependencia hidrológica. El caso de Castilla-La Mancha**
César Luengo
-
- 37 **Método alternativo de cálculo de la longitud de los carriles de cambio de velocidad**
Juan Diamante Corbín
-
- 53 **El AVE Madrid-Barcelona, una obra de mérito**
Antonio L. Lara Galera



INTERNACIONAL, PROFESIÓN Y EMPLEO

63 India, hacia la mejora de las infraestructuras

NOTICIAS DE LAS OBRAS PÚBLICAS

78 **REPORTAJE**
Puente sobre la bahía de Cádiz

85 **ESCUELAS**
**E.T.S. de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos y
de Ingeniería de Minas de la Universidad Politécnica de
Cartagena**

90 **LIBROS**
Novedades editoriales

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

Puente sobre la bahía de Cádiz

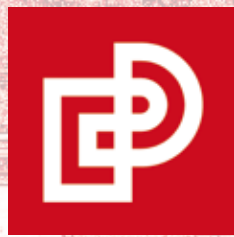




**FUNDACIÓN
CAMINOS**



**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**

Ingeniería española: la lucha por la calidad



Juan Ignacio Lema Devesa
Presidente de Tecniberia

Resumen

La calidad, excelencia y competitividad de las ingenierías españolas les han permitido valerse del sector exterior para sobrevivir a estos largos años de crisis. Actualmente, las ingenierías de nuestro país realizan proyectos en América, Asia, Europa y África y operan en sectores como la ingeniería industrial y energética, la ingeniería civil, servicios tecnológicos, edificación, construcción y medioambiente. No obstante, quedan problemas que impiden a las ingenierías desarrollar todo su potencial. Con el fin de darles solución desde Tecniberia hemos desarrollado un Plan Estratégico para adaptar la patronal ante los nuevos retos que plantean la realidad y el futuro inmediato.

Palabras clave

Calidad, excelencia, competitividad, proyectos, sector exterior

Abstract

The quality, excellence and competitiveness of Spanish engineering companies has ensured a strong foreign presence and allowed it to survive these long years of national recession. Engineering companies from this country are currently carrying out projects in America, Asia, Europe and Africa and operate in sectors such as industrial and energy engineering, civil engineering, technological services, building, construction and the environment. However, there are still problems that prevent these companies from developing their full potential. In order to provide solutions to these companies, the Spanish association Tecniberia have developed a Strategic Plan to adapt management to the new challenges posed by the present and the immediate future.

Keywords

Quality, excellence, competitiveness, projects, foreign sector

El sector exterior ha resultado clave para la supervivencia de la ingeniería en estos largos años de crisis. La profesionalidad, preparación y calidad de nuestros ingenieros y empresas han sido fundamentales para la penetración de las firmas de ingeniería españolas en los mercados internacionales.

Gracias al enorme capital humano y al alto nivel de excelencia que había acumulado el sector, se han podido emprender en los últimos años proyectos que otrora eran impensables, como es el caso de la construcción del metro de Bogotá, puertos en Vietnam, puentes en Hong Kong, el nuevo proyecto del canal de Panamá o una refinería en Siberia.

No obstante, las empresas se encuentran frenadas por ineficiencias institucionales que les impiden explotar todo el potencial competitivo que poseen. Entre los objetivos de Tecniberia está superar estos factores que lastran la capacidad de las empresas españolas para hacerse con las adjudicaciones de obra en el extranjero.

También con cierta regularidad se da la paradoja de que las ingenierías privadas españolas se encuentren compitiendo en el extranjero con las empresas públicas nacionales, sin el apoyo que estas reciben de los correspondientes ministerios. Por otra parte, en el mercado nacional hay un abuso de la utilización de la figura de la encomienda de gestión lo que provoca una distorsión de la competencia en perjuicio de las empresas privadas que ven el mercado recortado. Con el fin de atajar estos problemas, desde Tecniberia nos venimos reuniendo con altos cargos de las administraciones públicas para exponerles nuestras reclamaciones y solicitar que las empresas privadas tengan el mismo apoyo que las empresas públicas en el mercado exterior y se deje de abusar de la figura de la encomienda de gestión.

Pese a la creciente complejidad a la hora de competir más allá de nuestras fronteras, la vocación hacia la internacionalización de las ingenierías no se resiente. Prueba de ello es que dentro de las empresas que forman parte de Tecniberia podemos encontrar varios ejemplos, sobre todo en las gran-

des compañías, donde el 85 % de su facturación viene del exterior. Es más, la cifra total de facturación en el extranjero de todas las empresas que conforman Tecniberia es de 2.500 millones, lo que supone más de la mitad de la suma de todos los ingresos que obtienen.

El alto grado de cualificación alcanzado por las ingenierías hace que nuestras compañías ya no se centren únicamente en los mercados de aquellos países menos desarrollados, sino que han ampliado horizontes compitiendo y ganando proyectos en toda Europa y Norteamérica, logrando que la ingeniería española esté altamente considerada en organismos mundiales como el Banco Interamericano de Desarrollo o el Banco Mundial.

En el exterior, las firmas de ingeniería casi siempre actúan como avanzadilla para las exportaciones españolas. Dado que las compañías de este sector suelen ser de las primeras en llegar a nuevos mercados, la consecución, de forma eficiente, de los proyectos en infraestructuras ha sido, en muchos casos, una suerte de carta de presentación ante otros países y la demostración de que, en general, las empresas españolas hacen muy bien las cosas y que los productos y servicios de nuestro país presentan unos estándares atractivos en calidad y valor añadido.

Principales proyectos en el exterior

Tecniberia, con el objetivo de promocionar a las ingenierías españolas en el exterior, ha creado el Servicio Integrado *online* de Apoyo a la Internacionalización (SAI), una base de datos que incluye información acerca de la presencia y los proyectos internacionales de nuestros asociados, en la que se cuentan con más de 2.000 referencias de proyectos internacionales ejecutados por más de cincuenta ingenierías españolas en cerca de cien países. Esta base de datos permite tener una imagen fiel de cuál es la situación de las empresas de Tecniberia (que engloba tanto a las grandes como a las pymes) en el exterior.

La mayoría de estos proyectos se localizan en América del Sur, si bien, las ingenierías españolas en la actualidad desarrollan su actividad en todo el mundo gracias al prestigio que han acumulado a lo largo de las últimas décadas. Por señalar los principales proyectos que siguen en la actualidad o se han acometido el presente año se encuentra la supervisión de la obra: "Proyecto Acari-Bella Unión II", etapa de Construcción de la represa Iruro en Perú, que lleva la empresa española GPYO Ingeniería y Urbanismo. Al mismo tiempo,



esta empresa ha hecho las labores de consultoría y de elaboración del estudio de preinversión a nivel de factibilidad del proyecto: afianzamiento hídrico en el valle del río Shullcas con fines agrícolas. La suma de estos proyectos alcanza un montante de más de 200 millones de euros.

En África, la empresa Prointec se encarga del seguimiento control y coordinación de los trabajos de construcción de la terminal oeste en el aeropuerto de Argel. Esta obra contratada con el gobierno de Argelia cuenta con un presupuesto de más de 20 millones de euros. En América Central y el Caribe destaca el proyecto de la empresa española Getinsa-Payma, quien está llevando a cabo la supervisión de la explotación del contrato de concesión de obra con servicio público carretera San José-Caldera en Costa Rica. La adjudicación del contrato fue de 10 millones de euros. También son reseñables los proyectos que se están aco-



metiendo en Asia y Oriente Medio. Por señalar uno de los más importantes, el de CAF quien a través de su división de ingeniería de transporte llevará a cabo la fase 1 de diseño de un sistema de tren ligero de 8,5 kilómetros de longitud, por un monto total de unos 150 millones de euros. En Europa, destaca el contrato de Tyspa, quien se adjudicó el diseño de una nueva línea del metro de Estocolmo. Por su parte, Ardanuy Ingeniería también lleva a cabo otro de los proyectos más destacados en América del Norte, como es el del mantenimiento de la línea morada de la red de metro de Baltimore.

La extensión de las ingenierías españolas por el mundo es un hecho. Si analizamos el volumen de exportación de la Ingeniería española, no por zonas geográficas sino por subsectores de actividad, el desglose señala que la principal actividad es la ingeniería Industrial y energética (49,5 %) seguida de

la ingeniería civil (23,8 %), edificación y urbanismo (16,5 %), servicios tecnológicos (11,66 %) y, por último, la ingeniería medioambiental (8,5 %). Esto hace de las ingenierías de consultoría un sector diversificado tanto por actividad como por geografía.

Potenciar las ingenierías

Pese al dinamismo del que hacen gala las ingenierías españolas en el exterior, es un riesgo caer en la autocomplacencia ya que quedan pendientes de solución diversos problemas que afectan negativamente a la competitividad de nuestras ingenierías en el extranjero. Algunos de ellos, gracias en parte a las gestiones realizadas desde Tecniberia, patronal de la ingeniería, y otros organismos, han sido ya solucionados o están en vías de solución. Entre ellos, destaca el proceso ordenado de homologación de las titulaciones de Ingeniería y Arquitectura con los actuales Grado y Máster post Bolonia, que favorece que los ingenieros y arquitectos españoles puedan operar fuera de nuestra fronteras en igualdad de condiciones que sus colegas de otros países, cosa que hasta ahora no sucedía y que suponía una clara desventaja de las empresas españolas de ingeniería de consulta frente a sus competidoras de otros países.

En concreto, el 24 de abril de este año, durante un Consejo de Ministros, se determinó la correspondencia a Máster (Nivel 3 del Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior, que se corresponde con el nivel 7 del Marco Europeo de Cualificaciones) del título de ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (afecta a todos los titulados anteriores al Plan Bolonia), lo que permite el reconocimiento profesional en el extranjero de los titulados de las universidades españolas. Posteriormente, el 4 de septiembre, se aprobó la homologación a Máster de los títulos de: arquitecto, ingeniero aeronáutico, ingeniero naval y oceánico, e ingeniero de telecomunicación. Los títulos de ingeniero técnico correspondientes se han homologado a nivel de grado.

Otro de los problemas que afrontan las ingenierías españolas, que les impiden explotar todo su potencial competitivo y que está aún lejos de solucionarse, es la aplicación de criterios de adjudicación de los servicios profesionales que desatienden la aptitud técnica y responden exclusivamente a criterios económicos, convirtiéndose las adjudicaciones por parte de las administraciones en meras subastas donde el precio es el único factor real a tener en cuenta. Cuando una empresa de ingeniería se internacionaliza si quiere competir ha de hacerlo ofreciendo algo distinto y de mayor calidad.

+ 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

La competencia solo vía precio muchas veces es un callejón sin salida ya que una empresa de ingeniería del propio país podrá ofrecerte el mismo servicio a un menor coste. Es la apuesta por la excelencia, por dar la mejor calidad a un precio competitivo, lo que a día de hoy ubica a las ingenierías españolas en la primera división a nivel internacional.

Sin embargo, la actual política de contratación de las administraciones públicas lejos de incentivar la inversión en calidad, la perjudica. Es por ello que este año Tecniberia y otras asociaciones empresariales y profesionales del sector de ingeniería y de arquitectura hemos firmado la “Declaración por la calidad en los servicios de Ingeniería y de Arquitectura”, y desde Tecniberia estamos presentando a las principales formaciones políticas nuestras propuestas con el ánimo de que las incorporen en parte a sus programas electorales y de cara a la próxima legislatura haya un cambio en el modelo de adjudicación de las obras públicas.

Finalmente, entre las acciones emprendidas para potenciar la internacionalización de las ingenierías de consulta hay que destacar la participación de Tecniberia y otras asociaciones en las principales ferias internacionales entre ellas la de eficiencia energética y de la construcción. En noviembre, Tecniberia participará en el Salón Mundial de la Construcción, que agrupa las ferias Batimat-Interclima+Elec-Ideobain, donde se reunirán las ofertas más importantes del mundo en materia de soluciones e innovación en el sector de la construcción (en concreto, se estima que se reunirán 3.500 expositores y contará con la afluencia de más de 400.000 visitantes). A su vez, Tecniberia participará en la primera edición del WorldEfficiency, que tendrá lugar del 13 al 15 de octubre, congregará a los actores económicos que han desarrollado soluciones profesionales con menor impacto en los recursos y el clima, y que presentarán seis semanas antes de la COP21 a los contratistas, prescriptores e inversores de los sectores público y privado. Desde la patronal buscamos eventos y escaparates internacionales que permitan a las empresas de ingeniería entrar en sectores con una actividad muy de cara al futuro y con un potencial de crecimiento en un plazo inmediato, como es el caso de la eficiencia energética, la innovación, economía circular, *smart cities*, etc.

Objetivos a corto plazo

Tecniberia está desarrollando un Plan estratégico para adaptar la patronal ante los nuevos retos que plantean la realidad y el futuro inmediato.

Para dar respuesta a esos retos, en Tecniberia pensamos que se deberían llevar a cabo las siguientes propuestas:

- Reconocer la importancia del sector de la Ingeniería, si el país aspira a mantener/alcanzar un liderazgo internacional.
- Asumir la responsabilidad por todos los agentes sociales para mantener las capacidades del sector, en beneficio del país y, al margen y por encima de los intereses legítimos de Tecniberia, de promover oportunidades de negocio para sus empresas.
- Primar criterios de calidad sobre los económicos para la adjudicación de los trabajos de ingeniería. Tenemos la oportunidad, además, de potenciar esta cultura a través de una acertada transposición de las Directivas europeas de contratación del sector público, y de concesiones y servicios.

Las condiciones administrativas de contratación de los servicios intelectuales deben fomentar una cultura empresarial que sea capaz de aportar al mercado internacional solvencia técnica, calidad y competitividad en su trabajo y, sobre todo, y como elemento diferencial, valor añadido al cliente.

- Pagar por la ingeniería de calidad su precio justo, asignando presupuestos a las actividades de ingeniería similares a los que se manejan en los países de nuestro entorno económico, en relación con el coste total de la infraestructura (actualmente inferior al 4 % de la inversión, frente al 8 %-10 % habitual en los países occidentales)

Los presupuestos de las diferentes administraciones públicas (y en particular los Presupuestos Generales del Estado) son el instrumento de gestión y de gobierno, y deben garantizar un nivel mínimo de actividad compatible con la supervivencia del sector de la Ingeniería.

- Desagregar en los Presupuestos de inversión en infraestructuras las partidas a dedicar a servicios de ingeniería y consultoría de las dedicadas a obra, y especificando en ellas las destinadas a: estudios, anteproyectos y proyectos; asistencias técnicas a dirección de obra; y controles de calidad.
- Acordar con el Gobierno un replanteamiento de la actividad de las empresas públicas de Ingeniería, para que en el mercado interior se ajusten a su función de medio propio de la Administración y se deje de abusar de la figura de la Encomienda de Gestión y de las adjudicaciones directas,



garantizando un marco de competencia equilibrado entre las empresas públicas y el sector privado.

En el mercado exterior, reclamamos para las empresas privadas de Ingeniería el mismo apoyo que se les presta a las empresas públicas.

- Situar la internacionalización de la ingeniería como una “cuestión de Estado”, promoviendo y apoyando la presencia de la Ingeniería española en el mercado internacional mediante:

- Apoyo financiero para la realización de ofertas internacionales y la implantación internacional de las empresas de Ingeniería: facilitando la búsqueda de nuevas formas de financiación que potencien la internacionalización de las empresas, como la participación en consorcios verticales, colaboración público-privada y la obtención de avales internacionales.

- Difusión internacional de la imagen tecnológica de España.

- Impulsar el desarrollo de la “Diplomacia Comercial”. Tecnería y las ingenierías, en especial las pequeñas y medianas

empresas, deben acompañar a las misiones comerciales del Estado por el mundo, en igualdad de condiciones que otras asociaciones empresariales.

- Programas de formación específica.

- Las administraciones públicas deben apoyar la reestructuración del sector a través del fomento de las operaciones de fusión de empresas y alianzas estratégicas, habilitando:

- Un fondo para préstamos bonificados que financie las operaciones de fusión de empresas de ingeniería y las alianzas estratégicas.

- Incentivos fiscales para las operaciones de concentración empresarial.

- Apoyo decidido a la I+D+i, incrementando la financiación específica de los proyectos de I+D+i y de transferencia de la innovación, favoreciendo un marco institucional que promueva la realización de proyectos y procesos de innovación en las empresas de Ingeniería

El sector de la ingeniería tiene una participación en el PIB español muy inferior al de otros sectores, pero no es menos



cierto que es un sector estratégico para todo país que aspire a competir con las principales potencias económicas. La ingeniería es la inteligencia práctica de un país, los avances en investigación, desarrollo e innovación se canalizan a través de este sector hasta el ciudadano quien los disfruta, ya que las ingenierías convierten los avances científicos en aplicación práctica. En lo que compete más directamente a la internacionalización y a la competitividad de un país, las ingenierías españolas han tenido y tienen un importante impacto en las exportaciones. Por un lado, han contribuido a incrementar la base exportadora, añadiendo nuevos servicios de calidad que desde España se ofrecen a otros países; han propiciado la diversificación de mercados, dada la presencia de las ingenierías españolas en prácticamente todos los países del mundo; y ayudan a incrementar el componente tecnológico –y con ello el valor añadido– de las exportaciones españolas.

El país tiene un gran activo en su sector de Ingeniería de consulta. Merece la pena hacer el esfuerzo para que todo lo conseguido en las últimas décadas no solo no desaparezca sino que se explote todo el potencial que tiene que ofrecer tanto a nivel nacional como internacional. **ROP**

La guerra del agua



Juan Guillamón
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Resumen

A lo largo del último cuarto de siglo, y en lo que va del presente, las cosas en materia hídrica no han cambiado. Distintas personas encarnan los mismos personajes. No hay cambios. Invocar a la solidaridad entre territorios para el reparto del agua es contrario a lo que la Carta Europea del Agua nos indica en el sentido de que 'el agua no entiende de fronteras'. El fracaso de las propuestas hidráulicas tiene que ver, en España, con las concesiones otorgadas por el gobierno central a favor de las administraciones territoriales, invocando el precepto de la solidaridad en vano. Y este fracaso resulta paradójico por producirse en España, lugar donde la comprensión del valor agua ha sido, desde bastante más de 100 años, un hecho destacado.

Palabras clave

Decreto, trasvases, desalación, territorio, solidaridad, medio ambiente

Abstract

Very little has changed with respect to water matters over the last forty years. The same roles have been taken over by different individuals. There has been no change. The call for solidarity between regions for the distribution of water goes against the proclamation of the European Water Charter that "Water knows no boundaries". In Spain the failure of water proposals is largely down to the concessions granted by central government to the regional authorities, and invoking the precept of solidarity in vain. This failure in Spain is all the more incongruous as this is an area when the full value of water has been well understood for over 100 years.

Keywords

Decree, water transfers, desalination, territory, solidarity, environment

Da cuenta Juan Benet, en 'El Caballero de Sajonia', de que un pescador furtivo de cangrejos, al ser detenido en el mercado de Zu Meinecke, alegó en su defensa: "Las aguas y sus riquezas no tienen dueño, a mi juicio".

Empezamos por el principio dando cuenta de lo que, a mi modo de ver, da lugar a esta tan explícita circunstancia como es lo que se viene denominando por la clase política –y el vulgo, por supuesto– como 'guerra del agua'. Sí, el germen de este conjunto de disputas, donde todo el mundo se siente enemigo de todos, tiene que ver con el concepto de 'solidaridad'. En efecto, para llevar a cabo cualquier encomienda política, en cualquier partido –regionalista o soberano–, el argumento utilizado es, siempre, apelar a la solidaridad (solidaridad de las gentes, de los pueblos y territorios) de quienes se encuentran en cercanos a las riberas de los ríos, y sus afluentes, que recorren la península. Solidaridad que se manifiesta en la asunción por ellos de ciertas pérdidas a fin de compensar a otros de

sus carencias. Ignoro el momento en que esta teoría se hizo patente pero sí he de consignar que uno de los primeros en entrar a saco dentro de los rigores que se asumen como elementos de la solidaridad fue el presidente de Castilla-La Mancha, José Bono, quien estimó oportuno (desde luego, bajo el punto de vista político) negar el 'sacrificio' solidario de los castellano-manchegos. En tal momento, 1979, se inauguraron con éxito hidráulico las obras del trasvase Tajo-Segura. Quienes políticamente estaban a favor del concepto 'trasvase' apelaban a la solidaridad como justificante de su bondad.

Pero resulta que esta solidaridad tan manida, tan invocada, es, desde mi punto de vista, la causante de todas las batallas que, en su conjunto, pueden advertirse como una auténtica 'guerra del agua'. En un principio, con base a guerrillas, a parlamentos enconados, políticos de unos y otros partidos enredados en afanes electoralistas más inclinados a interpretar las cosas en términos territoriales que en función de las ideologías

respectivas. Los gobernantes de los territorios en donde el agua fluye se mostraban poco solidarios, mientras que los de las regiones con carencias (objetivamente determinadas) se encontraban con aquellos y precisaban su falta de solidaridad como fundamento esencial.

Fallaba la solidaridad entre territorios vecinos. Mal asunto. Pero la culpa, los culpables, de estas graves disensiones no son los ciudadanos, ni la opinión pública generalizada, ni los medios de comunicación –todos, los que informan y, aún, los que adiestran–. Ninguno de ellos. La culpa es, sin embargo, de una clase política egoísta y de la debilidad de los argumentos tanto de la ingeniería como en las de sus aliados (sí, así es, aliados), los conservacionistas. La idea de solidaridad tiene su fundamento, insisto, en que unos dan y otros reciben; unos tienen de más y otros de menos, incluso cuando los que tienen más no tienen mucho de más. La solidaridad entre unos y otros debería solucionar las condiciones del reparto. Y aquí está la clave de los desaciertos hídricos en España: dar por hecho de que a unos les pertenece algo, ¡el agua que discurre por sus territorios, por dentro de los límites administrativos de sus fronteras!

Así se está sancionando que el agua sí que tiene fronteras, lo cual es una transgresión fundamental a la Carta Europea del Agua, 1968, en su artículo 12 (*el agua no tiene fronteras. Es un bien común que requiere la cooperación internacional*). Se está entendiendo que el agua es propiedad de quienes la ven circular por su territorio. Y como sucede que los ciclos temporales del agua¹ son demasiado veleidosos, las sequías recurrentes revelan a los ciudadanos en donde se producen una imagen inequívoca de escasez. La solidaridad, entonces, queda invalidada. Los políticos locales, siempre interesados en mostrar interés por los problemas de la ciudadanía, toman sus quejas y temores para argumentar sus propuestas y participar, de facto, en los foros políticos en donde se tiene lugar la ‘guerra’.

Es un error de principio este asunto de la solidaridad. No ha lugar. Nadie, ni a nivel individual ni colectivo, dispone de masa alguna de agua como propiedad. Hay, eso sí, una gran excepción: la cuestión previa a toda planificación que nos remite a la protección del medio ambiente y la conservación de la naturaleza. Esto sí que debe tomarse como mandamiento a cumplir. El agua juega un papel esencial en el mantenimiento de la vida dentro del respeto máximo que se exige en su uso en mérito a la conservación del medio. El agua sí que está





sometida a los rigores de tal propiedad pero, después, no tiene propietario alguno más que todo el conjunto de los ciudadanos. Su distribución nada tiene que ver con la solidaridad, tiene que ver con la eficacia, la equidad y el respeto a la sostenibilidad del medio natural. Cualquier política, de quien quiera que sea el color de los gobiernos, debe responder a este principio. No son cuestión de solidaridad y sí de eficacia y equidad las cuestiones del agua.

Si las cosas hubieran sido así, desde 1933 con la realización del Plan Hidráulico de la República, redactado por el aragonés Manuel Lorenzo², tomando después en consideración los argumentos regeneracionistas de Joaquín Costa (si bien con criterios económicos hoy superados), llegado el momento de la aprobación del proyecto del trasvase Tajo-Segura a mediados de los años sesenta³, la recurrente acción política antitrasvasista de José Bono y, finalmente, la inoportunidad de la derogación del trasvase del Ebro en 2004⁴, quizá no hubiese habido lugar en España la 'guerra' sin cuartel y con barricadas como la que en la actualidad ha lugar.

Como hito importante que certifica el desconcierto hidráulico existente, cito la tenaz e indomable actitud de rechazo de los aragoneses⁵ frente a la idoneidad de efectuar un trasvase desde la desembocadura del Ebro, que discurre a lo largo de Aragón procedente de otras comunidades autónomas. Siendo la distancia, aguas abajo –entre Zaragoza y Deltebre–, de unos 180 km, con la particularidad de que entre ambos lugares se ubican dos grandes embalses con suficiente capacidad de regulación⁶. Esta actitud tan inflexible de Aragón, por más que revele una postura equivocada respecto a la titularidad del río⁷, tiene que ver con determinado incumplimiento en materia de infraestructuras hidráulicas a principios del pasado siglo e iniciativas no resueltas dentro del denominado Pacto del Agua en Aragón. Lo que sí es firme es que los aragoneses han tomado partido por la no ejecución del trasvase del Ebro y a lo que resulta ver, esta parte de la Guerra les resulta victoriosa. Eso sí, en una posición fuera de razón, los aragoneses han decidido –como un ataque a los trasvases en su totalidad- incorporar en su Estatuto de Autonomía 6.550 Hm³ de agua como reserva estratégica con cargo al río Ebro. Tal cantidad no tiene respaldo técnico alguno y, en todo caso, resulta paradójica su reserva por cuanto que si de lo que se trata es trazar una línea roja a los trasvases, la reserva traspasa de facto esa línea pues Teruel existe y gran parte de su territorio queda incluido en la cuenca del Júcar.

Sin embargo, esa reserva nos da claridad en cuanto a las diferencias hidrológicas entre territorios. Si Aragón cuenta con un millón y medio de habitantes, el reparto de esos 6.550 Hm³ produciría una asignación media por habitante de 4.300 m³. Por contra, en la cuenca del Segura con dos millones y medio de habitantes, los recursos hidráulicos no llegan a los 1.000 Hm³, correspondiendo entonces a cada ciudadano 400 m³ –el 10 % de lo que se adjudica Aragón–. Tales diferencias justifican las demandas de unos y la oposición de otros. Y las ‘barricadas’ emocionales de estos, convertidas en argumentos políticos y jurídicos, resultan infranqueables.

En realidad, y tras una serie ininterrumpida de desacuerdos, el elemento clave, el punto de ruptura total en donde los participantes de la ‘guerra’ toman verdadero cuerpo en sus respectivos papeles es en junio de 2004. El nuevo gobierno de Zapatero toma la decisión de derogar una parte muy sustancial del PHN aprobado por el anterior Gobierno. Tal como así lo acreditan las crónicas, el presidente necesita un pacto de gobierno con el denominado tripartito catalán que exige, para ello⁸, la anulación del trasvase del Ebro. La acción se desarrolla a toda prisa, y el consiguiente decreto-ley⁹, en menos de un mes, pone las cosas en el sitio donde, desde luego, no debiera estar. La ‘batalla del Ebro’ es una de las piezas más destacadas que explican esta ‘guerra’. Su planteamiento fue integralmente político y obedeció a cuestiones que nada tienen que ver con la buena interpretación de la técnica. Las justificaciones argüidas para denostar el trasvase del Ebro presentaron, en general, un razonamiento falso y prefabricado para justificar las cifras que finalmente se obtienen. Es un insulto al trabajo y a la inteligencia de quienes proyectaron esa obra hidráulica. La obra no se amortiza en 25 años, si acaso, y por convención, el período debe fijarse en 50 años como nos enseñan nuestros maestros, advirtiendo además que lo normal sería en todo caso que un gobierno socialista dispusiera para el ciudadano las obras públicas sin amortización alguna (claro que la filosofía europea consagra el sistema capitalista como esencial para el ejercicio de la política común). Como 50 es el doble de 25, una buena parte de la tarifa quedaba incrementada. Se dijo, no sin descaro, que no había estudios geológicos realizados, lo cual no era ni media verdad. Se determinó, como quien no quiere la cosa, que las pérdidas serían del 16 % como mínimo y se justificaron haciendo notar que las pérdidas del Tajo-Segura eran del 10 % cuando, en realidad, el sistema de circulación de las aguas en el ATS es muchísimo más complicado que el previsto para





el trasvase del Ebro, del cual se podría afirmar con cierto rigor que no llegarían ni al 5 %, tal y como se contempló en el anteproyecto, cuestión esta –la de su contemplación– que también se negó. Respecto al caudal ecológico la cifra de 135 m³/s parece que se adopta para que los números cuadren. Finalmente, las limitaciones en los desembalses de Mequinenza y Ribarroja pueden ser ampliamente criticadas por el más modesto de los técnicos hidráulicos y respecto a las negativas, que se habían venido arguyendo con reiteración, por parte de Bruselas no eran tales¹⁰.

Planteadas así las cosas, quienes asumieron las razones por las que se anulaba el trasvase del Ebro tuvieron oportunidad de afianzar sus barricadas y renovaron sus votos, ya de por sí inasequibles al desaliento, a las convicciones hidrológicas como armamento de guerra contra el invasor de sus fronteras ávido de apropiarse de sus tesoros hídricos. Al tiempo que quienes resultaron vencidos en esa paradigmática batalla no tuvieron otro recurso bélico que enarbolar tristemente aquellas pancartas del ‘agua para todos’. Esta batalla fue decisiva para marcar y determinar los estrictos límites de lo político en esta tan escasamente húmeda guerra. Y la razón estriba en que, con independencia de que hubo vencedores y vencidos, en lo objetivo de la batalla, unos y otros obtuvieron sus respectivos botines de guerra. En el lado de los vencedores, ganaron rédito electoral aquellas formaciones políticas que hicieron de su bandera el afán por laminar cualquier tipo de transferencia hídrica más allá de los límites de sus territorios. Y en el de los perdedores el rédito electoral correspondió a las formaciones que se mostraron claramente indignadas por esta derrota. Esto fue determinante, de una vez por todas, para que la ‘guerra del agua’ fuera una auténtica guerra política, en donde el armamento empleado no es otra cosa que el conjunto de los recurrentes y tópicos llamamientos y arengas de escaso juicio objetivo con los que los representantes políticos intentan ganarse votos y más votos. Siempre estableciendo juicios absolutos sobre las inciertas propuestas que la ciencia hidráulica ofrece. Desde el lado técnico, desde la posición pretendidamente independiente que la ingeniería dispone para dar con la solución de problemas sociales, no queda, ante esta ‘guerra’, otra cosa que la decepción. Y por si faltara algún elemento guerrero en esta guerra donde los discursos técnicos han sido descartados, viene el asunto de la desalación, una técnica eficazmente perfeccionada hasta extremos no previstos hace un par de décadas, para proveer a uno y otro bando un nuevo argumento con el que batallar, de tal suerte que puede admitirse, admitiendo cierta

simplificación que –como moros y cristianos, romanos y cartaginenses– surgen en la modernidad más estúpida los trasvasistas versus desalinizadores. Aunque bien mirado, estos dos procedimientos de que se vale la hidráulica deben ser contemplados como complementarios y no alternativos. Y no es de despreciar la participación de otro ‘enemigo’, esta vez de todos, tal es el ecologismo radical que nos está obligando a realizar reflexiones en torno a la planificación hidráulica de España dentro del marco exclusivo de la intransigencia especialmente radical.

El armisticio solo puede llegar de forma asumida por todos, sin referencias a la solidaridad y sí en función de los intereses globales de todos los españoles, admitiendo como restricción previa, razonable y tasada, que la propiedad primera e indiscutible del agua pertenece a la naturaleza para su conservación y sostenibilidad. Y para ello, después, como determinó Juan Benet, esto: ‘La política hidráulica no puede ser local, solamente la puede llevar a cabo el gobierno central, con competencia soberana sobre el agua española y con el lejano y supremo objetivo de conseguir una redistribución de la riqueza hídrica española mediante la nivelación de las más flagrantes diferencias¹¹’.

Sin embargo, después de 37 años de Democracia, gobernando y desgobernando los asuntos del agua, incapaces todos de dar con el resultado final, hay razones para la desesperanza, para la cansera que nos abrumba en esta España tan diversa como plural en sus intenciones, a veces húmeda y a ratos seca, y con la tristeza del poeta¹², acaso debiéramos lamentarnos así:

*“¿Pa qué quiés que vaya? Pa ver cuatro espigas
arroyás y pegás a la tierra;
pa ver los sarmientos rüines y mustios
y esnúas las cepas,
sin un grano d’uva,
ni tampoco siquiá sombra de ella...
Pa ver el barranco,
pa ver la laera,
sin una matuja... ¡Pa ver que se embisten,
de pelás, las peñas!...
Anda tú, si quieres,
que a mí no me quea
ni un soplo d’aliento,
ni una onza de fuerza,
ni ganas de verme,
ni de que me mienten, siquiá la cosecha”.* **ROP**

Notas

- (1) Para Juan Benet, el Agua es muy variable en el corto plazo, semiconstante en el medio y firmemente constante en el largo plazo.
- (2) Siendo ministro de Obras Públicas Indalecio Prieto.
- (3) Ministro Silva Muñoz.
- (4) El Decreto de anulación del Trasvase del Ebro en junio de 2004 a fin de garantizar apoyos catalanistas al gobierno de Zapatero es crucial para las circunstancias hidráulicas en España.
- (5) Cualquier gobierno, en cualquier situación se ha mostrado beligerante, más allá de lo que hubiera indicado la ideología correspondiente.
- (6) Mequinenza y Ribagorda.
- (7) Inscripción de Menéndez Pelayo en el nacimiento del río Ebro (Fontibre): “*La áspera sierra que guarda en sus humildes peñascales la cuna del histórico río que a toda la península da nombre y que despues de saludar los ferreos lindes de la vasconia y besar el muro triunfal y sagrado de Zaragoza viene a rendir tributo a vuestro mar en la ribera tortosina simbolizando en su majestuoso curso la unidad suprema y la diversidad fecunda de la historia patria*”.
- (8) Pacto del Tinel.
- (9) La parte afectada negativamente no dudó en denominarlo Decretazo.
- (10) En la legislación europea no he encontrado, en sitio alguno, disposiciones que prohíban los trasvases. Si acaso, son las prevenciones típicas de funcionarios escrupulosos en la interpretación de las Directivas Europeas
- (11) En todo caso, hoy Juan Benet no estaría de acuerdo con lo que en su día escribió: “*¿Quién duda de que la nueva generación de políticos y técnicos sabrá sacar adelante la política de trasvases por el camino más conveniente y menos emotivo?*”
- (12) Vicente Medina. La Cansera.

La implantación en España de la directiva europea de inundaciones



Luis Berga

Doctor ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Presidente honorario de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD)

Resumen

En Europa y en España, las inundaciones representan el riesgo natural más importante, y constituyen un grave problema económico y social. En este artículo se describe el proceso de implantación de la Directiva Europea en España, destacando los temas más importantes y problemáticos, como son la zonificación de las zonas inundables, las medidas frente a las inundaciones, y la importancia de la ordenación territorial y urbanismo. Finalmente, se analiza la necesidad de una normativa precisa para la regulación de los usos del suelo en las zonas inundables.

Palabras clave

Inundaciones, directiva europea, riesgos, zonificación, usos del suelo

Abstract

In Europe and in Spain floods represent the most important natural hazard and they constitute a serious economic and social problem. In this article the process of implementation of European Directive in Spain is described, highlighting the most important and problematic topics, like the zoning of flood-prone areas, the measures in front of the floods, and the importance of the territorial ordination and urbanism. Finally the need of an accurate normative for the regulation of the land uses in the flood areas is analyzed.

Keywords

Floods, European directive, risk, zoning, land use

1. Introducción

En Europa las inundaciones son uno de los riesgos naturales más importantes. En relación con la totalidad de los desastres naturales, significan alrededor del 30 % del número total de desastres, el 27 % de la población afectada, el 40 % de los daños económicos, pero únicamente el 4 % de las víctimas causadas por los desastres naturales. Durante el periodo entre 1972 y 2012, hubo, de media, 10 inundaciones significativas por año, que causaron unas 104 víctimas mortales por año, y que produjeron severos daños económicos de más de 3.500 M€ por año. Este cuadro de las inundaciones europeas se enmarca en el panorama mundial de los impactos de las inundaciones en los países desarrollados, que, en general, muestra un reducido número de víctimas junto con unos daños económicos muy elevados, que han aumentado considerablemente en las últimas décadas.

La inundación más impactante en Europa en los últimos años tuvo lugar en 2002, afectando a amplias áreas de la

Europa central, principalmente a las cuencas de los ríos Vltava, Elba y Danubio, en la República Checa, Alemania y Austria. La inundación causó 47 víctimas, afectó a unos 4,2 millones de personas, de las que se tuvieron que evacuar a más de 400.000. Los daños económicos fueron severos, evaluándose en unos 17.000 M€, y se produjeron también incalculables daños al patrimonio cultural, principalmente en las ciudades de Dresde y Praga. Estos hechos alertaron a la Unión Europea que, teniendo en cuenta además que las inundaciones en la Unión constituyen un alto potencial de riesgo para causar víctimas, evacuaciones de poblaciones y daños al medioambiente, así como comprometer severamente el desarrollo económico y alterar sus actividades económicas, aprobó, al cabo de unos años, la Directiva 60/2007/EC relativa a la ‘Evaluación y gestión de los riesgos de inundación’.

También en España, las inundaciones son el riesgo natural más importante del país y constituyen un grave problema económico y social. En el periodo 1995-2013,

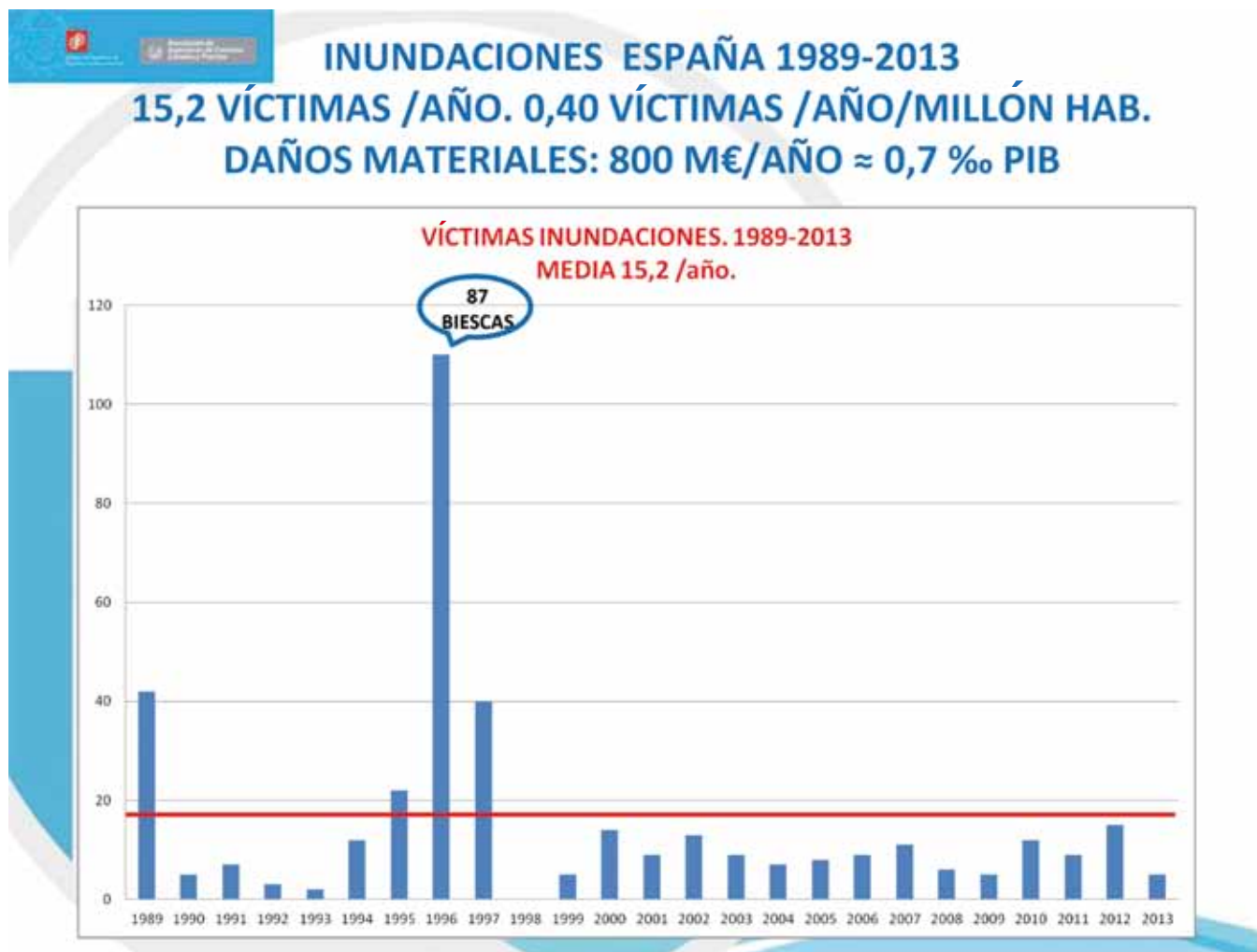


Fig. 1. Evolución de las víctimas producidas por las inundaciones (1989-2013)

las inundaciones han sido el desastre natural que más víctimas mortales han producido, con un 27 % del total. En el periodo 1989-2013, las inundaciones han causado 380 víctimas mortales, lo que representa, en media unas 15 víctimas por año, con un indicador de alrededor de 0,35 víctimas por año y millón de habitantes (figura 1).

Sin embargo, conviene recordar que en las décadas de los años 50 a los 80 se produjeron diversas inundaciones catastróficas en nuestro país que causaron numerosas víctimas mortales (la del Vallés en septiembre de 1962 con cerca de mil víctimas). La evolución de las víctimas causadas por las inundaciones catastróficas en el periodo 1950-2011 muestra un constante y significativo

descenso con una reducción superior al 90 %. Ello demuestra la efectividad de las actuaciones y medidas que se han desarrollado e implementado para disminuir los impactos de las avenidas sobre la vida humana: infraestructuras hidráulicas, presas y embalses, sistemas de previsión de avenidas, sistemas de alarma, planes de emergencia de inundaciones, etc. Pero, por otro lado, los daños económicos producidos por las inundaciones han experimentado un ascenso creciente, habiéndose incrementado unas 2,5 veces desde la década 80, con una evaluación actual de unos 800 M€/año, aproximadamente un 0,7 ‰ del PIB, debido principalmente al aumento de los asentamientos urbanos, industriales y de servicios e infraestructuras en las llanuras de inundación.



Fig. 2. Zonificación según la trasposición de la Directiva y según la Ley de aguas y su reglamento

El Colegio y la Asociación de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos siempre han prestado una especial atención a las problemáticas del agua y de las inundaciones. En el año 2010 organizaron una jornada sobre la nueva Directiva Europea de inundaciones. Ahora, transcurridos cinco años han organizado una jornada sobre la implantación de la Directiva, cuyo objetivo ha sido el análisis de la problemática de las inundaciones en España y la descripción del proceso de implantación de la Directiva, junto con la presentación de los Planes de Riesgo de Inundación ya finalizados. Las ponencias a estas jornadas se pueden consultar en la página web de Colegio (1). El objeto de este artículo es hacer una descripción general del proceso de implantación, destacando los temas más importantes y problemáticos, y analizando las oportunidades y retos que supone la directiva para una mejor aplicación y coordinación de las medidas de los Planes de Gestión de Riesgos para hacer frente a las inundaciones y sus impactos.

2. Trasposicion e implantacion de la directiva

La transposición de la Directiva a la legislación española se realizó mediante el Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación. (BOE núm. 171, 15 julio de 2010). La Directiva 60/2007 es muy conceptual y relativamente sencilla, pero al hacer la transposición en nuestro país se ha complicado, pues se hizo conjuntamente el proceso de transposición y la adaptación del Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, intentando tener una norma única para regular

los aspectos relativos a las inundaciones junto con los del dominio público (figura 2).

Además, se ha introducido un nuevo concepto que es la denominada zona de flujo preferente (ZFP) (figura 3). La zona de flujo preferente es aquella zona constituida por la unión de la zona o zonas donde se concentra el flujo durante las avenidas, o vía de intenso desagüe (VID), y de la zona donde, para la avenida de 100 años de periodo de retorno, se puedan producir graves daños sobre las personas y los bienes, o zona de inundación peligrosa (ZIP), quedando delimitado su límite exterior mediante la envolvente de ambas zonas. En realidad representa una reducción de la zona de inundación de la avenida de 100 años de periodo de retorno.

En total, debido al tratamiento conjunto de las inundaciones y del dominio público hidráulico, existen siete zonas en los ríos, sus márgenes y áreas inundables: cauce, zona de servidumbre, zona de policía, zona de flujo preferente, y avenidas de periodo de retorno de 10, 100 y 500 años (figura 4). Demasiadas zonificaciones. Por ello, sería necesario, en relación con la gestión eficaz de las inundaciones, hacer una simplificación.

Esta simplificación, a efecto de las inundaciones, consistiría en definir únicamente tres zonas dentro de las áreas inundables: la avenida de 10 años de periodo de retorno, la de 100 años (o su alternativa de la zona de flujo preferente ZFP), y la avenida de quinientos años (figura 5).

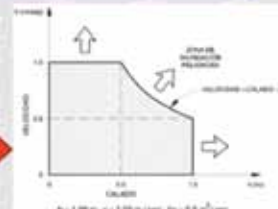
ZONA DE FLUJO PREFERENTE. ZFP

La zona de flujo preferente

Zona de flujo preferente

Zona de inundación peligrosa

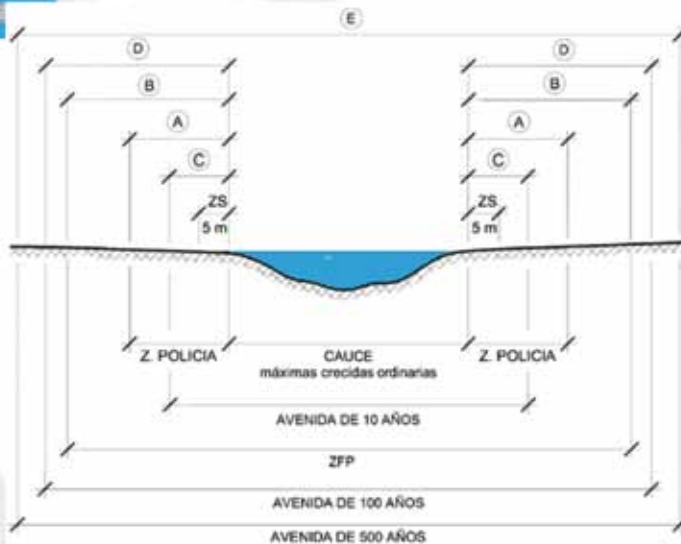
Vía de intenso desagüe



CRITERIO PARA LA DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE INUNDACIÓN PELIGROSA ZFP



Fig. 3. Definición de la Zona de Flujo Preferente (ZFP)



- ZS ZONA DE SERVIDUMBRE
- A ZONA DE POLICIA: ZP - 100 m
- B ZONA DE FLUJO PREFERENTE (ZFP)
- C T=10 AÑOS
- D T=100 AÑOS
- E T=500 AÑOS

ZONIFICACIÓN ZONAS INUNDABLES
LEY DE AGUAS Y DIRECTIVA.

Fig. 4. Zonificación conjunta de la Directiva y de la Ley de Aguas



Fig. 5. Alternativas para la simplificación de la zonificación de las áreas inundables



Fig. 6. Delimitación de la zona inundable en el bajo Júcar para periodos de retorno de 10, 100 y 500 años, y para la ZFP

En la comparación de las alternativas entre la avenida de 100 años y la ZFP, hay que tener en cuenta que la ZFP es menor que la delimitada por la de 100 años, lo que presenta la ventaja que en amplias llanuras de inundación (como son, entre otras, las zonas del Júcar o del Segura) las regulaciones de los usos del suelo tendrían limitaciones e impactos más razonables para su desarrollo actual y futuro (figura 6). Pero la aplicación de la ZFP, en lugar de la de los 100 años, presenta el inconveniente de que no está definida en la Directiva Europea, pero lo que es más importante su aplicación no se basa en esta Directiva ni es inmediata, sino que su delimitación se relaciona con la ampliación de la zona de policía. Ello daría lugar a importantes, y posiblemente largos, trámites y complicaciones administrativas, ya que sería necesario instruir al efecto el oportuno expediente en el que deberá practicarse el trámite de información pública y el de audiencia a los ayuntamientos y comunidades autónomas en cuyo territorio se encuentren los terrenos gravados, y a los propietarios afectados, según señala el RD 9/2008 de modificación del Dominio Público Hidráulico.

El proceso de implantación de la Directiva se ha llevado a cabo siguiendo tres pasos básicos:

1. Evaluación preliminar del riesgo de inundación, con la localización de las Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSI).
2. Elaboración de los mapas de peligrosidad y de riesgo de inundación. Estos mapas deben contemplar, en general, al menos, los escenarios siguientes: a) Alta probabilidad de inundación, periodo de retorno de 10 años, b) Probabilidad media de inundación (periodo de retorno de 100 años), y c) Baja probabilidad de inundación (periodo de retorno de 500 años).
3. Formulación de los planes de gestión del riesgo de inundación. En otros artículos de este número de la ROP se describe y analiza con detalle todo el proceso seguido, sus resultados y los planes de riesgo para cada una de las Demarcaciones Hidrográficas, que están ya redactados con lo que se espera cumplir con los plazos impuestos por la Directiva, que finalizan a final de este año. También pueden consultarse en la página web del MAGRAMA (2). Solo quisiera resaltar aquí la importancia de los trabajos y planes desarrollados, ya que permiten disponer por primera vez en nuestro país de una cartografía de las zonas inundables con todas sus delimitaciones, denominado Sistema Nacional

de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI) (2), lo que constituye una pieza básica y fundamental para un mejor conocimiento de las inundaciones. Con ello también se pueden cuantificar a nivel de cuenca hidrográfica y a nivel nacional, las áreas de riesgo con sus impactos, lo que facilita la formulación de los planes de riesgo de inundación. Así, por ejemplo se ha cuantificado que alrededor del 6 % de la población española se ubica en zona de riesgo de inundación para la avenida de 500 años de periodo de retorno, siendo esta cifra del 4 % y del 2 % para las avenidas de 100 años y 10 años, respectivamente (3).

3. Medidas frente a las inundaciones

El objetivo fundamental de la Directiva es establecer un marco para la evaluación y gestión de los riesgos de inundación, destinado a reducir las consecuencias negativas para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural y la actividad económica, asociadas a las inundaciones en la Comunidad Europea. Para ello se formularán Planes de gestión del riesgo de inundación en los que se establecerán los objetivos de la gestión del riesgo de inundación, centrandose su atención en la reducción de las consecuencias adversas potenciales de la inundación para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural, la actividad económica, e infraestructuras. En dichos Planes de Gestión se propondrán los programas de medidas, consistentes en medidas preventivas y paliativas, estructurales o no estructurales.

El estado actual del arte de las actuaciones frente a las inundaciones propugna una visión holística, denominada Gestión Integrada de las Inundaciones (GII). En la gestión de las inundaciones deben aplicarse visiones integradas tanto a nivel de cuenca como de actuaciones y medidas, contemplando e implantando conjuntamente y coordinadamente todas las medidas viables, ya sean estructurales o no-estructurales. (figura 7) (4).

Para la eficacia de la GII es necesario romper el dilema, los antagonismos entre las actuaciones estructurales y las medidas de gestión y conservación, superando los problemas de posiciones fijas, de planteamientos demagógicos con enfoques extremos. Por un lado, los defensores de las actuaciones no-estructurales proclaman que la única solución a la problemática de las inundaciones es la gestión, y la conservación de la naturaleza, rechazando cualquier medida estructural. Por otro lado, los defensores de las actuaciones estructurales tienen la posición de



Fig. 7. Esquema de las medidas y actuaciones frente a las inundaciones

que la única forma de reducir los daños producidos por las inundaciones son las medidas basadas en obras y estructuras hidráulicas. La GII propugna una combinación y coordinación de actuaciones estructurales, de gestión, y de conservación del medio ambiente.

Con respecto a este tema quisiera referirme a dos aspectos. El primero se refiere al papel de los embalses en la lucha frente a las inundaciones. En el mundo, en Europa y en España, hay numerosas experiencias que muestran los beneficios de los embalses en la laminación de las avenidas y en el control de las inundaciones, tal como demuestra el estudio de ICOLD en el que se detallan y analizan diversos casos reales (5). También en Europa, el Grupo de Trabajo Europeo sobre presas y avenidas ha publicado un informe sobre 'Dams and floods in Europe. Role of dams in Flood Mitigation' (6). En este informe se muestran las experiencias de más de 50 casos reales significativos de la laminación de avenidas. En estos casos la reducción de los caudales punta de avenida ha sido variable, entre el 12 % y el 100 %, con un valor medio del 54 %.

El análisis de estos casos reales muestra que, en general, las presas y embalses producen beneficios en la laminación de avenidas, si están bien proyectadas y convenientemente mantenidas y explotadas, especialmente cuando hay ocupaciones extensas de las llanuras de inundación que hacen imposible las restricciones de los usos del suelo o la implementación de otras medidas no-estructurales. Los mayores beneficios en la reducción de daños y en la reducción de los caudales punta de avenida se producen en las presas de laminación de avenidas, en las que el objetivo principal es el control de las inundaciones. En este tipo de presas el embalse normalmente está vacío, por lo que se denominan 'empty reservoirs', o en España 'presas con agujero'.

Por otro lado, es evidente que en la definición y aplicación de las medidas frente a las inundaciones hay que aprovechar y contar con la naturaleza y el medioambiente. Así, existen potencialmente unas medidas que pueden usar la capacidad de la naturaleza para absorber los excesos de agua durante las inundaciones. Se agrupan en las

ORDENACION ZONAS INUNDABLES

ASIGNATURA PENDIENTE



Fig. 8. Adaptación y ampliación de una viñeta de Antonio Mingote. ABC 17-11-1988

denominadas infraestructuras verdes, con el objetivo de aumentar las capacidades de retención de agua. Entre ellas cabe citar la conexión de los ríos con sus llanuras de inundación, la restauración de las zonas húmedas que puedan almacenar agua y laminar el hidrógrama de avenida, el almacenamiento temporal de agua en zonas agrícolas, la recuperación de meandros, o el dar mayor espacio a los ríos 'Room for the River'. Todo ello dentro de la visión integrada de la GII, y teniendo en cuenta su efectividad real en la capacidad de laminar la avenida y su relación coste-beneficio. En este marco cabe citar que en últimas décadas se están discutiendo las alternativas y eficacias de las estructuras ingenieriles (denominadas por algunos 'grises'/gray) frente a las infraestructuras verdes (green) (7). Algunas experiencias notables muestran que la combinación de ambas en proporciones técnicas, sociales, económicas, y medioambientales adecuadas

son la mejor solución en la adopción de medidas frente a las inundaciones (8). Tal como indica la Comisión Europea las medidas de retención natural del agua son un ejemplo de medidas que pueden contribuir al mismo tiempo a la consecución de los objetivos de la Directiva Marco del Agua y de la Directiva de Inundaciones, al reforzar y preservar la capacidad natural de retención y almacenamiento de los acuíferos, suelos y ecosistemas. Estas medidas pueden aumentar aumentando al mismo tiempo la calidad del agua y su disponibilidad, preservando los hábitats y reforzando la resiliencia al cambio climático (9).

4. Medidas de ordenación territorial y urbanismo

Entre las distintas medidas que contempla la Directiva me voy a referir por su importancia y efectividad a las medidas de ordenación territorial y urbanismo. Su objetivo es reducir los impactos de las inundaciones, restringiendo o, en su

caso, impidiendo los asentamientos de las poblaciones, instalaciones y servicios, e infraestructuras en las llanuras de inundación. Estas medidas constituyen uno de los tópicos que se viene reclamando desde hace años para reducir la tendencia creciente que existe en la actualidad en los impactos a las poblaciones y en los daños producidos por las inundaciones. En nuestro país es nuestra asignatura pendiente (figura 8).

En numerosas ocasiones la planificación urbanística ha estado en discordancia con el entorno fluvial y con las afecciones y riesgos de las inundaciones. Sus actuaciones pueden suponer una agresión al territorio fluvial, cuando sería deseable una mayor convivencia entre la planificación urbanística y el espacio fluvial. La Ley del Suelo (Real Decreto legislativo 2/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Suelo) pretende ser un primer nexo, aunque un poco tímido y muy general, entre la planificación urbanística, los riesgos naturales y las inundaciones, al señalar en su artículo 12 que *“está en la situación de suelo rural: a)... “aquéllos con riesgos naturales o tecnológicos, incluidos los de inundación o de otros accidentes graves, y cuantos otros prevea la legislación de ordenación territorial o urbanística”. Por ello la Directiva Europea 60/2007 es una gran oportunidad para completar las actuaciones y medidas frente a las inundaciones, con la regulación de los usos del suelo en las zonas inundables. La Directiva prescribe que los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación deberán contener medidas de ordenación territorial y urbanismo, que incluirán al menos: “Las limitaciones a los usos del suelo planteadas para la zona inundable en sus diferentes escenarios de peligrosidad, los criterios empleados para considerar el territorio como no urbanizable, y los criterios constructivos exigidos a las edificaciones situadas en zona inundable”, señalando además que los Planes de Gestión incidirán directamente sobre la ordenación territorial ya que “Los instrumentos de ordenación territorial y urbanística, en la ordenación que hagan de los usos del suelo, no podrán incluir determinaciones que no sean compatibles con el contenido de los planes de gestión del riesgo de inundación, y reconocerán el carácter rural de los suelos en los que concurran dichos riesgos de inundación”.*

En nuestro país, dada la importancia de las inundaciones y sus afecciones sociales y económicas, se han formulado desde hace más de 25 años diversas propuestas de regulación de los usos de las zonas inundables (4). Ninguna

ha llegado a buen término, salvo las de aplicación en algunas comunidades autónomas (País Vasco, Andalucía, Navarra, Comunidad Valenciana y Cataluña) que han establecido, de manera no homogénea, y en algunos puntos contradictoria, y con una efectividad parcial, normativas para la regulación de los usos del suelo en las zonas inundables (1,4). Para cumplir con las demandas futuras que plantea la Directiva y regular de una manera definitiva los usos del suelo en las zonas inundables, actualmente está en tramitación, un Proyecto de Real Decreto por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, en materia de gestión de riesgos de inundación, caudales ecológicos y vertidos de aguas residuales. En este Proyecto de Real Decreto se establece que no se autoricen en las Zonas de Flujo Preferente:

- Nuevas edificaciones, u obras de reparación o rehabilitación que supongan un incremento de la ocupación en planta o del volumen de edificaciones existentes. Garajes, aparcamientos, campings. Tampoco, depuradoras de aguas residuales urbanas, invernaderos, rellenos, acopios de materiales, o infraestructuras lineales diseñadas de modo tendente al paralelismo con el cauce. En cambio, se podrán autorizar la construcción de pequeñas edificaciones destinadas a usos agrícolas con una superficie máxima de 40 m².

También se contemplan excepciones para el suelo urbano en el planeamiento urbanístico vigente con el criterio general de que no se incremente de manera significativa la inundabilidad del entorno, siempre que no se trate de industrias peligrosas, ni de centros escolares o sanitarios, residencias de ancianos o disminuidos físicos o psíquicos, parques de bomberos, centros penitenciarios, instalaciones y de los servicios de Protección Civil, estaciones de suministro de carburante, depuradoras industriales, almacenes de residuos, estaciones eléctricas, granjas y criaderos de animales. Además, las edificaciones de carácter residencial deberán disponer los usos residenciales a una cota tal no se vean afectados por la avenida de periodo de retorno de 500 años.

Para la zona de la avenida de quinientos años se propone que, en general, el desarrollo de nuevas edificaciones se realice fuera de las zonas inundables, señalando que en aquellos casos en los que no sea posible, las edificaciones se diseñarán teniendo en cuenta el riesgo de inundación

existente. Los nuevos usos, residenciales, comerciales, ganaderos, industriales, etc., se dispondrán a una cota tal que no se vean afectados por la avenida con periodo de retorno de 500 años. También se evitará el establecimiento de hospitales, centros escolares o sanitarios, residencias de ancianos o disminuidos físicos o psíquicos, campings y edificios vinculados, parques de bomberos, centros penitenciarios, depuradoras, e instalaciones de los servicios de Protección Civil o similares.

Sería de desear que esta normativa compleja y problemática, ya que incide directamente en la planificación urbanística y en la propiedad privada, llegue a buen término y así sea posible detener el proceso de la nueva construcción de asentamientos en las zonas inundables, con una normativa clara y precisa para la regulación de los usos del suelo en zonas inundables.

Si es así, será necesario proseguir con la resolución de la problemática de las construcciones ilegales existentes, facilitando, si es posible, el proceso de su legalización urbanística, o en otro caso ordenando la demolición de las construcciones de las que no pueden entrar en la vía de la legalización. **ROP**

Referencias

- (1) Colegio y Asociación de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Jornada sobre las inundaciones en España. Implantación de la Directiva Europea de Inundaciones. 2015. <http://www2.ciccp.es/index.php/publicaciones/1127-1-de-julio-de-2015-jornada-sobre-las-inundaciones-en-espana>.
- (2) Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Magrama. Gestión de los riesgos de inundación. <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion>.
- (3) Sánchez, F.J. Los planes de Gestión del Riesgo de Inundación. Ponencia a la Jornada sobre las inundaciones en España. Implantación de la Directiva Europea de Inundaciones. 2015.
- (4) Berga, L. Las inundaciones en España. La nueva Directiva Europea de Inundaciones. Revista de Obras Públicas. ROP.7-18. Abril.2011.
- (5) *International Commission on Large Dams (ICOLD). Role of dams in flood mitigation. A review. Bulletin 131. ICOLD. 2006.*
- (6) *European Working Group on Dams and Floods. Dams and floods in Europe. Role of dams in flood mitigation. L.Berga (Ed). 8th ICOLD European Club Symposium, 2010.*
- (7) *Science Perspectives. Water security: Gray or Green? Science, 349,384-386. 2015.*
- (8) *Barbier, E.B. Hurricane Katrina's lessons for the world. Nature, 524,285-287.2015.*
- (9) Comisión Europea. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo. La Directiva Marco del Agua y la Directiva sobre Inundaciones: medidas para lograr el «buen estado» de las aguas de la UE y para reducir los riesgos de inundación. Bruselas, COM (2015) 120 final. 2015.

Dependencia hidrológica. El caso de Castilla-La Mancha



César Luengo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Resumen

La reciente planificación hidrológica, lejos de lograr una distribución equitativa y sostenible de los recursos hídricos, ha dejado a Castilla-La Mancha supeditada a la satisfacción de los intereses economicistas de otras regiones, olvidándose del carácter prioritario de las exigencias medioambientales que demanda la Directiva Marco del Agua.

Palabras clave

Recursos hídricos, exigencias medioambientales, Directiva Marco del Agua

Abstract

Recent hydrological planning, far from achieving a fair and sustainable distribution of water resources, has left Castilla-La Mancha submitted to some other regions' purely economic interests. Moreover, the environmental demands required by The EU Water Frame Directive have been set aside.

Keywords

Water resources, environmental demands, EU Water Frame Directive

Si hubiese que definir con una palabra la situación del agua en Castilla-La Mancha, quizá la palabra fuese dependencia. Como cualquier aseveración o concepto su imagen no es monolítica, antes al contrario fragmentada, pero como iremos desgranando, Castilla-La Mancha está en una situación dependiente por múltiples razones.

Para comenzar, en la concepción del mapa autonómico español se creó una región que, geográficamente hablando, y quizá política, social y culturalmente, integró una diversidad que se ha venido ahormando durante estos años con un gran esfuerzo. Y esa posición de partida diversa y dispersa se puede aplicar perfectamente a la hidrología. Una situación tan amplia y divergente que hace que nuestra región forme parte de siete grandes cuencas de ríos o demarcaciones, Duero, Tajo, Guadiana, Guadalquivir, Ebro, Júcar y Segura, cuya imagen resulta tan amplia que a veces hay que demostrarlo para ser creíble frente a algunos interlocutores.

Con esta presencia territorial en todas las cuencas enumeradas, la problemática resulta variada y, muchas veces, de una enorme dificultad para articular las ideas fuerza, cantidad y calidad, que en torno al agua ha definido la Directiva Marco del Agua (en adelante

DMA). Tenemos una región que es a la vez excedentaria y deficitaria, con aguas limpias y contaminadas, con necesidades satisfechas y por satisfacer, con proyectos cuasi imposibles de afrontar por el enorme territorio, y sobre todo, con una debilidad fundamental que se está manifestando insuperable en el tema del agua: la fuerza política para tomar decisiones. Castilla-La Mancha se ha encontrado con que, aun participando en siete grandes cuencas, en todas ellas tiene una debilidad política debido a su situación territorial. Y donde podría tener una fuerza política central, en la cuenca del Tajo, le ha sido usurpada la capacidad de decisión al mantenerse unos órganos de gestión, que desoyen sistemáticamente las necesidades de la cuenca.

En materia de planificación hidrológica, con el reparto de competencias de nuestra Constitución, que atribuye la competencia exclusiva al Estado en las cuencas intercomunitarias de los ríos, Castilla-La Mancha es un actor más dentro del conjunto de comunidades autónomas por las que discurren cada uno de esos grandes ríos peninsulares.

De los siete planes hidrológicos en los que Castilla-La Mancha participa, hay dos –Ebro y Duero– donde resulta



casi testimonial nuestra presencia, porque el territorio afectado es muy escaso y su influencia en nuestra Región casi nula. En el Guadalquivir, los intereses de Castilla-La Mancha se centran en el abastecimiento a una zona de Ciudad Real y en los usos industriales de Puertollano y están bien resueltos por la planificación actual. En esas cuencas quizá el mayor interés sea lograr compensaciones y apoyos que nos resultan de suma importancia en las cuatro restantes, Tajo, Guadiana, Júcar y Segura.

Hablar del Tajo en Castilla-La Mancha es hablar de colonialismo hídrico y, seguramente, una injusticia que nunca se reparará hasta que la climatología, tozuda e inexorable, la haga imposible por agotamiento hidrológico. La cuenca del Tajo es la que mejor pone de manifiesto la realidad de un clima que evoluciona

hacia el calentamiento global y particularmente hacia un proceso de desertificación que, con la ayuda del hombre, avanza inexorablemente. La tendencia de aumento de temperatura, globalmente y concretada en esta cuenca, es una realidad que se está comprobando cierta con los datos que la propia AEMET tiene. Ello deriva en un problema de disminución de aportes de agua y aumento de evaporación que hacen de la cuenca del Tajo una zona donde las reservas hídricas disminuyen de forma alarmante. En la situación actual de la cuenca del Tajo se ponen de manifiesto las consecuencias de no tener en cuenta lo establecido en la DMA sobre la cantidad y la calidad del agua en la Unión Europea.

El río Tajo en Castilla-La Mancha lo podríamos dividir en dos zonas perfectamente identificadas: por un lado,

la cabecera hasta el entorno de Aranjuez; y, por otro, el tramo medio hasta Talavera de la Reina.

En cabecera se producen dos fenómenos climáticos que determinan la situación en que se encuentra a día de hoy (los embalses sobre 13 % de su capacidad, 332 hm³ de los 2.474 hm³ del volumen de embalsamiento). El primero de ellos es una progresiva pérdida de los aportes hídricos, como podemos comprobar en los datos que ofrece la CH del Tajo. Para la serie, de 1958 a 1980, los aportes hídricos medios anuales son de 1.457 hm³, mientras que para la serie de 1980 a 2006, los aportes caen hasta 773 hm³ anuales, un 47 % menos. Esta situación se agrava por las sequías que sistemáticamente se producen, lo que lleva a una precariedad en los recursos embalsados, los cuales, teóricamente, debieran servir en primer lugar para el mantenimiento medioambiental de la cuenca y de un caudal ecológico del río que satisfaga la necesidad de desarrollo de la flora y fauna de cauce y ribera.

Además, estas reservas son la garantía del desarrollo económico y social de la cuenca, con grandes presiones intrínsecas como la que representa Madrid, con 6,5 millones de habitantes. Y no sólo Madrid. El agua embalsada en Cabecera ha venido siendo el soporte fundamental del desarrollo agrícola de una parte del levante español principalmente Murcia y Alicante. Concretamente la presión del ATS sobre la cabecera del Tajo ha supuesto una media de 350 hm³ trasvasados al año. Cuantitativamente el 45 % de los aportes hídricos a la cabecera del Tajo se trasvasan a través del ATS, estrechamente vigilado por una asociación privada. El SCRATS (Sindicato Central de Regantes del Acueducto Tajo Segura) ejerce, a nuestro juicio, un excesivo protagonismo en los órganos de toma de decisiones y una influencia decisiva en la política nacional sobre el agua del Tajo, en detrimento de los intereses de Castilla-La Mancha.

Para entender cómo se plantea la política hídrica en España actualmente y cuál es la situación de colonialismo a que se ve sometida Castilla-La Mancha, dos detalles ilustran perfectamente dicha situación.

Hace unos días, concretamente el 30 de septiembre de 2015, se celebró el Consejo Nacional de Agua. En dicho CNA el Presidente de la CH del Tajo explicó el Plan Hidrológico de la Demarcación, como todos los demás,

mencionando que existían déficits en la Demarcación del Tajo. La Consejera de Fomento de Castilla-La Mancha preguntó cuál era la presión que el trasvase Tajo Segura suponía para el río. El gobierno de España, a través del Secretario de Estado de Medio Ambiente contestó que el trasvase Tajo Segura estaba fuera de la planificación, que ya había sido regulado por ley y no era competencia del Plan Hidrológico que se trataba. Desde una posición exclusivamente intelectual la aberración es tan manifiesta que por grosera parece increíble. Es decir, la principal causa del déficit que el propio Gobierno pone de manifiesto no puede ser objeto de estudio, ni siquiera de debate, porque el mismo Gobierno lo impide. Que cada cual saque sus propias conclusiones.

Otra cuestión que atenta contra la lógica es el tema de las compensaciones del ATS. Desde su construcción y puesta en funcionamiento, existe la obligación de recuperación de costes, que deben pagar los usuarios por la infraestructura. El canon que abonan los usuarios es por el agua que llega, no por el que sale. La cuenca cedente corre con los gastos de envío. Además la amortización de las obras se está realizando a un ritmo mucho más lento del que establece la Ley que regula el trasvase. En resumen, lo que se está haciendo es subvencionar el agua a los usuarios del ATS, en perjuicio de Castilla-La Mancha que ni siquiera recibe la compensación que le corresponde ni en cantidad, ni en tiempo ni en forma.

Nuestra región tiene que sufrir la falta de caudal del Tajo desde que sale de Entrepeñas hasta que llega a Aranjuez, donde se hermana con el Jarama y se convierte en un río contaminado que incumple los requisitos de cantidad y calidad en toda su trayectoria hasta Talavera de la Reina.

El Tajo medio, que comprende fundamentalmente el tramo antedicho se convierte en un río medioambientalmente muerto. El caudal que recibe es fundamentalmente del Jarama (río principal y afluente intercambian sus papeles), totalmente contaminado por la enorme urbe que es Madrid, que aporta a través de sus industrias metales pesados al río que lo convierten en una cloaca. Aparte de los múltiples estudios químicos que nos alarman sobre esta situación de contaminación, agravada por la incapacidad de dilución del río, que apenas aporta agua limpia de cabecera, se está produciendo desde hace décadas un deterioro en las riberas de los ríos, y una pérdida progresiva de la fauna fluvial.

Sirvan dos pequeños ejemplos para conocer cómo nos encontramos el Tajo en su curso medio. En la planificación de abastecimiento ha sido imposible utilizar agua del río para consumo humano desde Aranjuez hasta Talavera de la Reina, donde, como segundo dato, observamos con demasiada habitualidad el río estancado.

Si hablamos ahora de la cuenca del río Guadiana, la comarca de La Mancha, se ve sometida a una realidad que, siguiendo con la DMA, es necesario subvertir. En un resumen conceptual podríamos decir que escasea el agua y la poca que hay está contaminada. Decir que las aguas superficiales son totalmente insuficientes para las necesidades de la región es tan obvio como decir que el agua ha dejado de ser un elemento que se encuentra en la naturaleza de forma ilimitada para convertirse en un recurso imprescindible y cada vez más escaso.

En La Mancha, no queda más remedio que recurrir al agua subterránea. Son los grandes acuíferos manchegos los que han sostenido y siguen sosteniendo una enorme extensión de regadíos, que presionan sobre unos acuíferos disminuidos (los niveles piezométricos apenas se recuperan porque la capacidad de recarga es muy baja), a la vez que contaminados.

A su vez, estas masas subterráneas contaminadas son el único recurso de los principales abastecimientos urbanos, lo que supone problemas y costes importantes en su tratamiento para hacer del agua ese líquido incoloro, inodoro e insípido (añadamos ahora que incontaminado) que todos tenemos como concepto atávico.

La tensión en una cuenca claramente deficitaria y donde la demanda aumenta progresivamente se convierte en una tensión social larvada que contrapone demasiados intereses medioambientales, económicos, sociales, etc.

En el Guadiana existen líneas de actuación que deben seguirse para una debida planificación del agua. Desde una perspectiva de desarrollo sostenible existen puntos medioambientalmente muy valiosos como las Tablas de Daimiel, que debe poder transmitirse generacionalmente. Esto sólo será posible si la consideración medioambiental es previa y prioritaria a las demandas que soporta la cuenca. Lo que, a su vez, plantea un conflicto con la creciente demanda agrícola. Como siempre ocurre en esos casos, la Administración debe elegir entre desarrollismo

economicista o utilización sostenible del agua. Se podría plantear como una apuesta entre la inmediatez y el futuro.

Si analizamos las demandas de la cuenca, la que produce una mayor presión es la agrícola, que representa el 90 % del total. Las necesidades son superiores a los recursos. Por lo tanto si tenemos un bien escaso, ¿cómo distribuirlo? Una opción es plantearlo como un puro elemento económico y considerar que debe regirse por las reglas del mercado, de forma que el agua sea una mercancía más, lo que origina procesos especulativos por el desequilibrio entre oferta y demanda. Los titulares de derechos sobre el agua se convierten en privilegiados y, ocasiones, en especuladores dentro de ese mercado.

La otra solución es que sean las administraciones públicas, en este caso por capacidad competencial, el Estado, quien administre las reservas de agua, las concesiones y las transmisiones, detrayéndoselas al mercado, con el objetivo de hacer un reparto equitativo, que tenga en cuenta el criterio constitucional de distribución equitativa de la riqueza para adjudicarla según criterios sociales, tratando de insertar en la actividad agrícola a jóvenes y agricultores prioritarios. Sólo una administración implicada en una economía de carácter social que limite los desmanes del mercado puede lograr esta finalidad de hacer del agua un bien de desarrollo económico y social sostenible, contando con un fondo económico y de agua que haga posible esta opción. Es la solución para hacer del Guadiana un río cuantitativa y cualitativamente adaptado a la DMA.

Para Castilla-La Mancha, la gestión del Júcar supone una usurpación de derechos basada en el statu quo decimonónico que antepone las necesidades del regadío incluso sobre el abastecimiento humano.

La cuenca del Júcar se ha organizado dentro de una demarcación mucho más amplia, donde se han introducido otras cuencas inter e intracomunitarias con unos objetivos claramente discriminatorios. Se reduce la capacidad de representación de Castilla-La Mancha en los órganos de decisión. Se soslaya de esa forma que existen transferencias de agua desde el Júcar a otros ríos de la Demarcación que, por ello, dejan de ser trasvases. El Júcar se concibe como el gran abastecedor de todas las necesidades aguas abajo sin poder responder a las propias.



En consecuencia, se limita la concesión a regadíos castellano manchegos porque la explotación a la que se ve sometido el río lo convierten en un sistema deficitario y, puestos a limitar concesiones, mejor hacerlo en Castilla-La Mancha. Y, por si todo ello no fuera suficiente, el mayor embalse del Júcar, ubicado en Castilla-La Mancha, se convierte en el gran abastecedor de otros regadíos con prioridad sobre cualquier otro uso.

El Segura, donde Castilla-La Mancha supone un 25 % del territorio de la cuenca, se ha convertido, fruto de la presión política, en la reserva de agua de otra Comunidad Autónoma, con una demanda de agua insostenible. Y como la Confederación del Segura se identifica en mayor

medida con la Comunidad Autónoma que representa la mayor parte de la demarcación, la perjudicada vuelve a ser la región de Castilla-La Mancha, sus intereses y su capacidad de desarrollo.

Poco importa que exista una crítica generalizada a las grandes expansiones urbanísticas realizadas sin la previsión de donde iban a conseguir su abastecimiento de agua. Tras el paréntesis de la crisis vuelven a intentar resucitar con el problema de abastecimiento sin resolver.

Poco importa que la agricultura de mercado basada en un regadío intensivo haya crecido continuamente sin tener en cuenta de donde obtendrían los recursos hídricos que

demandaban. El agua se concebía y se concibe como un elemento al que los regantes deben tener acceso por derecho propio al margen de déficits, explotaciones no legales, derechos prioritarios de otros. En resumen se ha instalado el dogma del derecho cuasidivino al agua sin tener que argumentar nada más que su necesidad.

En este contexto Castilla-La Mancha se ha visto convertida en servidora de las demandas de otros territorios sin poder atender las propias. La planificación de la demarcación del Segura le asigna unos mínimos recursos para sus necesidades, con disimulados regadíos sociales tan condicionados que prácticamente hacen dudar de su efectiva materialización. A cambio esa planificación se declara deficitaria en recursos hídricos y sin poner medidas para solucionarlo de forma interna se plantea exclusivamente las aportaciones externas a las que, como se ha dicho se cree tener un derecho superior a cualquier otra consideración.

Como conclusión, podríamos volver a la idea primera de región colonizada en sus recursos hídricos. Castilla-La Mancha está viendo como su principal riqueza escasea y no es capaz de satisfacer las propias demandas. Seguramente las causas hay que buscarlas, también en la propia región, que tiene un déficit de integración política y social claramente manifiesta. El futuro es mirar hacia dentro para salir fuera, cambiando esta tendencia multiseccular que hacen de Castilla-La Mancha un territorio que, también como en el agua, mira hacia fuera sin analizarse internamente. **ROP**



Método alternativo de cálculo de la longitud de los carriles de cambio de velocidad



Juan Diamante Corbín

Doctor ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Prof. titular de Mecánica del Medio Continuo y Teoría de Estructuras. UPC, en excedencia.

Asesor de BAC, Engineering Consultancy Group, SL

Resumen

El borrador de la Norma de Trazado 3.1-IC 2014 presenta algunos temas novedosos y también algunos enfoques distintos de los considerados en la actual Norma de Trazado 3.1-IC 2000. De dichos enfoques el más relevante es del cálculo de las longitudes de los carriles de cambio de velocidad, concretamente de los carriles de aceleración, ya que en lo que respecta a los carriles de deceleración se mantiene la formulación de la actual Norma de Trazado 3.1-IC 2000.

La Norma de Trazado 3.1-IC 2014 para deducir la longitud de los carriles de aceleración plantea un sistema de dos ecuaciones cuya solución (suponiendo que dicha solución sea la expresión de la pág. 223) no está bien resuelta y por ello la solución aportada no es aplicable.

En el presente trabajo nos apoyamos en el Teorema de las Fuerzas Vivas con lo cual es posible deducir una solución de aplicación directa de la longitud de los carriles de aceleración y deceleración, fácilmente programable en una hoja de cálculo.

Palabras clave

Carriles, longitud, aceleración, desaceleración

Abstract

New themes and a different approach on several points are included and considered in the “3.1-IC 2014” draft, compared to the present “3.1-IC 2000”. From the above mentioned approaches, the one referred to length calculation on the speed change lanes has to be considered as the most relevant, whereas on the case of the deceleration lanes, “3.1-IC 2000” is still of valid use and application.

“3.1-IC 2014” fails on its purpose of calculating the length of the acceleration lanes, due to an error on the simultaneous equations (considering results given on page 223). Therefore we sustain that the numerical solution obtained has no possible application.

On the following pages, through the second Newton Law, we intend to reach an alternative solution that can be easily implemented on a spreadsheet. Thus enabling direct calculation of the acceleration and deceleration lanes lengths.

Keywords

Lanes, length, acceleration, deceleration

1. Planteamiento

En el presente trabajo se pretende establecer una fórmula de cálculo de la longitud de los carriles de aceleración, dado que, por un lado, la fórmula de la actual Norma de Trazado 3.1-IC 2000 no se demuestra y que, por otro, en la Norma de Trazado 3.1-IC 2014 –pendiente de aprobación– no se propone una fórmula explícita, sino que se sustituye por una tabla (tabla 8.2) cuyos valores y aplicación de los mismos suscita algunos interrogantes, como veremos.

Según el Anexo de Definiciones de la actual Norma de Trazado 3.1-IC 2000, un carril de cambio de velocidad es un carril

destinado a que un vehículo pueda incrementar o reducir la velocidad cuando abandona una calzada en la que se puede circular a una velocidad V_1 para incorporarse a otra calzada en la que se puede circular a una velocidad distinta V_2 .

La geometría de los carriles de cambio de velocidad se define en la figura 1, tomada del borrador de la Norma de Trazado 3.1-IC 2014. A nuestro entender la propuesta de la Norma 3.1-IC 2014 para la definición de la planta de los carriles de aceleración y deceleración tipo paralelo es mejor que la de la actual Norma 3.1-IC 2000, ya que en esta última el 57 % de la longitud de las cuñas de transición forman parte de la longitud dichos carriles,

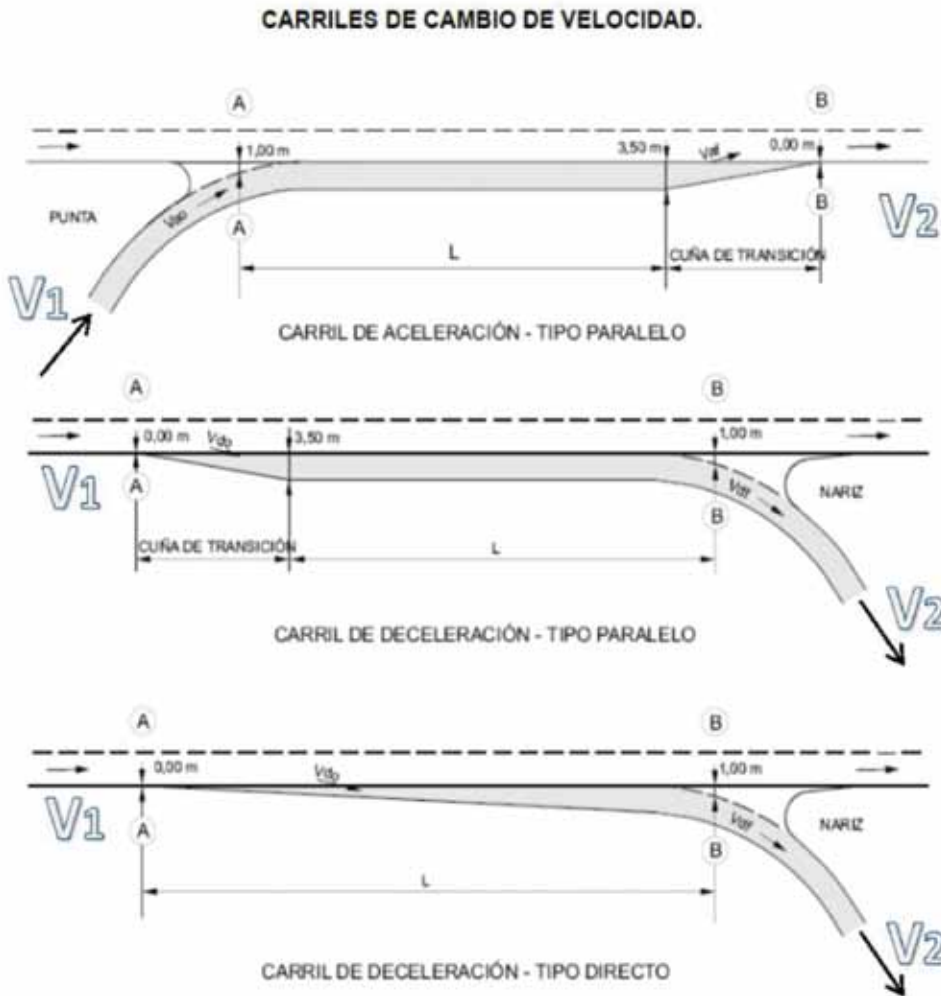


Fig. 1. Tomada del borrador de la Norma 3.1-IC 2014

y opinamos que es más claro separar la longitud de los carriles propiamente dichos de la longitud de las cuñas de transición.

En el carril de aceleración tipo paralelo, V_{ao} es la velocidad que se asume tomará un vehículo al abandonar un ramal de enlace, o una carretera secundaria, donde se circula a velocidad V_1 , para al final de la longitud L llegar con una velocidad V_{af} ($V_{af} > V_{ao}$) apropiada para incorporarse a una carretera, autovía o autopista de velocidad V_2 , a través de una cuña de transición. Se supone también que V_2 es mayor que V_1 .

En el carril de deceleración tipo paralelo, V_{do} es la velocidad que se asume tomará un vehículo al abandonar una carretera, autovía o autopista de velocidad V_1 , para al final de la longitud L llegar con una velocidad V_{df} ($V_{df} < V_{af}$) apropiada para

incorporarse a un ramal de enlace o una carretera secundaria donde se circula a velocidad V_2 . El carril de deceleración tipo directo es, geoméricamente, análogo al anterior. Se supone en este caso que V_2 es menor que V_1 . En todos los casos entendemos que las señales de las velocidades V_{ao} , V_{do} , V_{af} y V_{df} se encuentran colocadas en los extremos del carril de longitud L , según estos extremos se definen en la figura 1.

2. Cálculo de la longitud L_c de los carriles de aceleración

En lo que sigue, para simplificar las fórmulas, a la velocidad de entrada en el carril la llamaremos V_0 y a la velocidad de salida V_f . La longitud del carril de aceleración la designaremos por L_c .

Supondremos también que el carril está en rampa ($i > 0$) o pendiente ($i < 0$) como ocurre en la práctica totalidad de los

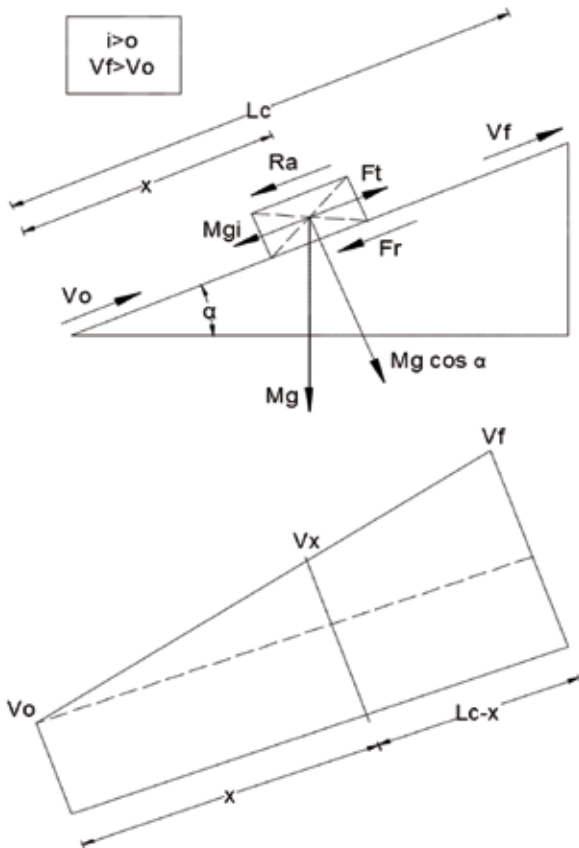


Fig. 2

casos y forma por lo tanto un ángulo α con la horizontal. Finalmente supondremos que la variación de velocidad entre V_0 y V_f es lineal.

A una distancia x del origen del carril de aceleración, la velocidad V_x valdrá:

$$V_x = V_0 + (V_f - V_0) \cdot \frac{x}{L_c}$$

Los valores V_0 (sea V_{a0} o V_{d0}) y V_f (sea V_{af} o V_{df}) los establece el proyectista de trazado y señalización. Si se están considerando carriles de aceleración la velocidad final V_f ha de ser siempre mayor que la velocidad inicial V_0 , y en el caso de carriles de deceleración la velocidad final V_f ha de ser siempre menor que la velocidad inicial V_0 .

La suposición de una variación lineal de la velocidad creemos que es aceptable y cómoda para cálculos posteriores. De

hecho es la suposición que implícitamente se hace en la fórmula de la longitud de los carriles de deceleración tanto en la Norma 3.1-IC 2000 como en la Norma 3.1-IC 2014, ya que se asume una deceleración constante. Ver apartado 3.1 de este trabajo.

2.1. Planteamiento del cálculo de L_c

Para el cálculo de L_c asumiremos las siguientes consideraciones de partida (ver figura 2):

a) La longitud L_c se calcula entre las secciones donde en el proyecto de trazado y señalización, se disponen las señales de velocidad V_0 y V_f (ver figura 1). El resultado del cálculo de L_c puede implicar la modificación de la posición inicial de las señales y con ello la modificación de la posición de las cuñas de transición.

b) Supondremos que el carril de cambio de velocidad tiene una pendiente constante $i = \text{sen } \alpha$. Si el carril es de subida (rampa) se tendrá $i > 0$. En el caso contrario de carriles de bajada (pendiente) se tendrá $i < 0$. En ambos casos se asumirá:

$$i = \text{sen } \alpha = \text{tg } \alpha, \text{ así como: } \cos \alpha = 1$$

c) Aplicaremos el Teorema de la Fuerzas Vivas, que en el caso que estamos considerando establece que la variación de la energía cinética del vehículo entre el inicio y el final del carril de cambio de velocidad, es igual al trabajo de las fuerzas que actúan sobre dicho vehículo entre el inicio y el final del carril de cambio de velocidad.

2.1.1. Cálculo de la variación de la energía cinética

Si M es la masa del vehículo tipo que se va a considerar, la variación de la energía cinética a lo largo del carril de aceleración es:

$$\frac{1}{2} \cdot M \cdot V_f^2 - \frac{1}{2} \cdot M \cdot V_0^2$$

2.1.2. Cálculo de las fuerzas que actúan sobre el vehículo a lo largo del carril de aceleración

2.1.2.1. Fuerzas derivadas de la masa del vehículo

Ver figura 2.

• Peso del vehículo = $M \cdot g$

Componente del peso del vehículo perpendicular al carril de aceleración:

$$M \cdot g \cdot \cos \alpha \cong M \cdot g$$

La componente del peso del vehículo al ser perpendicular al plano del carril del cambio de velocidad no realiza ningún trabajo, pero si genera una resistencia a la rodadura R_r paralela al plano del carril de cambio de velocidad, que vale:

$$R_r = -f_r \cdot M \cdot g$$

El parámetro f_r se puede tomar de la siguiente tabla¹:

Tipo Vehículo	Superficie de rodadura		
	Asfalto	Dureza media	Arena
Turismos	0,015	0,08	0,3
Camiones	0,012	0,06	0,25
Tractores	0,02	0,04	0,2

Adoptamos el valor de $f_r = 0,015$, aunque en las hojas de cálculo Excel que se incluyen en este artículo, se puede entrar con el valor de f_r que se considere más apropiado. En definitiva se tiene:

$$R_r = -0,015 \cdot M \cdot g$$

Esta fuerza es paralela al plano del carril de aceleración y dirigida siempre en sentido contrario al avance del vehículo, por lo que su signo es negativo.

Componente del peso paralela al plano de carril de aceleración

Vale: $R_i = -M \cdot g \cdot i$

Esta fuerza es paralela al plano del carril de aceleración y dirigida siempre (si $i > 0$) en sentido descendente (ver unas consideraciones adicionales sobre este tema en el apartado 2.1.3.5 donde tiene más sentido plantearlas).

2.1.2.2. Fuerza derivada de la resistencia aerodinámica

La expresión de la misma es²:

$$R_a = \frac{1}{2} * \mu * C_x * A_f * V^2$$

Siendo:

μ = Densidad del aire.

C_x = Coeficiente aerodinámico.

A_f = Área frontal del vehículo.

V = Velocidad de avance del vehículo.

2.1.2.2.1. Densidad del aire

La densidad del aire, μ , es función de la altitud según la siguiente tabla³:

Cota (m)	μ (kg/m ³)
0	1.225
500	1.168
1000	1.112
1500	1.059
2000	1.007
2500	0.957
3000	0.909

en la que evidentemente se puede interpolar.

2.1.2.2.2. Coeficiente aerodinámico C_x

En la Norma 3.1-IC 2014, para el vehículo ligero con motor de 85 CV de potencia, se preconiza un $C_x = 0,4$.

En la publicación de la Universidad Carlos III, que venimos consultando, para cada uno de los cuatro perfiles longitudinales (o contornos) básicos que se consideran de un vehículo, se establece un coeficiente C_x . El problema es que en la definición de los cuatro contornos básicos no queda clara una diferencia entre ellos⁴. Los valores de C_x que se proponen son 0,16-0,18-0,24 y 0,30. A la vista de lo anterior hemos optado por considerar la media aritmética y asumir un $C_x = 0,22$.

No obstante en las hojas de cálculo Excel, se puede introducir el valor que se desee para C_x .

2.1.2.2.3. Área frontal A_f

El área frontal A_f —según la publicación de la Universidad Carlos III— es igual a:

$$A_f = f \cdot b \cdot h$$

siendo f un coeficiente entre 0,8 y 0,85 que finalmente tomaremos como $f = 0,825$. El ancho b se define como la distancia horizontal entre los extremos de los espejos retrovisores cuando ambos están totalmente abiertos y h se define como la altura entre el suelo de la calzada y el techo del vehículo. Aquí también según el tipo de coche se explicita un área frontal:

Tipo de coche	A_f (m ²)
Mini	1,8
Medio	1,9
Medio superior	2,0
Grande	2,1

En la Norma 3.1-IC 2014, el vehículo tipo o vehículo patrón –que se considera vehículo ligero– tiene un área frontal de 2,50 m², en lo que sigue adoptaremos el valor Af=2,10 m², o sea el máximo de la tabla anterior. En las hojas de cálculo Excel se puede introducir el valor que se desee y hemos introducido el valor Af=2,50 m² ya que con dichas hojas se comprobará la tabla 8.2 de la Norma 3.1-IC 2014 y es necesario ser coherente, para poder contrastar resultados.

Creemos oportuno comentar aquí que en el Anexo 2 del borrador de la Norma 3.1-IC 2014, se expone un esquema de cálculo prácticamente idéntico al anterior, pero en el mismo Anexo 2 del citado borrador de la Norma 3.1-IC 2014 se indica luego que la resistencia aerodinámica se puede despreciar.

No somos de la misma opinión, la resistencia aerodinámica en ocasiones alcanza valores numéricos no despreciables, similares e incluso superiores a los de la resistencia a la rodadura, como se podrá comprobar más adelante en página 19.

2.1.2.2.4. Velocidad del vehículo

Ya se ha establecido anteriormente:

$$V_x = V_0 + (V_f - V_0) \cdot \frac{x}{L_c}$$

Donde Lc todavía no se conoce.

2.1.2.3. Fuerza tractora del vehículo

Por definición de potencia, la fuerza tractora del vehículo es:

$$F_t = \eta \cdot \frac{H}{V_x}$$

Siendo:

H= Potencia del motor.

η= Coeficiente de rendimiento de la transmisión (aprox. =0,80).

Vx= Velocidad del vehículo.

En la Norma 3.1-IC 2014, todavía no aprobada oficialmente, se utiliza un vehículo patrón cuyas características dinámicas y geométricas son:

Evidentemente se puede utilizar si procede, un vehículo distinto, si se conocen sus características dinámicas y geométricas.

2.1.3. Cálculo de la longitud del carril de aceleración (Lc)

Aplicando el Teorema de las Fuerzas Vivas, se tiene:

$$\frac{1}{2} \cdot M \cdot V_f^2 - \frac{1}{2} \cdot M \cdot V_0^2 = \text{Trabajo de las fuerzas actuantes sobre el vehículo.}$$

2.1.3.1.-Trabajo de la fuerza tractora (Ft)

$$\begin{aligned} W(F_t) &= \int_0^{L_c} \eta \cdot (H/V_x) \cdot dx = \eta \cdot H \cdot \int_0^{L_c} \left(\frac{dx}{V_0 + \frac{V_f - V_0}{L_c} \cdot x} \right) = \\ &= \eta \cdot H \cdot \frac{L_c}{(V_f - V_0)} \cdot \int_{V_0}^{V_f} \frac{dt}{t} = \eta \cdot H \cdot \frac{L_c}{(V_f - V_0)} \cdot (\ln V_f - \ln V_0) \\ &= \eta \cdot H \cdot \frac{L_c}{(V_f - V_0)} \cdot \ln \frac{V_f}{V_0} \end{aligned}$$

Donde se ha hecho el cambio de variable: $t = V_0 + \frac{V_f - V_0}{L_c} \cdot x$

2.1.3.2. Trabajo para vencer la resistencia del aire (Ra)

$$\begin{aligned} R_a &= \frac{1}{2} \cdot \mu \cdot C_x \cdot A_f \cdot V^2 = 0,5 \cdot 1,168 \cdot 0,22 \cdot 2,10 \cdot \left(V_0 + \frac{V_f - V_0}{L_c} \cdot x \right)^2 = \\ &= 0,269 \cdot \left(V_0 + \frac{V_f - V_0}{L_c} \cdot x \right)^2 \\ W(R_a) &= - \int_0^{L_c} 0,269 \cdot \left(V_0 + \frac{V_f - V_0}{L_c} \cdot x \right)^2 dx = \\ &= -0,089 \cdot (V_0^2 + V_0 \cdot V_f + V_f^2) \cdot L_c \end{aligned}$$

Si se modifican los valores de μ, C_x, Af, solamente variará el coeficiente numérico de la anterior expresión.

Vehículo	Potencia del motor (CV)	1 CV	Peso/potencia P/h (kg/Kw)	Área frontal (m ²)	C _x
Ligero	85	735,49 w	20	2,5	0,4

2.1.3.3. Trabajo para vencer la resistencia a la rodadura (Rr)

$$W(Rr) = -0,015 \int_0^{Lc} M \cdot g \cdot dx = -0,015 \cdot M \cdot g \cdot Lc$$

2.1.3.4. Trabajo para vencer la componente del peso del vehículo paralela al plano del carril de aceleración

$$W(Ri) = - \int_0^{Lc} M \cdot g \cdot i \cdot dx = -M \cdot g \cdot i \cdot Lc$$

2.1.3.5. Expresión explícita de la longitud Lc del carril de aceleración

De la ecuación:

$$\frac{1}{2} \cdot M \cdot V_f^2 - \frac{1}{2} \cdot M \cdot V_0^2 = W(F_t) + W(R_a) + W(Rr) + W(Ri)$$

Se despeja el valor de Lc:

$$Lc = \frac{\frac{1}{2} \cdot M \cdot (V_f^2 - V_0^2)}{\eta \cdot \frac{H}{(V_f - V_0)} \cdot \ln \frac{V_f}{V_0} - M \cdot g \cdot i - fr \cdot M \cdot g - 0,089 \cdot (V_0^2 + V_0 \cdot V_f + V_f^2)}$$

En esta expresión se deben introducir los coeficientes necesarios para que aplicados a las unidades que se estén empleando, el resultado Lc venga dado en metros (ver apartado 6.1, donde se señalan las unidades de cada componente de la fórmula anterior, para que Lc resulte en metros).

Por otra parte en el denominador de Lc, la resistencia a la rodadura ($fr \cdot M \cdot g$) y la resistencia aerodinámica $0,089 \cdot (V_0^2 + V_0 \cdot V_f + V_f^2)$, se oponen siempre a la fuerza tractora del vehículo. En lo que respecta a la componente del peso del vehículo paralela a la superficie del carril de aceleración Mgi , si la i (inclinación del carril de aceleración) es positiva (inclinación en rampa) el signo menos de $-Mgi$ en la fórmula tiene sentido porque actúa en sentido contrario a la fuerza tractora del vehículo disminuyendo el denominador y aumentando el valor de Lc, lo cual es lógico ya que la fuerza tractora necesita más recorrido para poder alcanzar la velocidad final.

Si la *i* (inclinación del carril de aceleración) es negativa (inclinación en pendiente) el signo menos de $-Mg \cdot i$ pasa a ser positivo lo cual tiene sentido porque aumenta el denominador y disminuye el valor de L_c , lo cual también es lógico ya en este caso la fuerza tractora del vehículo esta ayudada por la componente del peso del vehículo paralela al carril y necesita menos recorrido para alcanzar la velocidad final.

2.1.4. Longitud de las cuñas de transición

Sobre la longitud de las cuñas de transición no tenemos nada que objetar a la propuesta de la Norma 3.1-IC 2014, que se reproduce en la siguiente tabla:

Vp (km/h)	L cuña (m)
130=<Vp<=140	Vp+10
Vp=120	135
Vp=110	135
Vp=100	125
Vp=90	115
Vp=80	100
Vp=70	80
Vp=60	60
Vp=50	40
Vp=40	25

Siendo Vp la velocidad de proyecto del vial al que se adosa la cuña de transición (ver figura 1). En la Norma 3.1-IC 2000 se establece:

Vp (Km/h)	Lcuña	
	De aceleración	De deceleración
Vp<=80	70	133
Vp= 100	83	167
Vp=120	100	175

Como se puede comprobar, los valores de Lcuña de la Norma 3.1-IC 2014 para Vp= 80,100 y 120 km/h son, a efectos prácticos, la semisuma de las cuñas de aceleración y deceleración para dichas velocidades en la Norma 3.1-IC 2000. Nuestra opinión es que es preferible la propuesta de la Norma 3.1-IC 2014.

3. Cálculo de la longitud L (o Ld) de los carriles de deceleración

Dado que tanto la actual Norma 3.1-IC 2000, como la Norma 3.1-IC 2014 pendiente de aprobación, utilizan la misma fórmula para el cálculo de la longitud del carril de deceleración, dicha fórmula también se asumirá en el presente trabajo y se deduce la misma en el siguiente apartado.

3.1. Deducción de la formula de Ld empleada en la Norma 3.1-IC 2000 y en la Norma 3.1-IC 2014

La expresión de la longitud de los carriles de deceleración es:

$$L_d = \frac{V_{do}^2 - V_{df}^2}{254 \cdot i + 50}$$

Se puede demostrar la ecuación anterior, si consideramos por conveniencia un carril de deceleración en pendiente es decir $i < 0$, donde forzosamente la velocidad inicial V_0 ha de ser superior a la velocidad final V_f . Sobre un vehículo actúa, debido a su peso propio, la fuerza $M \cdot g \cdot i$ en dirección descendente así como la fuerza tractora $F_t = M \cdot a$ también en dirección descendente, siendo a la deceleración media constante que se puede tomar⁵ como $a=7$ (km/h)/s que es igual (teniendo en cuenta que $1 \text{ km/h} = 1/3,6 \text{ m/s}$) a $7/3,6 \text{ m/s}^2$.

Aplicando el teorema de las fuerzas vivas, se tiene:

$$\left(\frac{1}{2} \cdot M \cdot V_0^2 - \frac{1}{2} \cdot M \cdot V_f^2\right) \cdot \left(\frac{1}{3,6}\right)^2 = \left(M \cdot \frac{7}{3,6} + M \cdot g \cdot i\right) \cdot L_d$$

$$L_d = \frac{V_0^2 - V_f^2}{2 \cdot 12,96 \cdot \left(\frac{7}{3,6} + 9,8 \cdot i\right)} = \frac{V_0^2 - V_f^2}{50,4 + 254,02 \cdot i}$$

Que es, a todos los efectos, la misma fórmula de la longitud en metros de los carriles de deceleración de la actual Norma 3.1-IC 2000, indicada más arriba.

En el libro Trazado de Carreteras⁶, Madrid 1992, publicado por la ETS de Ing. de CCP de la UPM, se aporta la misma ecuación:

$$L_d = \frac{V_0^2 - V_f^2}{50 + 2,54 \cdot i}$$

Donde i se debe entrar en (%). Si i se entra en tanto por uno entonces el coeficiente de i debe ser 254, como en la fórmula de la Norma 3.1-IC 2000 y de la Norma 3.1-IC 2014, así como en el desarrollo expuesto más arriba.

En rampas ($i > 0$) se ha de mantener el signo de i que al ser $i > 0$ aumentará el denominador y disminuirá L_d lo cual es lógico ya que la fuerza tractora decelerante se ve disminuida por la componente del peso propio del vehículo que se opone a dicha fuerza tractora y en consecuencia se necesita menos recorrido.

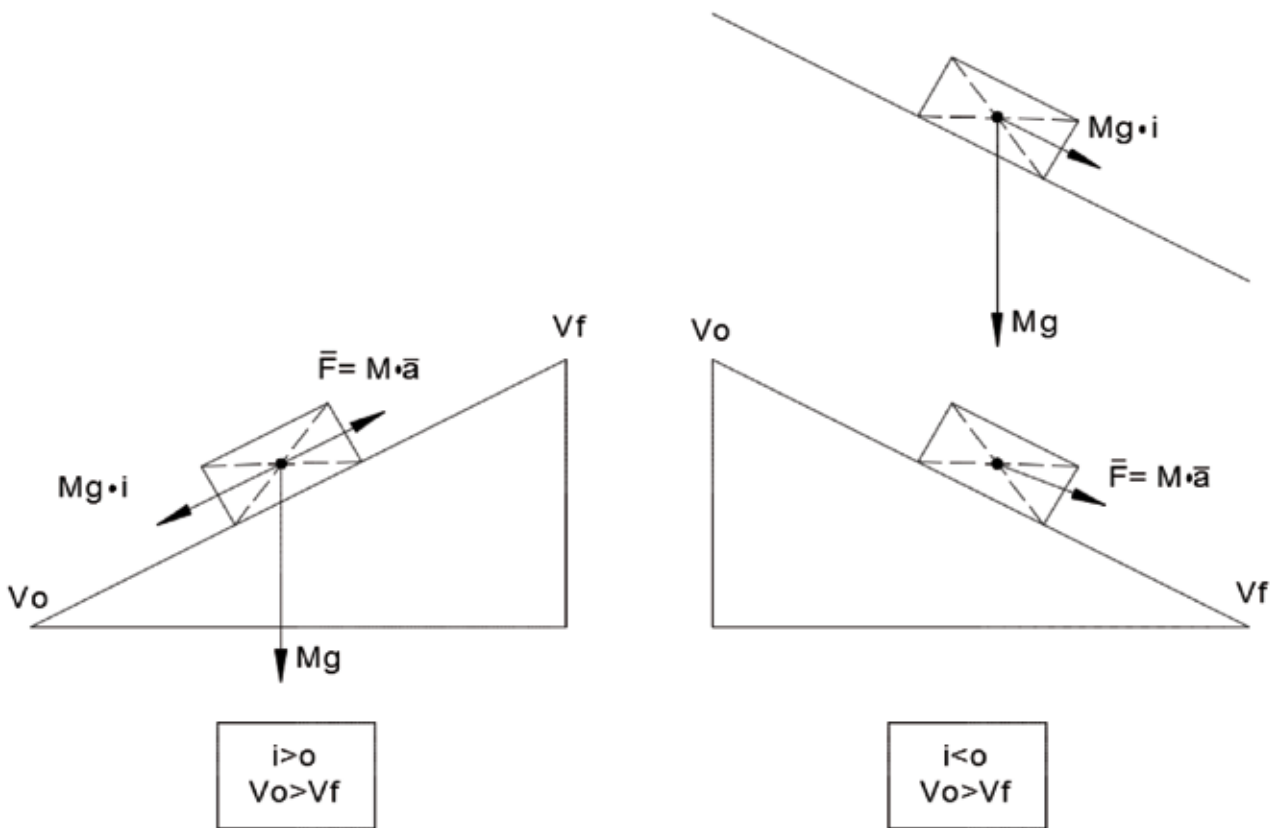


Fig. 3

En pendientes ($i < 0$) se ha de mantener el signo de i ya que al ser $i < 0$ aumentará L_d lo cual es lógico ya que la fuerza tractora decelerante se ve aumentada por la componente del peso propio del vehículo que tiene su misma dirección y en consecuencia se necesita más recorrido.

Estos criterios del signo de i se pueden aplicar en las fórmulas de las hojas de cálculo con distintos planteamientos de programación pero naturalmente con idénticos resultados sea de L_c sea de L_d .

Es interesante comprobar cómo la aplicación del Teorema de las Fuerzas Vivas (que equivale a la segunda ley de Newton) da resultados correctos. Sin embargo, cabe recordar que la fórmula de los carriles de deceleración no considera ni la resistencia del aire ni la resistencia a la rodadura. También es interesante ver que la fuerza tractora no se relaciona directamente con la potencia del motor, sino que la fuerza se toma según la fórmula clásica $M \cdot a$ (segunda ley de Newton) siendo a la deceleración media constante.

3.2. Longitud de las cuñas de transición

Para la longitud de las cuñas de transición se pueden utilizar los valores indicados en el apartado 2.1.4.

4. Consideraciones sobre el planteamiento del cálculo propuesto en la Norma 3.1-IC 2014

En la actual Norma 3.1-IC 2000, se utilizan unas fórmulas, para el cálculo de las longitudes de los carriles de cambio de velocidad, que no se demuestran, y si bien es cierto que las Normas no tienen necesariamente por qué hacerlo, las excepciones no son infrecuentes, sobre todo en el campo estructural, y siempre son bien recibidas.

En el borrador de la Norma 3.1-IC 2014, se destina en cambio todo el Anexo 2 a la “Estimación de la longitud de los carriles de cambio de velocidad”⁷. Sobre este Anexo se hacen las siguientes precisiones:

- En la página 221 del Anexo 2 de la Norma 3.1-IC 2014, en relación con los carriles de aceleración, se aporta un sistema de dos ecuaciones en función de x , de $v = dx/dt$ y de dv/dt :

$$\frac{P}{g} \cdot \frac{dv}{dt} = \beta \cdot \frac{H}{V} - R_t$$

$$v = \frac{dx}{dt}$$

Siendo:

P = peso del vehículo ($N = \text{kg masa} \cdot \text{m/s}^2$).

g = aceleración de la gravedad (m/s^2).

$\beta \cdot (H/v)$ = fuerza tractora del vehículo (N).

R_t = suma de resistencias longitudinales al avance del vehículo (N).

- En la página 223 de la Norma 3.1-IC 2014 (Anexo 2) se aporta, sin indicar como se obtiene, una expresión de X que implícitamente (en nuestra opinión) se entiende como la solución del anterior sistema de ecuaciones. Dicha expresión es:

$$X = \frac{V_f}{g \cdot K} \cdot \left[\frac{V_0 - V_f}{2} \cdot (V_0 + 2 \cdot V_f + V) + V_f^2 \cdot \ln \frac{V_0 - V_f}{V - V_f} \right] + X_0$$

El problema es que dicha expresión de X , que cabe interpretar –sin tener la seguridad de ello– como una abcisa genérica del carril de cambio de velocidad, depende de X_0 , V_0 , V_f así como de V . El valor X_0 no se define.

Cabe pensar que V es la velocidad asociada a la abcisa genérica X del carril de aceleración. En tal caso, dando a V en la expresión de X el valor V_0 , nos debería resultar $X=0$ y sin embargo se obtiene:

$$X = \frac{V_f}{g \cdot K} \cdot (V_0^2 - V_f^2) + X_0 \neq 0$$

Análogamente dando a V el valor V_f , nos debería resultar $X=L_c$ y sin embargo se obtiene:

$$X = \frac{V_f}{g \cdot K} \cdot \left[\frac{V_0 - V_f}{2} (V_0 + 3 \cdot V_f) + \infty \right] + X_0 = \infty \neq L_c$$

Lo cual nos genera las lógicas reservas en relación a la expresión de X .

La dificultad para obtener X estriba en que para conocer v ($v = dx/dt$) precisamos primero conocer x , y sin conocer v no se puede calcular x . Estaríamos pues quizás ante una fórmula de tipo circular, de manejo iterativo y en definitiva de aplicación engorrosa y poco clara.

- Como contrapartida, en la Norma 3.1-IC 2014, se aporta una tabla 8.2 para obtener directamente la longitud de los carriles de cambio de velocidad, donde se definen 5 subtablas o tramos, en cada uno de los cuales la pendiente oscila entre valores determinados. Dichos tramos y las pendientes asociadas son:

Tramo 1	-2 % $i \leq +2\%$;
Tramo 2	+2 % $i \leq +4\%$;
Tramo 3	-2 % $i \leq -4\%$;
Tramo 4	+4 % $i \leq +6\%$ y
Tramo 5	-4 % $i \leq -6\%$.

En cada subtabla o tramo de la tabla 8.2 se puede elegir entre 6 velocidades iniciales y 6 velocidades finales, estas velocidades son idénticas en los 5 tramos. Sus valores son: 40, 60, 80, 100, 120 y 140 km/h.

Elegida una velocidad inicial y una final, del Tramo o Subtabla correspondiente de la tabla 8.2, se obtiene la longitud buscada del carril. No se indica cómo se han obtenido los valores de la tabla 8.2. Si se opera por encima de la diagonal de la sub tabla se obtienen longitudes de carriles de aceleración y por debajo se obtienen longitudes de carriles de deceleración⁹. Obsérvese que la longitud del carril, en cada tramo depende solo de las velocidades elegidas y no de la inclinación concreta del carril. En el tramo 5 de la tabla 8.2, por ejemplo, la longitud de carril es la misma para inclinaciones de -4 %, -4,5 %, -5 %, -5,5 % y -6 % (y cualquier otra inclinación comprendida entre -4 % y -6 %) y en el tramo 1 de la tabla 8.2, la longitud de carril es la misma para inclinaciones de -2 %, -1 %, +1 % y +2 % (y cualquier otra comprendida entre -2 % y +2 %). Esto es, al menos formalmente, incorrecto.

La obtención de la longitud de los carriles de deceleración a través de la utilización de la tabla 8.2 es sorprendente, ya que si bien en la Norma 3.1-IC 2014 no se aporta ninguna fórmula para el cálculo de los carriles de aceleración, en lo que respecta a los carriles de deceleración hay un acuerdo generalizado (Norma 3.1-IC 2000, Norma 3.1-IC 2014, Trazado de Carreteras. Tomo 2º. ETS de ICCP. 1992) en utilizar la fórmula:

$$L_d = \frac{V_0^2 - V_f^2}{50 + 254 \cdot i}$$

Por lo que cabría esperar que para los carriles de deceleración se utilizara la fórmula anterior y no la tabla 8.2.

Con las fórmulas de Lc y Ld desarrolladas en este artículo se está en condiciones de calcular la longitud de los carriles de deceleración y aceleración de manera directa. En este sentido se acompaña más adelante una hoja de cálculo Excel, cuyo formato es susceptible de mejora y así se hará más adelante.

En dicha hoja de cálculo Excel algunos coeficientes de conversión de unidades están indicados explícitamente en las entradas de datos y otros están ya incorporados en las fórmulas de las columnas Lc, Ld, Ra, etc donde se programa el cálculo de dichos valores. En la tabla Excel, se calculan las longitudes de los carriles de aceleración Lc y deceleración Ld en las columnas Lc(m) y Ld (m) de acuerdo con las fórmulas de este artículo y se comparan con los valores obtenidos entrando en la tabla 8.2 de la Norma 3.1-IC 2014.

5. Comprobaciones realizadas en la tabla 8.2 para pendientes del -4 % al -6 % y del +4 % al +6%.

Se observan las siguientes diferencias:

- Las longitudes de los carriles de aceleración (o deceleración), para la misma suposición de velocidad inicial y final, considerando las pendientes del -4 % al -6 %, y del +4 % al +6 %, calculadas con la tabla 8.2 de la Norma 3.1-IC 2014, tramos 4 y 5, dan lugar a los mismos valores con independencia de la pendiente considerada, y de cualquier otra comprendida en el intervalo del -4 % al -6 % o del 4 % al 6 %.
- Las longitudes de los carriles de deceleración (o deceleración) para la misma suposición de velocidad inicial y final, considerando pendientes del -4 % al -6 %, y del +4 % al +6 %, calculadas con las fórmulas del presente trabajo, dan valores en unos casos relativamente parecidos y otros no tanto, a los de Tabla 8.2 de la Norma 3.1-IC 2014 pero en definitiva diferentes y en cualquier caso con valores distintos para pendientes distintas, como es lógico. La longitud de los carriles de deceleración da los mismos valores que los obtenidos de la Norma 3.1-IC 2000 como es lógico ya que se utiliza la misma fórmula.

PROYECTO: COMPROBACIÓN TABLA 8.2 PARA -4% A -6% Y PARA 4% A 6%

Sen α =	i (en tanto x uno)
Cos α =	1
Tg α =	i (en tanto x uno)

Ft =	η * H/Vx
Ft =	Fuerza tractora
η =	Rendimiento Transmisión
H =	Potencia del motor
Vx =	Velocidad vehiculo
Vx =	Vx = V0 + (Vf-V0)*X/Lc

Para Wf es preciso integrar entre 0 y Lc la expresión Ft*dx

Fr =	fr*Mg*cosα
fr =	Coef. Rozamiento

Ra =	0,5*ρ*Cx*Af*Vx^2
Ra =	Resistencia del aire
ρ =	1,168 kg/ m3
Cx =	0,22
Af =	2,5 m2
0,5*ρ*Cx*Af =	0,3212
0,5*ρ*Cx*Af/3 =	0,1071

Para Wra es preciso integrar entre 0 y Lc la expresión Ra*dx

WraLc =	Ra = 0,1071*(V0^2+V0*Vf+Vf^2)
---------	-------------------------------

Vp	L cuña
Vp<=60	Vp-10
60	60
Vp<=70	80
Vp<=110	Vp+25
Vp<=120	135
Vp<=140	Vp+10

DATOS DEL VEHICULO TIPO LIGERO						
H (CV)	P(Kgmasa)/H(KW)	P(Kgmasa)	η	H(W)	fr	1CV
85	20	1.250,35	0,8	62.517,33	0,015	735,498 W

LONGITUD CARRILES DE ACELERACIÓN=Lc	
$Lc = \frac{M*(Vf^2-V0^2)/2}{\eta*H*Ln(Vf/V0)/(Vf-V0)-M*g*i-fr*M*g-0,1071*(V0^2+V0*Vf+Vf^2)}$	

LONGITUD CARRILES DE DECELERACIÓN=Ld	
$Ld = \frac{(V0^2-Vf^2)}{50+254*i}$	

CALCULO LONGITUDES CARRILES DE ACELERACIÓN .VEHICULO LIGERO										Lc(m)	
Enlace/Rama	Tipo/Rama	V0 (Km/h)	Vf(Km/h)	i	M*g*i (N)	fr*M*g (N)	Ln(Vf/V0)	Vf-V0	Ra (N)	Lc(m)	3.1-IC 2014
		40	60	-0,04	490,14	183,80	0,405465108	20	62,45	25	30
		40	80	-0,04	490,14	183,80	0,693147181	40	92,04	69	65
		40	100	-0,04	490,14	183,80	0,916290732	60	128,20	137	130
		40	120	-0,04	490,14	183,80	1,098612289	80	170,93	235	230
		40	140	-0,04	490,14	183,80	1,252762968	100	220,23	368	385
		40	60	-0,06	735,20	183,80	0,405465108	20	62,45	23	30
		40	80	-0,06	735,20	183,80	0,693147181	40	92,04	64	65
		40	100	-0,06	735,20	183,80	0,916290732	60	128,20	127	130
		40	120	-0,06	735,20	183,80	1,098612289	80	170,93	215	230
		40	140	-0,06	735,20	183,80	1,252762968	100	220,23	333	385
		40	60	0,04	-490,14	183,80	0,405465108	20	62,45	33	45
		40	80	0,04	-490,14	183,80	0,693147181	40	92,04	97	115
		40	100	0,04	-490,14	183,80	0,916290732	60	128,20	206	250
		40	120	0,04	-490,14	183,80	1,098612289	80	170,93	376	585
		40	140	0,04	-490,14	183,80	1,252762968	100	220,23	631	NP
		40	60	0,06	-735,20	183,80	0,405465108	20	62,45	36	45
		40	80	0,06	-735,20	183,80	0,693147181	40	92,04	109	115
		40	100	0,06	-735,20	183,80	0,916290732	60	128,20	236	250
		40	120	0,06	-735,20	183,80	1,098612289	80	170,93	442	585
		40	140	0,06	-735,20	183,80	1,252762968	100	220,23	769	NP

CALCULO LONGITUDES CARRILES DE DECELERACIÓN. VEHÍCULO LIGERO.											Ld(m)
Enlace/Ramal	Tipo/Ramal	V0 (Km/h)	Vf(Km/h)	i	M*g'i (N)	fr*M*g (N)	Ln(V0/Vf)	V0-VF	Ra (N)	Ld(m)	3.1-IC 2014
		120	40	-0,04				80		321	370
		120	60	-0,04				60		271	310
		120	80	-0,04				40		201	230
		120	100	-0,04				20		110	130
		120	40	-0,06				80		368	370
		120	60	-0,06				60		311	310
		120	80	-0,06				40		230	230
		120	100	-0,06				20		127	130
		120	40	0,04				80		213	195
		120	60	0,04				60		180	165
		120	80	0,04				40		133	125
		120	100	0,04				20		73	75
		120	40	0,06				80		196	195
		120	60	0,06				60		166	165
		120	80	0,06				40		123	125
		120	100	0,06				20		67	75

- En el caso de los carriles de deceleración todavía es más llamativa la diferencia entre la aplicación de la formula $(V0^2-Vf^2)/(50+254*i)$ (fórmula que también recoge la Norma 3.1-IC 2014) y los valores resultantes de la aplicación de la Tabla 8.2. En el caso de los carriles de deceleración la coincidencia debería ser total y no lo es en absoluto.

- El tema de la Resistencia aerodinámica Ra es un inconveniente a la hora de comparar resultados en la comprobación de la longitud de los carriles de aceleración, dado que en la deducción de los valores de la tabla 8.2 según la Norma 3.1-IC 2014 no está incluida dicha resistencia y sí lo está en los valores deducidos con la formulación del presente artículo.

Un aspecto cuyo mérito se debe reconocer a la Norma 3.1-IC 2014 es la introducción de las características geométricas y dinámicas de los vehículos, en el cálculo de las longitudes de los carriles de cambio de velocidad. En ramales de enlaces próximos a zonas industriales los carriles de cambio de velocidad se deberían calcular con un vehículo tipo (probablemente un camión) con unas características que representen la media de las características de los camiones circulantes en la zona de proyecto. También se debe reconocer a la Norma 3.1-IC 2014 el plantear la conveniencia de considerar la Resistencia Aerodinámica del aire, aunque luego afirme que es despreciable, lo cual como ya se ha comentado anteriormente, no es siempre cierto, ni mucho menos.

Por todo ello, resulta más llamativo que pese a un planteamiento teórico inicial exigente, a fin de cuentas el único método

de cálculo que ofrece la Norma 3.1-IC 2014 sea la tabla 8.2 donde sólo se necesita conocer las velocidades inicial y final y la pendiente del carril para obtener un valor de la longitud del mismo. Insistimos en que dicha longitud es válida, según la Norma 3.1-IC 2014, para todas las pendientes del intervalo de pendientes del Tramo que se elija de la tabla 8.2.

Esto evidentemente no es cierto ya que con cada inclinación o pendiente se obtiene una longitud determinada de carril; otra cosa es que en la Norma 3.1-IC 2014 hubiera calculado explícitamente las longitudes de carril para cada una de las inclinaciones que son posibles en cada tramo de la Tabla 8.2 y hubiera llegado a la conclusión de que las diferencias de longitud obtenidas se podían despreciar. Este cálculo no sabemos si se ha realizado, aunque nos inclinamos a pensar que no, porque de haberse realizado, los valores obtenidos se deberían haber incorporado, con una explicación de su obtención, al anexo 2 para justificar los valores de la tabla 8.2.

Por otra parte en la gama de inclinaciones de la tabla 8.2 se excluyen las inclinaciones mayores del 6 % que no son tan infrecuentes –como es el caso del 7 %– y si están consideradas, parcialmente, en la actual Norma 3.1-IC 2000.

6. Vehículo tipo

En la Norma 3.1-IC 2014 se consideran, a efectos de cálculo de los carriles de cambio de velocidad, dos tipos de vehículos cuyas características geométricas y dinámicas se recogen en la tabla A2.1 de dicha Norma, que se reproduce a continuación:

Vehículo	Potencia (CV)	P/H (Kg/Kw)	Área Frontal (m ²)	Cd (ó Cx) Coeficiente aerodinámico
Ligero	85	20	2,50	0,4
Pesado	450	120	10,00	1,1

$$Lc = \frac{\frac{1}{2} \cdot M \cdot (V_f^2 - V_0^2)}{\eta \cdot \frac{H}{(V_f - V_0)} \cdot \ln \frac{V_f}{V_0} - M \cdot g \cdot i - fr \cdot M \cdot g - 0,089 \cdot (V_0^2 + V_0 \cdot V_f + V_f^2)}$$

Hasta ahora en las tablas del presente trabajo, hemos utilizado el vehículo ligero. En lo que respecta a la Norma 3.1-IC 2014 la única herramienta de cálculo que proporciona es la tabla 8.2, donde no se indica con qué tipo de vehículo se ha elaborado, pero entendemos que ha sido con el vehículo ligero.

Observamos que el vehículo pesado tiene una potencia 5,30 veces superior a la potencia del vehículo ligero, y ofrece una resistencia aerodinámica 11 veces superior a la del vehículo ligero. Sería interesante que la Norma 3.1-IC 2014 aportara las características dinámicas y geométricas, de un vehículo intermedio entre los dos anteriores.

Por otra parte, si observamos la ecuación que nos da la longitud del carril de aceleración: (ver fórmula superior); donde estamos suponiendo $V_f > V_0$, vemos que si se consideran valores altos de V_f y V_0 y además diferencias altas entre V_f y V_0 , así como un vehículo con un peso ($M \cdot g$) también elevado, unido todo ello a una rampa ($i > 0$) con inclinación alta, es muy posible que nos resulten según los casos valores altos de Lc e incluso valores negativos de Lc . Como este resultado no tiene sentido físico, cabe decir que la fórmula anterior nos permite tantear rápidamente distintos valores de las velocidades y pendientes de la rampa, que nos den una Lc con el signo positivo y con una longitud que encaje con las previsiones iniciales del trazado (ver tablas siguientes).

6.1. Sobre las unidades de Lc

Dado que en la tabla anterior en la definición de P/H se indica (Kg/Kw) entendemos que Kg indica kilogramos masa y no kilogramos fuerza (Kgf) o kilopondios (Kp).

Por otra parte, entendemos que Kw es la potencia expresada en kilovatios y no en caballos de vapor (CV). Como 1CV = 735,498 watos, se tiene en el caso del vehículo ligero:

$$85 \text{ CV} = 85 \times 735,498 = 62.517,33 \text{ watos} = 62,517 \text{ Kw}$$

Como, según la tabla anterior, P (Kg masa) = 20 X potencia en Kw=

$$= 20 \times 62,517 = 1.250,34 \text{ Kg masa.}$$

Las unidades del numerador de Lc (masa por velocidad al cuadrado) son:

$$(\text{Kg masa}) \times (\text{m/s})^2 = (\text{kg masa}) \times (\text{m/s}^2) \times \text{m} = \text{Newton} \times \text{m} = \text{N} \times \text{m}$$

Las unidades de los sumandos del denominador de Lc son:

$$\eta \times H \times \ln(V_f/V_0) / (V_f - V_0) = (\text{coeficiente adimensional}) \times (\text{watos}) \times (\text{numero}) / (\text{m/s}) =$$

$$= (\text{Julio/s}) / (\text{m/s}) = (\text{Nxm/s}) / (\text{m/s}) = \text{Newtons} = \text{N.}$$

$$M \times g \times i = (\text{Kg masa}) \times (\text{m/s}^2) \times (\text{m/m}) = \text{Newtons} = \text{N.}$$

$$fr \times M \times g = (\text{coeficiente adimensional}) \times (\text{Kg masa}) \times (\text{m/s}^2) = \text{Newtons} = \text{N.}$$

La Resistencia aerodinámica, antes de operar e integrar vale:

$$Ra = \frac{1}{2} * \mu * C_x * Af * V^2$$

las unidades de sus factores son:

$\mu = (\text{kg masa}/\text{m}^3)$.
 Cx= Coeficiente adimensional.
 Af = (m²).
 V2 = m²/s².

La unidad de Ra es pues= (kg masa/m³)*(m²)*(m²/s²)= (kg masa)
 x m /s² = Newtons=N

La unidad de Lc es pues = Nxm / N= metros (m)

7. Calculos de Lc con un vehículo de potencia media

Vehículo	Potencia (CV)	P/H (Kg/Kw)	Área Frontal (m ²)	Cd (ó Cx) Coeficiente aerodinámico
Ligero	85	20	2,50	0,4
Pesado	450	120	10,00	1,1
Mediano	268	70	6,25	0,75

El vehículo mediano es un vehículo ficticio, propuesto en el presente trabajo, obtenido como semisuma del vehículo ligero más el vehículo pesado. Creemos que esta aproximación, se puede aceptar solamente a efectos de cálculos o comparaciones provisionales, como es el caso que nos ocupa. En la tabla inferior, se calculan las longitudes en metros de los carriles de

aceleración Lc para las velocidades inicial Vo de 40 km/h y final Vf variando entre 60, 80, 100, 120 y 140 Km/h con pendientes de -4 %, -6 %, 4 % y 6 %, mediante la aplicación de la Tabla 8.2 de la Norma 3.1-IC 2014 que utiliza-creemos- un vehículo ligero, y mediante la fórmula deducida en este trabajo con el vehículo mediano que hemos definido.

CALCULO LONGITUDES CARRILES DE ACELERACIÓN. VEHICULO MEDIANO										Lc(m)	Lc(m)
Enlace	Tipo/Ramal	V0 (Km/h)	Vf(Km/h)	i	M*g*i (N)	fr*M*g (N)	Ln(Vf/V0)	Vf-V0	Ra (N)	V. MEDIO	3.1-IC 2014
		40	60	-0,04	-5408,78	2028,29	0,405465108	20	156,11	71,70	30
		40	80	-0,04	-5408,78	2028,29	0,693147181	40	230,05	195,22	65
		40	100	-0,04	-5408,78	2028,29	0,916290732	60	320,43	378,31	130
		40	120	-0,04	-5408,78	2028,29	1,098612289	80	427,24	629,07	230
		40	140	-0,04	-5408,78	2028,29	1,252762968	100	550,48	956,49	385
		40	60	-0,06	-8113,17	2028,29	0,405465108	20	156,11	60,60	30
		40	80	-0,06	-8113,17	2028,29	0,693147181	40	230,05	161,64	65
		40	100	-0,06	-8113,17	2028,29	0,916290732	60	320,43	307,54	130
		40	120	-0,06	-8113,17	2028,29	1,098612289	80	427,24	502,82	230
		40	140	-0,06	-8113,17	2028,29	1,252762968	100	550,48	752,27	385
		40	60	0,04	5408,78	2028,29	0,405465108	20	156,11	268,16	45
		40	80	0,04	5408,78	2028,29	0,693147181	40	230,05	1.156,12	115
		40	100	0,04	5408,78	2028,29	0,916290732	60	320,43	4.749,18	250
		40	120	0,04	5408,78	2028,29	1,098612289	80	427,24	-145.471,63	585
		40	140	0,04	5408,78	2028,29	1,252762968	100	550,48	-11.133,58	NP
		40	60	0,06	8113,17	2028,29	0,405465108	20	156,11	851,32	45
		40	80	0,06	8113,17	2028,29	0,693147181	40	230,05	-5.015,24	115
		40	100	0,06	8113,17	2028,29	0,916290732	60	320,43	-2.514,85	250
		40	120	0,06	8113,17	2028,29	1,098612289	80	427,24	-2.463,02	585
		40	140	0,06	8113,17	2028,29	1,252762968	100	550,48	-2.676,33	NP

Cuando los resultados obtenidos de Lc son o muy largos o son negativos, se han de revisar las pendientes proyectadas así como las velocidades inicial y final.

CÁLCULO LONGITUDES CARRILES DE ACELERACIÓN . VEHICULO MEDIANO										Lc(m)	Lc(m)
Enlace	Tipo/Ramal	V0 (Km/h)	Vf(Km/h)	i	M*g*i (N)	fr*M*g (N)	Ln(Vf/V0)	Vf-V0	Ra (N)	V. MEDIO	3.1-IC 2014
		40	60	-0,04	-5408,78	2028,29	0,405465108	20	156,11	71,70	30
		40	80	-0,04	-5408,78	2028,29	0,693147181	40	230,05	195,22	65
		40	100	-0,04	-5408,78	2028,29	0,916290732	60	320,43	378,31	130
		40	120	-0,04	-5408,78	2028,29	1,098612289	80	427,24	629,07	230
		40	140	-0,04	-5408,78	2028,29	1,252762968	100	550,48	956,49	385
		40	60	-0,06	-8113,17	2028,29	0,405465108	20	156,11	60,60	30
		40	80	-0,06	-8113,17	2028,29	0,693147181	40	230,05	161,64	65
		40	100	-0,06	-8113,17	2028,29	0,916290732	60	320,43	307,54	130
		40	120	-0,06	-8113,17	2028,29	1,098612289	80	427,24	502,82	230
		40	140	-0,06	-8113,17	2028,29	1,252762968	100	550,48	752,27	385
		40	60	0,04	5408,78	2028,29	0,405465108	20	156,11	268,16	70
		40	70	0,04	5408,78	2028,29	0,559615788	30	191,03	584,00	70
		40	75	0,04	5408,78	2028,29	0,628608659	35	210,03	826,68	70
		40	75	0,04	5408,78	2028,29	0,628608659	35	210,03	826,68	70
		40	75	0,04	5408,78	2028,29	0,628608659	35	210,03	826,68	70
		40	60	0,06	8113,17	2028,29	0,405465108	20	156,11	851,32	45
		40	60	0,06	8113,17	2028,29	0,405465108	20	156,11	851,32	45
		40	60	0,06	8113,17	2028,29	0,405465108	20	156,11	851,32	45
		40	60	0,06	8113,17	2028,29	0,405465108	20	156,11	851,32	45
		40	60	0,06	8113,17	2028,29	0,405465108	20	156,11	851,32	45

En el presente caso una posible solución pasa por disminuir la velocidad de llegada, como se ve en la tabla de esta misma página. Sólo disminuyendo la velocidad Vf de llegada, el cambio en el valor de Lc ha sido muy importante. Cabe pensar que con otra optimización de todas o de parte de las variables (V0, Vf y i) se obtendrían otras soluciones para mejorar cualquier valor de Lc.

8. Conclusiones

A la vista de lo anterior consideramos, a nuestro entender, que en la redacción definitiva de la Norma 3.1-IC 2014 se deberían tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Dado que se dispone de una fórmula directa para el cálculo de los carriles de deceleración, parece que sería también deseable disponer de una fórmula directa para el cálculo de la longitud de los carriles de aceleración, tal como ocurre en la actual Norma 3.1-IC 2000.
- Con respecto a las fórmulas de Lc y Ld utilizadas en el presente trabajo, es interesante observar que si en el denominador de Lc se prescinde de la resistencia aero-

dinámica y de la resistencia a la rodadura –que no se han considerado en la deducción de Ld– ambas ecuaciones presentan una cierta similitud formal que

$$Lc = \frac{\frac{1}{2} \cdot M \cdot (V_f^2 - V_0^2)}{\eta \cdot \frac{H}{(V_f - V_0)} \cdot \ln \frac{V_f}{V_0} - M \cdot g \cdot i}$$

$$Ld = \frac{V_0^2 - V_f^2}{50 + 254 \cdot i}$$

interpretamos como una circunstancia favorable, sin que ello suponga en absoluto, que al emplear la ecuación de Lc podemos desprestigiar la resistencia aerodinámica y la resistencia a la rodadura.

- Con independencia de las fórmulas correspondientes, siempre es interesante disponer de unas tablas para obtener las longitudes de los carriles de aceleración y deceleración, y en nuestra opinión sería deseable un formato muy similar al de las Tablas 7.5 y 7.6 de la Norma 3.1-IC 2000 (en las que en nuestra opinión se debe ampliar el rango tanto de las velocidades iniciales como finales). El formato y el contenido actual de la Tabla 8.2 del borrador de la Norma 3.1-IC 2014, no parece el más adecuado por las razones expuestas en este trabajo.

- También se deberían establecer unos valores mínimos de L_c y L_d , similares a los establecidos en la Norma 3.1-IC 2000, que son $L_c \geq 200$ m y $L_d \geq 100$ m.

9. Agradecimientos

- A Piero Facchini Margutti (ICCP), Xavier Pérez Castello (Arquitecto Técnico y Trazadista) y a Ponciano Aguado Fernández (Trazadista), competentes ingenieros especialistas de BAC, Engineering Consultancy Group, SL con quienes he cambiado impresiones en varias ocasiones sobre el contenido de este artículo, que han servido para mejorar el planteamiento del texto y eliminar errores.

- A Ángel Sangrós Bondía (ICCP), exjefe de las Demarcaciones de Carreteras del Estado en Aragón primero y en Cataluña después. Exprofesor de Resistencia de Materiales y Elasticidad en la E.T.S de ICCP de la Universidad Politécnica de Cataluña, que se ha molestado en leer el artículo y ha hecho observaciones que, todas ellas, se han tenido en cuenta.

- A Manuel Aguinaga Berjano (ICCP), ingeniero jefe de Equipo de GETINSA-PAYMA, con quien se ha compartido desde el primer momento una impresión poco favorable con respecto al Anexo 2 del Borrador de la Norma 3.1-IC 2014, y que nos consta está indagando también sobre éste mismo tema buscando métodos numéricos de resolución del sistema de dos ecuaciones diferenciales de la página 9, basados en el programa Math. Lab., habiendo llegado ya a resultados concretos. **ROP**

Notas

(1) Prestaciones en Vehículos. Universidad Carlos III de Madrid. Dpto. de Ingeniería Mecánica.

(2) Idem. llamada 1

(3) Idem. llamada 1

(4) Mejor hubiera sido aportar las fotos laterales de los vehículos considerados.

(5) Trazado de Carreteras. ETS de ICCP de la UPM.1992.

(6) Autores: Sandro Rocci Boccaleri, Carlos Kraemer y Victor Sánchez Blanco

(7) En realidad en el Anexo 2 solo se consideran los carriles de aceleración.

(8) Según se nos comunicó verbalmente por un miembro del Comité de Redacción de la Norma 3.1-IC 2014

El AVE Madrid-Barcelona, una obra de mérito



Antonio L. Lara Galera

Doctor ingeniero de Caminos Canales y Puertos.

Vocal del Comité de Construcción, Financiación de Infraestructuras y Equipamientos del Colegio Ingenieros de Caminos Canales y Puertos

Resumen

España es uno de los países del mundo con más kilómetros de red de alta velocidad ferroviaria, tanto en servicio como en construcción y planificados. Este tipo de proyectos requieren cuantiosas inversiones, en las que una parte sustancial de los recursos se emplean en la propia construcción de la infraestructura. Además, son proyectos de elevada complejidad técnica.

La Línea de Alta Velocidad Madrid-Barcelona-Frontera Francesa, de 804 kilómetros de longitud total, es uno de los principales ejes de comunicación de España con Europa. Su trazado permite la circulación a velocidades de hasta 350 km/h, lo que permite la conexión por TAV entre Madrid y Barcelona en dos horas y media. Una parte importante del proyecto y construcción de esta línea fue financiada con Fondos Europeos, por pertenecer a la Red Transeuropea de Transporte.

El coste de construir los 621 kilómetros de línea entre Madrid y Barcelona ascendió a 14,4 millones de euros por kilómetro, cantidad superior a la inicialmente presupuestada. Sin embargo, este importe es inferior al de otras infraestructuras construidas en el mundo similares.

El Tribunal de Cuentas ha llevado a cabo la fiscalización del proyecto, analizando la legalidad y eficacia de las contrataciones desarrolladas inicialmente por el Gestor de Infraestructuras Ferroviarias (GIF) y, posteriormente, por el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF) para la construcción de la línea de alta velocidad (AVE) Madrid-Barcelona.

Este artículo expone las particularidades de este tipo de infraestructuras, analizando comparativamente el coste de construcción de la línea AVE Madrid-Barcelona con el de otras infraestructuras de alta velocidad en el mundo. También se analiza el informe del Tribunal de Cuentas, contextualizando y relativizando el mismo en relación a las particularidades de este proyecto, destacando la aportación técnica de los ingenieros de Caminos.

Palabras clave

Alta velocidad, proyectos, infraestructuras, informe del Tribunal de Cuentas

Abstract

Spain has one of the most extensive high-speed train systems in the world, both in operation or under construction or planned. These projects require vast investment, in which a substantial proportion is taken up by the construction of the infrastructure itself. These projects also tend to be of great technical complexity.

The 804 kilometres Madrid-Barcelona-French Border High-Speed Train Line forms one of the main axes of communication between Spain and Europe. High-speed trains travelling on this line can reach speeds of up to 350 kph and cover the journey between Madrid and Barcelona in just two and a half hours. A high percentage of the design and construction of this line was financed through European Funds as this forms part of the Trans-European Transport Network.

The cost of building the 621 kilometres of line between Madrid and Barcelona came to 14.4 million euros per kilometre and far higher than that initially budgeted. However, this amount is still lower than other similar infrastructures built around the world.

The Spanish Audit Office has monitored and audited the project, analysing the legality and efficiency of the contracts initially performed by the Railway Infrastructure Management Agency (GIF) and subsequently by its successor, the Railway Infrastructure Administration (ADIF), for the construction of the Madrid-Barcelona AVE high-speed line.

This article explains the characteristics of this type of infrastructure and makes a comparative analysis of the construction cost of the AVE Madrid-Barcelona with other high-speed railways lines throughout the world. The article goes on to examine the Audit Office report, setting this in context and in relation with the characteristics of the project, and makes particular reference to the technical contribution of civil engineers.

Keywords

High-speed train, projects, infrastructure, Audit Office report



1. Introducción

El Boletín Oficial del Estado de 28 de octubre de 2014, publica una resolución en relación con el informe de fiscalización realizado por el Tribunal de Cuentas sobre las principales contrataciones realizadas en el proyecto y construcción de la línea férrea de alta velocidad Madrid-Barcelona.

En líneas generales, dicho informe pone de manifiesto la deficiente redacción de los proyectos y la deficiente tramitación, planificación y ejecución de la obra por parte de GIF y ADIF, desde 1 de enero de 2002 hasta la puesta en funcionamiento de la línea. Denuncia, además, desviaciones de coste y plazo de ejecución importantes, existiendo en todos los contratos modificaciones y numerosas prorrogas y ampliaciones de plazo.

El presente documento, elaborado por la Comisión de Infraestructuras del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, persigue la puesta en valor del trabajo técnico realizado, defendiendo la labor profesional de los ingenieros de Caminos participantes en todas las fases del proyecto, que permitió poner en servicio una obra de gran extensión y complejidad técnica, en un plazo corto y con un coste, como se verá más adelante, más competitivo que en la mayoría de proyectos semejantes. Este trabajo no entrará, sin embargo, en el análisis de la conveniencia o no de invertir recursos públicos en este tipo de líneas, ya

que entendemos que esta decisión es de carácter político y no estrictamente técnico.

2. La alta velocidad en el mundo

El transporte ferroviario de alta velocidad (TAV) está considerado como uno de los avances más significativos acaecidos en la segunda mitad del siglo XX en el ámbito del transporte terrestre de pasajeros. Entendemos TAV como aquel que tiene lugar a velocidades superiores a los 200 km/h.

El TAV es una tecnología de transporte que se encuentra muy concentrada en dos áreas geográficas: Europa occidental y Asia oriental. Japón (1964) y Francia (1981) fueron los pioneros en las respectivas áreas. Posteriormente, el TAV se extendió en Europa, entrando en operación las primeras líneas de Alemania (1991) y España (1992). Más tarde se expandió en Asia, con los primeros proyectos en Corea del Sur (2004), China (2007), y Taiwán (2007)¹.

Las diferencias de dotación de alta velocidad son muy notables entre los diferentes países mencionados. La tabla 1 muestra el número de kilómetros en operación en septiembre de 2014 y la longitud de red por millón de habitantes.

Si a estos datos se les suman los km en construcción, se observa que el liderazgo chino en términos absolutos aumenta considerablemente, como también lo hace el lide-

País	Longitud de la red (km)	Longitud por millón de población (km/millones de habitantes)
España	2.500	54
Francia	2.036	31
Bélgica	209	19
Japón	2.087	16
Italia	923	15
Taiwán	345	15
Alemania	1.013	13
Austria	48	11
Corea del Sur	550	11
China	11.067	8
Turquía	632	8
Holanda	120	7
Suiza	35	4
Reino Unido	113	2

Tabla 1. Longitud de las redes. Líneas en Operación. International Unión of Railway (UIC), septiembre 2014. Población, Eurostat

razgo español en términos ponderados por población (tabla 2). La red china superará los 14.600 km desde los poco más de 11.000 actuales; la española superará los 3.700 km, unos 1.200 km más que los actualmente en operación. Son los dos países en los que es más intenso el desarrollo de la red de TAV, por lo que su diferencia sobre el resto de experiencias aumentará en los próximos años.

Una de las características de los proyectos de alta velocidad es la elevada inversión necesaria para su desarrollo, asumida normalmente por los diferentes Estados con recursos presupuestarios. También son elevados los posteriores costes de mantenimiento y operación en relación a otros sistemas de transporte. Algunos trabajos han intentado establecer parámetros que permitan aproximar la viabilidad económica de dicha inversión. Por ejemplo, De Rus y Nombela (2007).

Los costes de construcción son una parte muy importante en este tipo de infraestructuras. Teniendo en cuenta que

País	Longitud de la red (km)	Longitud por millón de población (km/millones de habitantes)
España	3.739	79
Francia	2.793	43
Japón	2.869	23
Bélgica	209	19
Alemania	1.447	18
Italia	923	16
Taiwán	345	15
Turquía	991	13
Suiza	107	13
Corea del Sur	598	12
Austria	249	11
China	14.604	11
Holanda	120	7
Reino Unido	113	2

Tabla 2. Longitud de las redes. Líneas en Operación y en Construcción International Unión of Railways (UIC), septiembre 2014. Población, Eurostat

son proyectos que persiguen mejorar la eficiencia del sistema de transporte en su conjunto y vertebrar el territorio, se entiende que son proyectos de gran magnitud, mucho más si tenemos en cuenta que parece haber un cierto consenso en que el recorrido óptimo de una línea debe estar en torno a los 500 km.

Los costes de construcción dependerán como es lógico de las características del territorio y de las elecciones tomadas en el diseño de la línea y en la funcionalidad esperada. Los territorios con una orografía accidentada y poco favorable, requieren una inversión mayor en construcción, ya que las características de trazado de una línea de alta velocidad son muy exigentes y habrá que utilizar frecuentemente túneles y viaductos para completar la misma. Pero además, no sólo es una cuestión de coste o inversión. Se comprende fácilmente que, en este contexto, la dificultad técnica de los proyectos y de la propia construcción crece de manera muy importante.

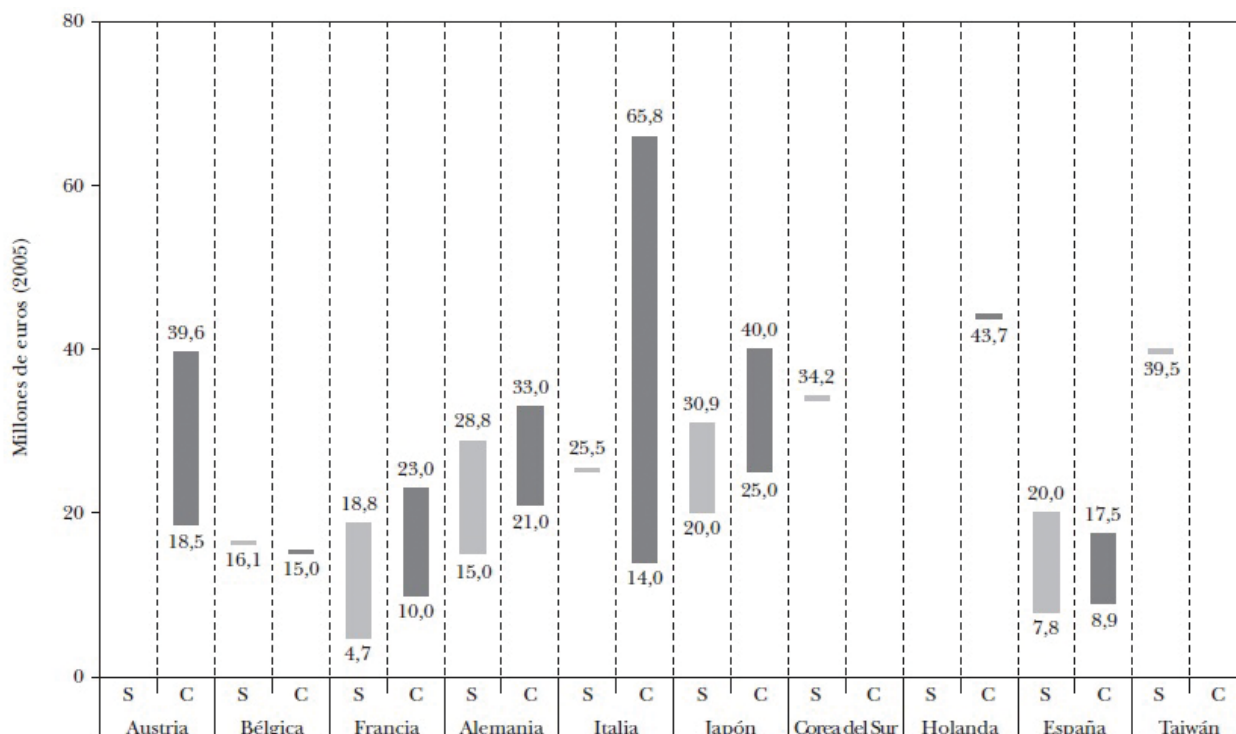
De acuerdo con la UIC (Union Internacionales de Chemin de fer) se acepta que, de manera general, la construcción de una infraestructura nueva de alta velocidad genera cuatro grandes capítulos de coste:

- Costes de planificación y preparación del terreno. Esta partida incluye los estudios económicos y técnicos y los costes de expropiación del terreno, así como otros costes administrativos, legales, etc. Normalmente representa entre un 5 % y un 10 % de la inversión.
- Costes de construcción. En general suelen representar entre un 30 % y un 40 % de la inversión. Sin embargo, en condiciones orográficas adversas puede llegar a suponer entre el 50 % y el 60 % del coste total del proyecto.
- Costes de superestructura: catenaria, electrificación, señalización, comunicaciones, seguridad, etc. Representan entre un 10 % y un 20 % de la inversión total.

• Otros Costes: Edificios y estaciones, acondicionamientos accesos, etc. Pueden representar entre un 5 % y un 10 % del total.

El profesor Rus y su equipo² han estudiado el coste de 45 proyectos homogéneos de alta velocidad en diferentes partes del mundo. La figura 1 refleja el coste medio de construcción de un kilómetro de línea de alta velocidad (euros de 2005) entre diferentes países. Si obviamos el coste del anteriormente mencionado capítulo primero (planificación y preparación del terreno), el coste promedio por kilómetro en estas condiciones es de 17,5 millones de euros. Si de los 45 proyectos estudiados seleccionamos los 24 proyectos en servicio, el coste por kilómetro oscila entre 9 y 39 millones, con un promedio de 18 millones de euros por kilómetro.

Se puede observar que España y Francia están en un coste de construcción promedio por kilómetro inferior a la media.



Notas:

- S: Líneas en servicio;
- C: Líneas en construcción (2006).
- Los costes representados excluyen los costes de planificación y preparación del terreno.

Fig. 1

Al elevado coste de cualquier nuevo proyecto de TAV se deben añadir las frecuentes desviaciones en las predicciones de los costes iniciales. Así lo muestran las desviaciones recurrentes en obras de éste tipo en todo el mundo: del 22 % en la línea Atlantique (Francia), del 32 % en la línea Madrid-Barcelona, del 34 % en la línea Kyushu (Japón), del 30 %-50 % en varias rutas chinas, e incluso del 300% en Corea del Sur. Los sobrecostes han sido masivos en Italia, del 200 % y el 300 % en términos reales en la Roma-Nápoles y en la Milán-Florenia, respectivamente.

También se ha observado, que en general los costes en los nuevos proyectos de alta velocidad son superiores en términos constantes a los incurridos en los primeros proyectos desarrollados. Esta observación viene ampliamente soportada por la experiencia francesa, alemana, japonesa y china.

3. El AVE Madrid-Barcelona

3.1. Antecedentes

España es uno de los países del mundo con más kilómetros de red de alta velocidad ferroviaria, tanto en servicio, como en construcción y planificados. En abril de 1992 entró en servicio la primera línea Madrid-Sevilla. Con la puesta en servicio de la línea Madrid-Albacete-Valencia (438 km) España se situó en el primer país de Europa y el segundo del mundo después de China. Con la finalización del tramo Madrid-Barcelona-Figueres en 2013, la red de alta velocidad española alcanzó los 3.100 km en servicio³.

En 2014 Renfe transportó en sus TAV a prácticamente 30 millones de pasajeros, un 15,9 % más que en el año 2013. En total, a lo largo de su historia las líneas españolas de alta velocidad han transportado a prácticamente 200 millones de pasajeros, que valoran especialmente la puntualidad del servicio, cercana al 99 %. Es destacable también que nuestros trenes circulan a una velocidad media comercial de 222 km/h, superior a la de países como Francia y Japón.

En el plano tecnológico España ha adquirido una importante experiencia en este ámbito, siendo precursora en las actividades ferroviarias de I+D+i, que le han permitido innovar en la construcción de infraestructuras, señalización, electrificación y material rodante.

Sin entrar en consideraciones de tipo económico, social, financiero, político, etc., es indudable que en el plano téc-



Fig. 2. Líneas y estaciones. ADIF

nico el desarrollo de la red de alta velocidad en España es ejemplar. Entre 2005 y 2013 (8 años), España ha pasado de algo más de 550 km de alta velocidad a más de 3.100 km, habiendo comunicado 31 ciudades mediante este medio de transporte.

3.2. La línea Madrid Barcelona

La Línea de Alta Velocidad Madrid-Barcelona-Frontera Francesa, de 804 kilómetros de longitud total, es uno de los principales ejes de comunicación de España con Europa. En 2008 la línea conectó las ciudades de Madrid y Barcelona. El tramo Figueres-Perpignan se puso en servicio en diciembre de 2010. En enero de 2013 se completó la línea, con la puesta en servicio del tramo entre Barcelona y Figueres. Tras sus primeros cinco años de funcionamiento, entre 2008 y 2013, los servicios de Renfe Madrid-Zaragoza-Barcelona han registrado un total de 27,2 millones de clientes. De estos, cerca de 16 millones corresponden a relaciones que enlazan Cataluña con Madrid.

El trazado permite la circulación a velocidades de hasta 350 km/h en prácticamente el 86 % del recorrido, aunque Renfe Operadora lo explota comercialmente a una velocidad máxima de 310 km/h, lo que permite la conexión por TAV entre Madrid y Barcelona en dos horas y media.

Los parámetros de construcción han sido muy exigentes para permitir las mencionadas velocidades máximas y garantizar la interoperabilidad de acuerdo a la normativa europea:



Ilustración 3: LAV Madrid-Barcelona-Frontera Francesa. ADIF

- Ancho de vía internacional (1.435 mm).
- Señalización compatible.
- Electrificación estándar.
- Curvas de radio mínimo igual a 7.000 m en vía general.
- Rampas inferiores a 25 milésimas.
- Peralte máximo 140 mm.
- Desvío aptos para 350 km/h.

La línea cuenta con circunvalaciones o by-pass en Zaragoza, Lleida y Figueres para no penalizar los tiempos de recorrido de los trenes sin parada en las estaciones de dichas ciudades. Además, el tramo Barcelona Puerto-Figueres ha sido diseñado para tráfico de viajeros y también para el transporte de determinados tipos de mercancías.

Los sistemas de seguridad empleados han sido también exigentes:

- Sistema de Protección del tren que supervisa la marcha segura del mismo de acuerdo con la información que recibe de los enclavamientos y con las condiciones propias del trazado de la línea (sistema ERTMS/ETCS en sus niveles 1 y 2 y ASFA)
- Red de telecomunicaciones de gran capacidad en fibra óptica multiservicio abierta y que da soporte al resto de sistemas.
- Sistema de supervisión y vigilancia: detección de caída de objetos, cajas calientes, estaciones meteorológicas, video vigilancia, detección de intrusión, etc

- Sistema de Regulación Central que tiene como objetivo la optimización de la explotación global de la línea.

La línea dispone también de un Sistema de Información a los viajeros que proporciona en tiempo real información: próximo tren, estimación del tiempo para la llegada/parada/salida, vía de estacionamiento, retrasos, etc.

Es importante mencionar, que una parte importante del proyecto y construcción de esta línea fue financiada con financiación europea por ser una línea perteneciente a la Red Transeuropea de Transporte. Dentro del periodo 2000-2006, el Fondo de Cohesión financió las obras de plataforma del tramo Madrid-Barcelona, así como el suministro y montaje de vía del tramo Madrid-Villafranca del Penedés e instalaciones de electrificación, señalización y comunicaciones del tramo Madrid-Lleida, con una ayuda que asciende a 3.349,5 millones de euros.

Por su parte, las ayudas RTET (Redes Transeuropeas de Transporte) financiaron los estudios y proyectos, así como las obras de la plataforma del tramo Maçanet-Sils, con una ayuda que asciende a 70,9 millones de euros.

En el periodo 2007-2013 está cofinanciada con ayudas RTET la implementación del ERTMS (Sistema de Gestión de Tráfico Ferroviario Europeo) del tramo Barcelona-Figueras, con una ayuda de 10,6 millones de euros.

También el Banco Europeo de Inversiones (BEI) ha colaborado en la financiación de este proyecto.

La línea fue inaugurada en varios tramos, comenzando desde Madrid. En octubre de 2003 se abrió hasta Lérida, en diciembre de 2006 se llegó hasta Tarragona, en febrero de 2008 hasta Barcelona y en enero de 2013 se completó la línea alcanzando Figueras y la frontera francesa.

El coste de construir los 621 kilómetros de línea entre Madrid y Barcelona ascendió a 8.966 millones de euros (14,4 millones por kilómetro), cantidad que supone un 31,4 % más de lo presupuestado inicialmente, según el informe del Tribunal de Cuentas que se analizará después. Por su parte, los 131 kilómetros de línea entre Barcelona y Figueras –sin incluir las obras en las estaciones de Barcelona Sants, La Sagrera, Gerona y Figueras– tuvieron un coste de 3.700 millones de euros.

3.3. El informe del Tribunal de Cuentas

Informe de fiscalización de las principales contrataciones relacionadas con la construcción de la línea férrea de alta velocidad Madrid-Barcelona, desarrolladas desde el 1 de enero de 2002 hasta la puesta en funcionamiento de la línea (nº 983).

La fiscalización ha tenido por objeto el análisis de la legalidad y eficacia de las contrataciones desarrolladas inicialmente por el Gestor de Infraestructuras Ferroviarias (GIF) y, posteriormente, por el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF) para la construcción de la línea de alta velocidad (AVE) Madrid-Barcelona desde el 1 de enero de 2002 hasta la puesta en marcha de la línea, el 20 de febrero de 2008.

Se ha realizado el examen y comprobación de los documentos e informaciones relacionados con el objeto de la fiscalización, verificando de modo particular el proceso de preparación, adjudicación, formalización, ejecución y liquidación de los principales contratos adjudicados en el periodo fiscalizado. Además, la fiscalización se ha extendido a otras actuaciones u operaciones producidas antes o después de este periodo cuando su análisis ha sido necesario para la correcta comprensión de las operaciones.

La fiscalización se ha llevado a cabo por iniciativa del propio Tribunal de Cuentas y está incluida en el Programa de Fiscalizaciones para el año 2009.

3.4. Análisis del informe del Tribunal de Cuentas

Tal como reconoce el propio informe del Tribunal de Cuentas, la línea AVE Madrid-Zaragoza-Barcelona-Frontera Francesa fue declarada prioritaria en Consejo de Ministros en diciembre de 1988. A nivel europeo, esta línea forma parte de del Esquema Director de la Red Transeuropea de Alta Velocidad, siendo uno de los proyectos calificados como prioritarios en materia de transporte en la Cumbre Europea de Essen de 1994. La línea de Ave entre Madrid y Barcelona, con una longitud de 621 km, redujo en unos 70 km la distancia por ferrocarril anterior existente entre las dos ciudades, reduciendo de forma importante el tiempo de recorrido entre las mismas. A partir de febrero de 2008, Madrid y Barcelona se conectaron en 2 horas y 38 minutos con trenes directos, alcanzando una velocidad media de 240 km/h. A finales de 2011 se incrementó la velocidad de los trenes a 310 km/h.

Como ya se mencionó anteriormente, debemos tomar en consideración adicionalmente que la construcción de esta línea ha sido cofinanciada por el Fondo de Cohesión durante el periodo 2000 a 2006, que aportó casi 3.400 millones de euros para la ejecución de la misma.

Para su construcción se adjudicaron 2.095 contratos principales por aproximadamente 6.823M€, con un importe global de licitación de prácticamente 7.550M€, lo que da una baja media de adjudicación del 9,63 %. Además se adjudicaron 38 complementarios por un importe de unos 172M€ (2,52 % en promedio) y 9 obras de emergencia por un importe agregado de casi 240 M€. El coste final ascendió a 8.967M€, que origina un precio medio de 14,34M€/km.

La desviación total del proyecto respecto a los precios inicialmente previstos es del 31,4 %, debido a las modificaciones de los proyectos, las obras complementarias y de emergencias, las revisiones de precios y las liquidaciones adicionales. En este punto es importante recordar, que la revisión de precios está establecida, reconocida y regulada por la LCSP y refleja la inflación que se produce en el período desde la licitación hasta la finalización de la construcción.

Si comparamos la estimación que inicialmente tenía la Administración del coste de la obra (7.550M€) con el coste final resultante (8.967M€), observamos que la desviación es 18,77 %. Si además detraemos del coste final las obras complementarias (son nuevas) y las de emergencia (por su

carácter incierto e impredecible), vemos que el incremento, que incorpora incluso la revisión de precios correspondiente a una obra que dura varios años, es del 13,31 %.

Si nos centramos en los contratos de obra, el 81,7 % de la inversión total se materializó en 666 contratos de obra que se adjudicaron con una baja inicial de aproximadamente el 10 %. Como consecuencia de los modificados, complementarios, obras de emergencia, liquidaciones y revisión de precios, la ejecución de las obras ascendió a 7.326M€, un 35,5 % más de lo inicialmente adjudicado (5.406M€). Sin embargo, la estimación inicial de inversión en obras era de 6.007M€, por lo que el incremento global de la obra respecto a esta previsión ha sido del 21,96 %. Si restamos del importe de ejecución de la obra el importe de los complementarios (161,13M€ -2,20 %-) y las obras de emergencia (239,87M€ -3,27 %-) y las revisiones de precios (418,41M€ -5,71 %-), vemos que el incremento producido ha sido realmente del 8,32 % respecto al tipo de licitación, que representa la estimación de coste inicial del cliente.

También se licitaron 653 contratos de asistencia técnica destinados a la redacción de proyectos y a la dirección y supervisión de los proyectos y las obras, que representaron el 5 % de la inversión total. El precio de adjudicación de estos contratos ascendió a aproximadamente 372M€, que representa una baja promedio del 18% respecto al precio de licitación (453,65M€). Las incidencias surgidas durante el desarrollo de estos contratos elevaron el coste final a 473,72M€, un 27,4 % más del presupuesto de adjudicación, pero sólo un 4,42 % más de lo inicialmente previsto en la fase de licitación.

También se adjudicaron 268 contratos de suministro por un importe total de adjudicación de 789,92M€. Las incidencias surgidas incrementaron esta cantidad en un 5% respecto al importe adjudicado.

La inversión en el período fiscalizado

Desde enero de 2002 hasta la puesta en servicio de la línea en febrero de 2008, la inversión realizada ascendió a 3.721,97M€ y se concretó en 1.182 contratos principales, 18 contratos complementarios y 8 de obras de emergencia.

El cuadro siguiente muestra el coste total de los contratos a la fecha de finalización de los trabajos en el periodo de fiscalización correspondiente.

Clase de Contratos	Coste total (en miles de euros)
Contratos de obra	3.035.821
Contratos de asistencia técnica	193.645
Contratos de suministros	229.803
Contratos de servicios	137.458
Convenios y expedientes de gasto	123.534
Contratos menores	1.709
Total	3.721.970

Los contratos principales se adjudicaron por un importe total de 2.599,98M€, con una baja promedio del 8,8 % respecto del precio de licitación; además, se adjudicaron 18 contratos complementarios y 8 obras de emergencia por un importe global de 316M€ que, junto con las modificaciones, revisiones de precios y liquidaciones adicionales, elevaron el coste final a 3.722M€. En suma, la inversión total para la construcción del AVE Madrid-Barcelona (Sants) en el periodo fiscalizado se incrementó un 43,2 % respecto del precio de adjudicación de los contratos considerado inicialmente.

La contratación de las obras, por su importancia en el informe de fiscalización, se tratan de manera separada en el apartado siguiente.

En cuanto a los contratos de asistencia técnica, se adjudicaron 259 por un importe de 154,41M€, con una baja del 17,1 % sobre el precio de licitación y, adicionalmente, se adjudicó un contrato complementario por importe de 94.000€.

Es importante señalar, que en el periodo considerado en conjunto la agrupación de empresas conformada por las Sociedades estatales TIFSA e INECO fueron las adjudicatarias de 74 contratos de consultoría y asistencia técnica para las obras de construcción de la línea ferroviaria de AVE Madrid-Barcelona, por un importe de 99,6M€, el 43 % de los contratos de esta naturaleza y el 45,5 % de su importe total. También fueron adjudicatarias en UTE con otras empresas de otros tres contratos de consultoría que importaron 16,19M€, cantidad que sumada a la obtenida por la contratación de cada una de ellas, supuso un 52,9 % del importe total de los contratos de consultoría.

Los contratos de suministro ascendieron a 105 por un importe de adjudicación de 213,77M€ y los contratos de ser-

vicio ascendieron a 46 por 78M€, a los que se adicionaron 3 contratos complementarios por un precio de adjudicación de 10,76M€. El resto del gasto, por un importe de 124,83M€ correspondió a otros expedientes de gasto y contratos menores.

Las modificaciones realizadas en 189 contratos incrementaron su coste en 353,27M€, el 13,6 % sobre el importe de adjudicación. Las revisiones de los precios de 268 contratos ascendieron a 327,93M€ y las liquidaciones adicionales a 124,74. Las prórrogas y ampliaciones en 652 contratos afectaron al 55 % del total, siendo los contratos de obra en los que más se prorrogó o amplió el plazo de ejecución, el 94,4 % de ellos. También fueron significativos los contratos de asistencia técnica en los que, en el 85,3 % de los casos, el plazo fue prorrogado o ampliado.

Los contratos de obra

Las contrataciones de ejecución de obra tuvieron su origen en 356 contratos que se habían adjudicado en 2.029M€ con una baja media del 9,2 % sobre el precio de licitación. Además, se adjudicaron 14 contratos de obras complementarias por importe de 68,24M€ y 8 contratos de emergencia por valor de 237M€. Las obras tuvieron un sobrecoste del 35,8 % respecto a lo inicialmente previsto en la licitación, incorporando claro está la revisión de precios, que se estima en aproximadamente un 5 %. Además, se tramitaron 336 prórrogas y ampliaciones de plazo, con un incremento medio de plazo de 13,5 meses.

Algunas de las conclusiones más significativas del Tribunal de Cuentas son:

- El proceso de adjudicación de los contratos se ajustó a lo establecido en el TRLCAP. El inicio de las obras se demoró en el 30 % de los contratos, con un retraso medio de 7 meses. Esta demora se debe fundamentalmente a las expropiaciones forzosas de los terrenos.
- En todos los contratos en los que ha habido modificaciones se autorizó la continuación de las obras. Se entiende razonable por ser obras de interés público y por el importe de las modificaciones, que en promedio, era menor que el 20 % que marca la ley.
- Se realizaron modificaciones que no cumplían el artículo 101 del TRLCAP, debido a indefiniciones en los proyectos o defectuosa construcción. La definición del proyecto se

realizó sobre la marcha, dado la urgencia de la finalización, para cumplir los plazos de las subvenciones.

- Los complementarios se adjudicaron al contratista principal, por no superar el 20 % del precio primitivo del contrato, pero en algunos casos no con demasiado rigor, porque en realidad eran modificaciones del contrato. Se refieren a casos muy singulares.
- Las prórrogas no detallaban con claridad las causas.

4. Conclusiones

La línea de AVE Madrid-Barcelona es una infraestructura de carácter singular, tanto por su longitud, 621 km, su trazado, que presentó dificultades de elección desde el principio y su velocidad de diseño, 350 km/h. Se comprende claramente que es un proyecto de importantes magnitud y dificultad técnica, máxime teniendo en cuenta la orografía española.

Se sabe que la construcción es una actividad de clara dinamización para la economía, teniendo un efecto arrastre sobre la actividad económica “hacia delante” y “hacia atrás”, con un conocido efecto contracíclico en el ciclo económico. Además de generar una importante cantidad de empleos, para la Administración supone un retorno fiscal de prácticamente el 60 % de cada unidad monetaria invertida.

La línea Madrid-Barcelona es un itinerario prioritario de Europa, por lo que ha recibido importantes fondos para su financiación, que benefician, como se ha señalado anteriormente la economía de nuestro país. Se comprende que en la utilización de estos fondos existía un cierto criterio de oportunidad y una cierta obligatoriedad de cumplimiento de los plazos, teniendo en cuenta que el aprovechamiento de los Fondos de Cohesión significa el 38% del presupuesto final.

Sin entrar en consideraciones de tipo político, administrativo o legal, que está fuera del ámbito de los ingenieros de Caminos, podríamos admitir que un proyecto de esta magnitud se ha desarrollado con éxito en un plazo comparable al de otros proyectos equivalentes y con un coste inferior a la mayor parte de ellos.

El coste medio por km ha sido de 14,34M€, inferior al de otros países de nuestro entorno como Alemania, Italia, Austria o Japón. Las obras han tenido retrasos, que se explican por la dificultad de tramitar las expropiaciones y por las

modificaciones sobrevenidas durante la fase de ejecución. Se argumenta que estas responden a la imprevisión y deficiencias de los proyectos, pero estos se ejecutaron con costes y plazos muy ajustados. La inversión en proyectos, direcciones de obra y asistencia técnica ha sido de aproximadamente el 5 % de la inversión total. Según algunos autores que han estudiado un número importante de proyectos de esta naturaleza en todo el mundo (Campos, Rus y Barrón, Fundación BBVA, Documento de Trabajo 3, 2009), el importe de esta partida se sitúa entre el 5 % y el 10 % de la inversión, por lo que el caso en estudio se sitúa en el límite inferior, cuando por las características técnicas del proyecto y su dificultad hubiera ameritado estar en el borde superior de la horquilla. La contratación de los proyectos en presupuestos y plazos reducidos generan modificaciones y complementarios en las obras, que pueden minorarse con más tiempo y mayor presupuesto en los mismos.

En general, la adjudicación de los contratos se ha ajustado a la ley. Los importes de las modificaciones son relativamente bajos. Si comparamos la estimación que inicialmente tenía la Administración del coste de la obra en su conjunto (7.550M€) con el coste final resultante (8.967M€), observamos que la desviación es 18,77 %. Si además detraemos del presupuesto tipo de licitación inicial las obras complementarias (son nuevas) y las de emergencia (por su carácter incierto e impredecible), vemos que el incremento, que incorpora incluso la revisión de precios correspondiente a una obra que dura varios años (aproximadamente un 5 %), es del 13,31 %.

La bibliografía existente evidencia, que en este tipo de proyectos de gran dificultad técnica la desviación de la inversión real respecto a la prevista es importante. Así lo muestran las desviaciones recurrentes en obras de éste tipo en todo el mundo: del 22 % en la línea Atlantique (Francia), del 34 % en la línea Kyushu (Japón), del 30 %-50 % en varias rutas chinas, e incluso del 300% en Corea del Sur. Los sobrecostes han sido masivos en Italia, del 200 % y el 300 % en términos reales en la Roma-Nápoles y en la Milán-Florenia, respectivamente.

En resumen: el Estado ha puesto en servicio la línea AVE Madrid- Barcelona, en la que se han aprovechado Fondos de Cohesión por un importe del 38 % del Presupuesto. A un coste por km de 14,4 M€, muy inferior a los países de nuestro entorno, en unos plazos de puesta en servicio también menores y con unos incrementos de presupuestos

muy inferiores a otros casos internacionales, a pesar de las dificultades e indefiniciones de partida.

En este ámbito, el informe del Tribunal de Cuentas podría considerarse más un esfuerzo por mejorar las prácticas de la propia Administración, que una crítica al trabajo técnico. También en este contexto, cabe señalar que el pragmatismo y la eficacia de ADIF han permitido que un proyecto de esta dimensión se pueda llevar adelante en plazos tan ajustados. **ROP**

Notas

(1) La experiencia internacional en alta velocidad ferroviaria. Daniel Albalade y Germà Bel. Documento de Trabajo 2015-02. FEDEA.

(2) Rus, G., Campos, J. y Barrón, I. El transporte ferroviario en alta velocidad. Documentos de Trabajo de la Fundación BBVA. 2009.

(3) www.adifaltavelocidad.es

INDIA



Master plan de la estación de Shivaji Nagar (Sener)

India, hacia la mejora de sus infraestructuras

Paula Muñoz Rodríguez



En un país tan extenso como la India, mejorar las infraestructuras, carreteras, ferrocarriles o aeropuertos, es uno de los principales retos del gobierno indio. Actualmente, varias ciudades están desarrollando o quieren desarrollar una red de metro. Además, el aumento del transporte de mercancías por vías marítimas obliga a aumentar la capacidad de los puertos.

En septiembre de 2014, el primer ministro indio, Narendra Modi, puso en marcha el programa 'Make in India', con el objetivo de atraer inversores industriales extranjeros y hacer olvidar su imagen de país burocrático y proteccionista, así como aligerar la burocracia y la complejidad fiscal. Esta iniciativa está centrada en 25 sectores de la economía, con capacidad para crear empleo y mejorar las cualidades de la economía, así como mejorar las deficientes infraestructuras. En palabras del primer ministro indio, "el mundo al completo está preparado para venir aquí, pero no sabe cómo venir a Asia. Nosotros pensamos que deberían ir a un sitio en el que hay democracia, dividiendo demográfico y una gran demanda. Si hay un país con todo esto presente es la India".

Esto en un país en el que hay más de 1.200 millones de habitantes y que está llamado a convertirse, en 2030, en el tercer mercado de consumo del mundo, después de China y Estados Unidos. India, además, está aumentando su peso específico en los foros internacionales en asuntos políticos, ambientales y energéticos.

Tras las elecciones celebradas en el mes de mayo de 2014, el primer ministro electo puso en marcha las promesas electorales realizadas durante la campaña. De esta manera, según datos del Grupo SPRI, la agencia de desarrollo empresarial del Gobierno Vasco, el presupuesto del Gobierno 2014-2015 contemplaba la creación de smart cities, la construcción de aeropuertos en ciudades tipo I y II, desarrollo de la urbanización, la conservación y limpieza del río Ganges, la habilitación de centros urbanos localizados en las áreas rurales pero con las comodidades de la áreas ur-

India Nueva Delhi	Superficie 3.287.595 km ²
Forma de gobierno República federal parlamentaria	Población 1.210.193.422
Presidente Pranab Mukherjee	Idioma Hindi e inglés
Moneda Rupia india	PIB 4.824.551 millones dólares



Bombay

banas, el suministro ininterrumpido de energía y agua, la conectividad de banda ancha en áreas rurales, creación de corredores y clusters, formación profesional y los programas de creación de empleo. A todo esto hay que sumar una apuesta decidida por la construcción de corredores ferroviarios y la mejora de la red de carreteras. Estas propuestas suponen oportunidades de negocio para empresas de diversos sectores, del sector de las infraestructuras, la energía y el tratamiento de aguas.

Estas medidas se unían así a las ya puestas en marcha en 2012 con el 12º Plan Quinquenal, para el que se destinaron 1 billón de dólares. En este sentido, está previsto que el sector privado desempeñe un papel fundamental en sectores como la energía, los aeropuertos, el metrorrail y las carreteras. En la actualidad, la India ocupa el puesto 27 en infraestructuras, aunque está previsto que mejore gracias al impulso del Gobierno. Y de empresas españolas como Ayesa, Isolux Corsán, Sener y San José, que tienen

desplazados a ingenieros de Caminos españoles en la India.

Según el ICEX, la valoración de España en la India, en cuanto a su peso específico en materia económica y tecnológica, ha subido en los últimos años, especialmente en áreas como infraestructuras y energías renovables, aunque nos ha perjudicado la crisis de la deuda soberana en la periferia de la UE.

Ayesa, diseñando el metro

Desde su fundación en 1966 por el ingeniero de Caminos, José Luis Manzanares Japón, Ayesa ha proyectado su actividad en la esfera internacional. Uno de los destinos de esta empresa sevillana es la India. Desde las oficinas que tienen en Delhi, coordinan los trabajos que

realizan en todo el país, organismos públicos o privados, que necesitan servicios de ingeniería en las áreas de infraestructuras del transporte, gestión del agua, medio ambiente, arquitectura, urbanismo y energías renovables.

En la actualidad, Ayesa cuenta, entre otros, con cuatro proyectos de gran relevancia en la India: el diseño de 25 estaciones de la línea 8 del metro de Delhi, el diseño y supervisión de 21 estaciones de la línea de metro Noida-Greater Noida Corridor, el diseño de dos estaciones en el metro de Jaipur y la supervisión de la construcción de la autopista Agra-Lucknow.

En el primero de ellos trabaja Diego Cámara, ingeniero de Caminos junior que lleva trabajando en la India para Ayesa

desde marzo de este año. Se trata de 25 estaciones de la línea 8 del metro de Delhi, para cuyo diseño fue contratada esta compañía por Delhi Metro Rail Corporation: 15 subterráneas y 10 elevadas con cuatro intercambiadores que se distribuirán a lo largo del recorrido. Este contrato tiene un importe de casi cinco millones de euros y “actualmente se encuentra en la última fase de diseño”, afirma Diego.

En este proyecto, Ayesa se encarga del diseño integral de las estaciones (arquitectura, estructuras, instalaciones y diseño del sistema de ventilación de los túneles) y de la asistencia técnica durante el proceso de licitación de la infraestructura y la ejecución de las obras.

Está previsto que esta línea 8 de metro discorra a lo largo de 33 kilómetros desde Botanical Garden (Noida) hasta Janakpuri West y forma parte de la tercera fase de expansión del metro de Delhi.

Otro de los proyectos en los que está inmersa la compañía sevillana es el diseño, construcción y supervisión de 21 estaciones de la línea de metro Noida-Greater Noida Corridor. Se trata de una línea de metro elevada de aproximadamente 30 kilómetros que contará con 21 estaciones, así como talleres y cocheras. Esta nueva infraestructura, unirá Noida con Greater Noida, ambos municipios situados en la región metropolitana de Nueva Delhi, en el estado de Uttar Pradesh.

Ayesa se está encargando de desarrollar el proyecto de arquitectura, estructuras e instalaciones electromecánicas de las estaciones y talleres, revisará y optimizará los



Construcción del metro de Delhi (Ayesa)

cálculos de viaductos, trazado y demás componentes realizados por la ingeniería subcontratada por el contratista. Además prestará un servicio de asesoría técnica integral a DRMC durante la ejecución del contrato. Esta compañía es la responsable, entre otros servicios, de la coordinación del trabajo de las diferentes ingenierías implicadas, la preparación e implantación de un Plan de Calidad, el apoyo en la validación de diseños, la implantación de modificaciones técnicas y la elaboración del material técnico necesario para la obtención de los diferentes permisos administrativos imprescindibles para ejecutar el contrato. Esta nueva línea proporcionará un incremento en la movilidad de la zona que, según las estimaciones de DMRC, mejorará la vida de las 450.000 personas que utilizarán la línea diariamente en el año 2031.

El último proyecto ferroviario que está desarrollando Ayesa en la India es el diseño civil, arquitectura y construcción de dos nuevas estaciones en el metro de Jaipur: Choti Chauper y Badi Chauper. La sección en que se desarrollará se inicia en el extremo de la estación anterior a ambas, Chandopole. Precediendo a la primera de ellas, Choti Chauper, se va a construir un túnel de aproximadamente 926 metros. Tras esta obra, se procederá a la creación de un segundo túnel con una longitud de 621 metros aproximadamente. Después de estos trabajos, está previsto iniciar las obras de otra estación en Badi Chauper. Una vez finalizadas dichas intervenciones, está prevista la construcción de una sección subterránea de 319 metros en la estación de Badi Chauper.



Lucknow

Por último, Ayesa está supervisando la construcción de la autopista Agra-Lucknow. Se trata de una autopista que hará el recorrido desde la ciudad del Taj Mahal (Agra), hasta Lucknow (Nawab) con seis carriles por sentido y 302 kilómetros de longitud. Una vez construida, será la autopista más larga de la India y la vía de conexión más rápida entre estas dos grandes ciudades. Con un tiempo medio de cuatro horas, esta nueva vía de comunicación supondrá también un potente atractivo económico para invertir en la zona y un gran impulso para el desarrollo y la economía del país. Esta nueva infraestructura conectará las siguientes ciudades: Agra, Firozabad, Mainpuri, Etawah, Auraiyya, Kannauj, Kanpur City, Unnao, Hardoi y Lucknow. También permitirá una cómoda conexión con Nueva Delhi (NCR) a través de la autopista de Noida-Agra Yamuna. La obra comenzó de manera simultánea en cinco puntos: Lucknow, Unnao, Firozabad, Kannauj y Agra.

Ayesa es la encargada de realizar el project management durante la construcción y, entre sus tareas, se incluye no solo la supervisión de la construcción y el asesoramiento de la gestión del proyecto, sino también la asesoría jurídica y financiera y la supervisión del mantenimiento de la infraestructura durante el periodo de responsabilidad por defectos.

Para los responsables de la compañía sevillana, participar en el proyecto de la autopista más larga de la India es “un hito no solo por la magnitud del proyecto, sino también por tratarse de una infraestructura que mejorará sustancialmente la vida y la economía del país”.

Isolux Corsán, en concesiones y grandes infraestructuras

India es el país en el que Isolux Corsán tiene mayor presencia en esta región. Allí centra su actividad en concesiones y grandes infraestructuras viarias. Con cuatro autopistas en concesión y construcción (700 kilómetros en total), Isolux Corsán se ha convertido en el primer promotor europeo de grandes infraestructuras en este país. En mayo de este año, abrió al tráfico la autovía NH-8 Kishangarh-Ajmer-Beawar, vía que gestiona a través de su filial Isolux Infrastructure. Además de la explotación de la infraestructura hasta el año 2027, en consorcio con la empresa local Soma, ha realizado las obras de ampliación y mejora de la vía.

La NH8, de 94 kilómetros de longitud, se ha ampliado de dos a seis carriles por sentido. En su trazado también destacan como estructuras principales tres puentes de ferrocarril y seis viaductos. Además de esta autopista, la compañía tiene la concesión de la NH-1, de 291 kilómetros, la

NH-2 Varanasi-Aurangab, de 192 kilómetros y la NH-6 Maharashtra/Gujarat- Hazira Port, de 133 km. Dicha concesión es por un periodo de 18 años. En total, unos 710 kilómetros.

En el caso de la NH1, la autovía se encuentra parte en explotación y parte en construcción. Isolux Corsán ha realizado la ampliación de cuatro a seis carriles por sentido, vías de servicio a ambos lados así como la ejecución de más de 150 estructuras (viaductos, pasos superiores, inferiores,...).

La NH2 se encuentra en fase de ejecución y se está realizando una ampliación de cuatro a seis carriles por sentido, vías de servicio y más de 75 estructuras (viaductos, cruces de ferrocarril, pasos superiores, inferiores,...).

La NH-6 se encuentra en su fase final de construcción. Su ejecución incluye una ampliación de dos a cuatro carriles a lo largo de 133 kilómetros, vías de servicio, cuatro viaduc-



Autopista NH-8 Kishangarh-Ajmer-Beawar, 93,56 km (Isolux Corsán)



Viaducto Sachin en la autopista NH6 | India (Isolux Corsán)

tos (uno de ellos de 1,2 kilómetros y otro de 0,5 kilómetros), nueve pasos superiores e inferiores y cuatro puentes sobre ferrocarril.

A finales de 2014, Isolux Corsán consiguió la adjudicación de la construcción de cuatro tramos de carretera en el estado de Assam, región que tiene frontera con Bután y Bangladesh por un importe global de 270 millones de euros. El tramo más importante se sitúa en la región de Odisha, entre las ciudades de Talcher y Chandikole. Supone más de 130 kilómetros de carretera por un importe de 110 millones de euros.

Dos de los otros tres tramos se localizan dentro de la NH37 y unirán las ciudades de Jorhat y Jhanji, con

una distancia de algo más de 35 kilómetros, y las ciudades de Jhanji y Demow, sumando un cómputo total de cerca de 90 kilómetros de carretera, con un presupuesto de 105 millones de euros. En este mismo Estado de Odisha, la compañía ampliará y mejorará 88 kilómetros de carreteras (entre las poblaciones de Chandbali, Bhadrak y Anadpuren) con un presupuesto previsto de 36,5 millones de euros.

Por último, el tramo situado en la NH 15, al noroeste del país, comunicará las ciudades de Phalodi y Jaisalmer. Aunque el coste de esta carretera asciende a 55 millones, el menor de estas cuatro adjudicaciones, la distancia entre ambas urbes es de más de 160 kilómetros.

Isolux Corsán ha iniciado también su actividad en el negocio de energía en la India con la ampliación de dos subestaciones de 132 kilovoltios en Maharashtra y la construcción de varias líneas de transmisión en Uttar-Pradesh. Esta compañía ha energizado la subestación de Rewa Road de 400 kilovoltios GIS integrada en la mayor concesión de líneas de alta tensión de India y una de las mayores del mundo. El proyecto consiste en la construcción de 1.530 kilómetros de líneas de alta tensión de 765 kilovoltios y 400 kilovoltios, así como la ejecución de cinco subestaciones, tres de ellas AIS (765/400/220/132 kilovoltios) y dos GIS (400/220 kilovoltios).

La ejecución, que se realiza bajo la modalidad de contrato BOOT (Build,



Subestación 40 kV GIS. Proyecto Bot Uttar Pradesh (Isolux Corsán)

Own, Operate and Transfer) para la compañía pública U.P. Power Transmission Company Limited (UPPTCL), permitirá evacuar energía de nuevas centrales y transportarla a lo largo del Estado más poblado de India, Uttar Pradesh, con una población estimada de más de 200 millones de habitantes.

La subestación energizada, situada en la ciudad de Allahabad, facilita la transmisión de energía entre los niveles de tensión de 400 kilovoltios y 220 kilovoltios, donde se interconectan diez líneas de 400 kilovoltios y cuatro de 220 kilovoltios. Este proyecto forma parte de un importante programa que el Gobierno

indio está realizando con el fin de abastecer de energía ininterrumpidamente durante 24 horas en ciudades, 16 horas en pueblos y 22 horas en capitales de provincia. Rewa Road es la primera subestación de 400 kilovoltios GIS dentro del Estado de Uttar Pradesh.

También cuenta con dos contratos de transmisión y distribución. El primero de ellos, con un presupuesto de 28 millones de euros, para la construcción y suministro de 260 kilómetros de líneas de 132 kilovoltios, 20 kilómetros de 220 kilovoltios, siete nuevas subestaciones y cinco ampliaciones de bahías en subestaciones existen-

tes en 220 kilovoltios y 132 kilovoltios en el Estado de Madhya Pradesh.

El segundo de estos contratos consiste en la construcción, diseño, suministro e instalación de las subestaciones de 220, 132 y 66 kilovoltios y la bahía de 66 kilovoltios en Gurgaon y Sonapat, en el Estado de Haryana. El valor total de este proyecto asciende a 14 millones de euros.

Isolux Corsán cuenta también con la adjudicación de tres contratos para la mejora y construcción de nuevas instalaciones en el Metro de Delhi. Su experiencia en el sector ferroviario del

país ha sido decisiva en la adjudicación, ya que cuenta con proyectos en ejecución de este tipo de infraestructuras en las ciudades más importantes del país, como las subestaciones para la red de cercanías en Bombay o la realización del tercer carril para el metro de Calcuta.

El primero de estos proyectos, de mejora y acondicionamiento de las instalaciones electromecánicas de la línea 4 del Metro de Delhi, con una inversión de 26 millones de euros, se llevará a cabo en UTE con Sterling and Wilson Limited India.

Por otro lado, Isolux Corsán, junto con Sadbhav Engineering Limited India, realizará para Delhi Metro Rail Corporation dos proyectos consistentes en la construcción de dos viaductos y siete estaciones elevadas, así como la finalización arquitectónica de paradas de autobús y parques urbanos. Estos proyectos cuentan con una inversión conjunta de 70 millones de euros.

La excelencia de los proyectos de la compañía en la India se ha visto reconocida por la obtención del certificado de los Sistemas de Calidad (ISO 9001), Seguridad y Salud (OHSAS 18001) y Medio Ambiente (ISO 14001) para sus actividades EPC de T&D y Construcción, así como para todos los procesos de soporte asociados.

Sener, en proyectos ferroviarios y planta de regasificación de GNL

Hace algo más de un año que el grupo de ingeniería y tecnología Sener abrió una división en la India, con oficinas en Nueva Delhi, Bangalore y Chennai. Con esta nueva delegación, "Sener en India tiene el objetivo de atraer el mejor talento en ingeniería del país, no solo para desarrollar proyectos lo-



Ubicaciones propuestas para dos de las futuras estaciones del metro de Mumbai (Sener)



Master plan de la estación de Bijwasan (Sener)



Master plan de la estación de Shivaji Nagar (Sener)

cales, sino también para trabajar en contratos globales para clientes en el extranjero. India cuenta con profesionales altamente cualificados, talentosos y experimentados en Ingeniería y Tecnología que pueden encajar a la perfección en la cultura de innovación y calidad de Sener. Como parte de un grupo de alta tecnología, la empresa en India se centrará en proyectos donde la diferenciación tecnológica de Sener es clave para competir internacionalmente”, como afirma el CEO, Shaju Stephen.

Esta compañía está desarrollando el proyecto de licitación para la línea 3 del metro de Mumbai, que se convertirá, una vez finalizada, en la primera línea de metro totalmente subterránea de la India.

Cuenta con cerca de 34 kilómetros y discurre entre Colaba, Bandra y el área de procesamiento de exportaciones electrónicas Santacruz (SEEPZ), con 27 estaciones que conectan el centro financiero de la ciudad con las zonas residenciales. La línea co-

mienza en Cuffe Parade y pasará por Nariman Point, Churchgate, CST, Girgam, Worli, Mahim, la Universidad de Kalina, Dadar, Bandra y el complejo Bandra-Kurla hasta más allá del aeropuerto internacional, atravesando Andheri MIDC y SEEPZ.

Sener está llevando a cabo estos servicios para las estaciones subterráneas de la línea 3 del metro de Mumbai correspondientes a los paquetes UGC (Under Ground Corridor)-01, 03, 04, 05, 06 y 07. El proyecto incluye los trabajos arquitectónicos, estructurales, geotécnicos, MEP (obras mecánicas, eléctricas y de conducciones de agua), túneles, suministros y desvío del tráfico rodado, con información completa de diseño, planos y estimaciones cuantitativas (BOQ).

También está realizando dos planes maestros para dos estaciones ferroviarias en la India: la de Bijwasan, en Nueva Delhi, y la de Shivaji Nagar, en la ciudad de Pune, a 150 kilómetros de Mumbai. En ambos casos, el cliente es Indian Railway Stations Development Corporation Limited (IRSDC), una sociedad dedicada exclusivamente al desarrollo de estaciones que sean un referente mundial (world-class stations) desde el punto de vista formal, funcional y operativo.

Sener ganó los dos contratos en 2013 y, desde entonces, se han realizado los siguientes trabajos para ambos proyectos: los estudios previos de topografía, geotecnia, tráfico, infraestructuras, y viabilidad técnica y económica, así como los de impacto social y ambiental, y el de alternativas. En la actualidad, ya está desarrollando la solución definitiva y, como consultora, será también responsable de la fase de aprobaciones

necesarias para el desarrollo de toda la infraestructura, además de preparar los documentos para el concurso de construcción de la estación, la asistencia durante el concurso y la propuesta de selección del contratista final.

La estación Bijwasan, de nueva planta, está ubicada en un área de 145 hectáreas en el distrito de Dwarka, delimitada por la carretera UER-II y próxima al aeropuerto, lo que limita la altura de las edificaciones. Otros condicionantes son las dos líneas de metro que atraviesan el lugar y la canalización que cruza la parcela de este a oeste, así como algunas construcciones existentes.

Por su parte, el *master plan* de Shivaji Nagar prevé una nueva estación en las 8,5 hectáreas de los terrenos de la estación actual, que será demolida. Se trata de una ubicación en un área congestionada, perfectamente comunicada, cerca de la estación de autobuses, la autopista Mumbai Highway y la red de metro. Los condicionantes que concurren son muchos: una nueva playa de vías, una subestación de tracción, instalaciones en el propio edificio de la estación, viviendas, oficinas y una escuela para los hijos de trabajadores del servicio de ferrocarriles. Además, gran parte del emplazamiento está ocupado por suburbios cuya gestión limita el diseño global.

El edificio de la estación se levantará en perpendicular a las vías, dispuestas con un doble nivel de funcionamiento para separar el flujo de pasajeros: las salidas en el nivel +1 y las llegadas en el nivel -1. En total, el complejo ocupa 72.000 m² distribuidos en planta sótano, baja y primera, con la misma disposición

que en el caso de la estación de Bijwasan: el acceso principal a la estación se realiza por la primera planta, donde se ubican la zona de control, las áreas de espera y la zona comercial. En la planta baja se encuentran los andenes y en la planta sótano se resuelven las llegadas mediante una serie de pasajes subterráneos que recogen a los pasajeros desde los andenes. En el diseño se alza sobre la estación una torre comercial y de oficinas de 100 metros de alto. Junto a ella se levantarán otra torre de viviendas y dos edificios comerciales.

Por último, en consorcio con AFCONS, Sener ha firmado un contrato con H-Energy Gateway Private Limited (HEGPL), compañía del grupo Hiranandani, para llevar a cabo la ingeniería, compras, construcción y puesta en marcha, hasta su entrega llave en mano, de un proyecto de almacenamiento y regasificación de gas natural licuado (GNL) en Jaigarh, Maharashtra (India). La capacidad de

la planta será de 8 millones de toneladas anuales (MTPA) Sener llevará a cabo la totalidad del diseño y la ingeniería de este proyecto dentro del consorcio, y dará apoyo al mismo, gracias a su experiencia específica en la gestión de las compras, la construcción, la dirección del proyecto y la puesta en marcha.

San José, en la línea 1 del metro de Bombay

Por último, la constructora San José se está encargando del diseño y la construcción de todas las estaciones que componen la nueva línea 1 del metro de Navi Mumbai, en Bombay: diez estaciones tipo y una estación terminal al inicio de la línea que conecta con la actual estación de trenes de cercanías. Las estaciones tipo tienen una longitud de 140 metros y un ancho de 21 metros. La Estación Terminal de Belapur tiene una longitud de 170 metros y un ancho de 35 metros y conecta con la actual estación de trenes de cercanías.



Construcción del metro de Mumbai (San José)



Infografía de una futura estación del metro de Mumbai (San José)

Todas las estaciones son elevadas y constan de dos niveles, el vestíbulo en planta primera y el de plataforma en segunda planta. Incluyen también el diseño y construcción del viaducto elevado de la línea dentro de las estaciones.

La obra se ubica en Navi Mumbai, municipio de nuevo planeamiento en el estado de Maharashtra. Cuenta con una población de más de 2 millones de habitantes y se encuadra dentro del área metropolitana de Bombay.

El área metropolitana de Bombay es la mayor de la India y una de las más grandes del planeta. El Estado de Maharashtra cuenta con más de 100



Construcción de una estación del metro de Mumbai (San José)

millones de habitantes, y contiene los centros financieros y las sedes de mayores grupos empresariales del país.

El presupuesto de adjudicación es de 47 millones de euros y el organismo ejecutor del proyecto es CIDCO (City & Industrial Development Corporation of Maharastra), ente dependiente del Gobierno del Estado de Maharastra.

Vivir en la India

India es un país muy extenso y muy complejo para vivir. En este sentido, los españoles que residen allí tienen que hacer un gran esfuerzo de adaptación para sobrellevar el día a día. “Creo que hay que tener la mente abierta y no se debe llegar con miedo, en general India es un país seguro por lo que no hay que preocuparse excesivamente y estar dispuesto a aprender de una cultura diferente tanto en lo personal como en lo laboral”, afirma Diego Cámara, de Ayesa. Y añade: “El nivel de vida de la India va desde el lujo más ostentoso hasta la pobreza más absoluta, la clase media no es tan habitual como en España pero está comenzando a crecer, se podría decir que los ingenieros se encuentran en esta clase media”.

Según sus palabras, para trabajar en la India es necesario “no tener miedo a trabajar en un país tan diferente y en el que vas a estar fuera de tu zona de confort en algunas ocasiones. También se debe tener un nivel alto de inglés, que pese a ser el idioma habitual de trabajo puede que no nos sirva en algunas reuniones en las que es habitual que se cambie del hindi al inglés y viceversa”.

En cuanto al trabajo diario y la coordinación con ingenieros nativos, Diego afirma que “lo ideal es tener un equipo en el que haya una colaboración constante entre ingenieros indios y españoles, de esta forma se aprovechan todos los conocimientos de los ingenieros nacionales en lo que respecta a códigos, forma de trabajar propia del país, trato con el cliente y por otra parte los ingenieros expatriados pueden aportar el know how de la empresa especialmente en sectores como la alta velocidad”.

Para Diego, trabajar fuera de España permite “trabajar con clientes muy diferentes a los españoles tanto públicos como privados y también ayuda a abrir la mente y a pensar de forma diferente. Además trabajar en un país de habla inglesa es siempre una ventaja y algo que las empresas saben valorar”. **ROP**



Diego Cámara

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos de Ayesa

En la imagen, tercero por la izquierda



Gustavo M. de Arístegui

Embajador de España en la India

“Las empresas españolas tienen mucha expertise ganada en proyectos de infraestructuras”

En cifras de inversión, ¿se puede cuantificar la presencia de las empresas españolas en la India?

A pesar de que la India no es uno de los países con mayor relación comercial con España, la inversión española en la India ha aumentado notablemente los últimos años. Hay que destacar que actualmente, en el país ya están implantadas más de 230 empresas españolas en múltiples sectores. Los datos de inversión de España en la India ascienden a más de 2000 millones de dólares y actualmente España ocupa la plaza 12^a en el ranking de inversión en el país, pero en realidad son mucho más importantes ya que algunas inversiones españolas vienen por otros países donde las empresas tienen sede.

¿Qué volumen de negocio se puede circunscribir al área de infraestructuras?

La falta de infraestructuras es notable, por lo que muchas empresas españolas con una gran experiencia a nivel nacional e internacional en la planificación, diseño, construcción y gestión de infraestructuras se han fijado en este país. Actualmente, la mayor parte de la inversión española en la India corresponde al sector de infraestructuras y energético.

¿Qué necesidades en infraestructuras tiene la India?

Mejorar las infraestructuras es uno de los escollos a los que tiene que hacer

frente el gobierno indio tanto en carreteras, ferrocarriles o aeropuertos. La red de carreteras del país es la segunda más extensa del mundo, con 4,7 millones de kilómetros, pero en el que tan solo 93 mil kilómetros son autopistas de más de dos carriles. La red ferroviaria india necesita una urgente modernización y reestructuración. Actualmente 27 ciudades indias están desarrollando o pretenden desarrollar una red de metro. El aumento del transporte de mercancías por vías marítimas, obliga a aumentar la capacidad de los puertos. Estas cifras nos pueden dar una idea de las carencias y necesidades que tiene la India en el corto plazo.

¿Qué beneficios ofrece la India para que las empresas españolas inviertan en este país?

La última década la población de India ha crecido en 180 millones de personas, es decir, cuatro veces más del total de la población de España solo en diez años. La India es el segundo país más poblado del mundo con 1.280 millones de habitantes y la décima economía del planeta, lo que se traduce en interesantes oportunidades de negocio. Una población urbana creciendo rápidamente que demanda mejores viviendas, servicios de energía y transporte eficiente e infraestructuras modernas. Por otro lado, el país crecerá en los próximos cinco años a tasas de 5 y 8 por ciento. Con el nuevo cambio de gobierno el país

está dando síntomas de apertura de su economía y de atracción de inversión extranjera. Respecto a las infraestructuras cabe destacar las importantes inversiones que se están realizando en obras públicas en el país, así como en desarrollos urbanísticos.

¿Cuál es el proceso para que una empresa española pueda realizar infraestructuras en suelo indio?

India se ha convertido en un país en el que hay que estar y el momento actual se presenta como una oportunidad. Para abrirse camino es necesario elegir un buen socio local y estar presente en el país, porque el contacto personal es fundamental. Factores como la diversidad geográfica o su mentalidad comercial han de ser tenidos en cuenta por las empresas españolas. Es importante, por otro lado, tener en cuenta que los procesos administrativos de entrada pueden llegar a ser muy engorrosos. Siempre será necesario un asesoramiento adecuado y emprender el proceso de forma ordenada y paso por paso.

¿Existe una legislación o algún convenio bilateral que favorezca el trabajo de las empresas constructoras españolas en el país? ¿Y de los ingenieros de Caminos españoles en el país?

España tiene firmado un convenio con la India para evitar la doble imposición

Paula Muñoz Rodríguez

En abril de 2012, Gustavo de Arístegui accedió al cargo de embajador en la India. Antes, en 1990, fue nombrado jefe de Servicio en la Dirección General de Política Exterior para Europa y director de Próximo Oriente en la Subdirección General de Oriente Medio, en la Dirección General de África y Medio Oriente, donde se encargó de realizar el seguimiento de los informes durante la crisis y guerra del Golfo.

y prevenir la evasión fiscal en materia de impuestos sobre la renta y sobre el capital. En 2012 se firmó un memorando de entendimiento sobre carreteras y el sector de transporte por carretera. Así mismo, en la reciente visita del secretario de Estado de Comercio, se han estrechado lazos de cooperación en proyectos de urbanismo para las ciudades indias.

¿Qué requisitos necesita cumplir un ingeniero de Caminos español para poder trabajar en la India? ¿Están bien considerados?

La India está buscando expertos para sus grandes proyectos estando interesados en el conocimiento y experiencia española, debido a su buena reputación. Además a las empresas locales les gusta colaborar con personal extranjero, ya que, les da prestigio. No obstante, abrirse camino a nivel individual, sin el apoyo de una empresa española o extranjera es muy complicado. Hay que tener en cuenta que la titulación no está homologada. De la UE solo el Reino Unido tiene homologadas ciertas titulaciones con India.

¿Cómo perciben los indios a las empresas constructoras españolas? ¿Y a los españoles en general?

La notoriedad de la marca España en el sector ha aumentado considerablemente gracias a la obtención de importantes contratos de implantación de me-

tro y carreteras entre otros, sector en el que son líderes mundiales. Aunque en el mercado indio existan muchas compañías internacionales, la marca España está obteniendo lugar como un posicionamiento de producto de alta calidad. La experiencia acumulada por las empresas españolas en los ambiciosos proyectos de construcción de infraestructuras es su mejor carta de presentación en la India. España es conocida en India por su gastronomía y por su cultura, los españoles en general somos bienvenidos en la India.

¿Cómo se valora la mano obra española en la India?

Para este tipo de proyectos de infraestructura las empresas españolas tienen mucha expertise ganada, ya que han demostrado su buen hacer en los numerosos proyectos que les han sido adjudicados. La mano de obra española en india es conocida por su seriedad, calidad de ejecución y por sus capacidades técnicas.

¿Cuáles son los principales inconvenientes que tienen los españoles que van a vivir y trabajar a la India?

La India es un país complejo y muy diverso. Las diferencias culturales y de costumbres deben ser tenidas en cuenta y respetadas. El país tiene mil facetas, la mayoría inmensamente positiva y gratificante, la gente, la cultura, la

En 1991 fue destinado a la Embajada de España en Libia, donde ocupó la Segunda Jefatura. Dos años más tarde, tomó posesión del cargo de Segundo Jefe de la Embajada de España en Jordania.

Actualmente representa a España en la India, un país que está adquiriendo una gran relevancia y que ha obligado a aumentar los efectivos de esta oficina diplomática en los dos últimos años.

historia y la belleza singular de sus monumentos. Por otra parte es indudable que hay aspectos que son complicados, justamente las diferencias culturales, horarios y costumbres. Es fundamental ser flexible, tener paciencia, ser respetuoso y cumplir a rajatabla las leyes y normas de etiqueta. India, para muchos, se mueve en una dimensión distinta en cuanto al tiempo y es necesario estar abierto a distintas sorpresas.

¿Qué recomendaciones haría a un español que está pensando en ir a buscarse la vida a la India?

Vivir y trabajar en la India es un reto sin duda atractivo. Con dedicación, paciencia y perseverancia se pueden superar las dificultades que supone la extrema complejidad de su sociedad. Aunque la clase empresarial india está cada vez más internacionalizada, la sociedad se rige por parámetros distintos a los occidentales y lo peor que puede hacer un español es tratar de aplicar la lógica y los parámetros de España sin intentar entender los valores que prevalecen en este país tan lejano y tan distinto al nuestro. Se trata de conocer el país, entenderlo a fondo y enamorarse de él para acabar sacándole el mayor jugo posible. Hay que tener humildad, tenacidad, paciencia, profesionalidad y respeto. Si se siguen estos puntos de conducta se evitan los problemas y se ponen las bases para una fructífera relación profesional. **ROP**

Puente sobre la bahía de Cádiz



Vista actual del puente

El nuevo puente sobre la bahía de Cádiz constituye un tercer acceso de 5 km de longitud a la ciudad. Se trata de una obra singular y una de las de mayor magnitud y complejidad que ha acometido el Ministerio de Fomento en los últimos años. Ha sido ejecutada por una UTE Dragados - Drace.

La parte más singular del puente de la Constitución de 1812 es una estructura atirantada de 1.180 metros de longitud y una luz libre entre pilonos de 540 metros, la mayor de España. Los pilonos tienen una altura de 185 metros y sirven de anclaje de los tirantes de acero que sustentan

el tablero. El gálibo vertical bajo el tablero es también excepcional, de 69 m, para permitir el paso de grandes embarcaciones.

El tablero, con anchura variable entre 33 y 37 metros, tiene capacidad para alojar dos calzadas para tráfico rodado con dos carriles por sentido y una plataforma tranviaria apta para albergar dos vías sobre placa. Hasta la puesta en marcha de la línea tranviaria en la bahía, esta plataforma será empleado como carril exclusivo de autobuses.

El puente es uno de los de mayor luz de vano principal; el tercero en Euro-

pa, después del puente de Normandía en Francia y del puente Rion Antirion en Grecia. Además, es el segundo puente marítimo de mayor gálibo vertical (altura desde el tablero sobre el plano del agua) del mundo, después del puente de Verrazano Narrows de Nueva York, y por delante del puente Golden Gate de San Francisco.

El presupuesto invertido en la obra asciende a 427,56 millones de euros, cantidad que sumada al coste de redacción del proyecto, al importe estimado de las expropiaciones y al de las asistencias técnicas de apoyo a la obra, arroja una inversión total de 454,5 millones de euros.



Proceso de construcción. 2014

Características técnicas

El puente sobre la bahía tiene una longitud de 3.092 m, con 36 pilas de las cuales dos son pilonos. Nueve pilas y un pilono están en el mar.

Todas las cimentaciones han sido profundas, llevándose a cabo mediante encepados sobre pilotes de unos 40 metros de longitud. En el lado mar, la ejecución de encepados y fustes de pilas (de la 3 a la 12) se ha realizado al abrigo de recintos metálicos estancos para trabajar en seco bajo el nivel de mar y con ayuda de medios marítimos, mientras que las excavaciones en tierra se han realizado por medio de recintos



Izado del tramo desmontable

de tablestacas metálicas recuperables, ejecutadas a profundidades diferentes.

En cuanto al tablero, se pueden distinguir cuatro tramos principales, Viaducto de acceso a Cádiz, Tramo Desmontable, Viaducto Atirantado y Viaducto de hormigón para acceso a Puerto Real.

Viaducto de acceso a Cádiz

Se trata de un tablero mixto de acero y hormigón con 581,3 m de longitud repartidos en 8 vanos –de 75 m, salvo el primero que tiene 55 m– con una pendiente del 5 %, que arranca en un estribo cerrado al inicio del tramo, en el lado de Cádiz, y se apoya en 8 pilas ubicadas dentro de la bahía (la primera de ellas, ejecutada en una península artificial; las demás en el agua).

La colocación del tablero sobre las pilas se llevó a cabo mediante el sistema de lanzamiento o empuje –salvo el primer vano, que fue izado con grúa–, consistente en construir la estructura en tierra (parque de empuje) y lanzarla en fases consecutivas desde uno de los extremos. De esta forma, una vez lanzado el primer vano sobre el mar y liberado el espacio que ocupaba, se soldaron en el parque de empuje las siguientes dovelas del nuevo vano, que fue empujado nuevamente, y así de manera sucesiva la estructura avanzó en una longitud de 525 metros, hasta alcanzar la pila 10, sobre la que también se apoya el tramo desmontable.

El peso total a empujar fue de unas 11.300 toneladas, divididas en 9.100 toneladas de estructura metálica y el resto de losa de hormigón. El pro-



Izado de la primera dovela del tramo atirantado sobre la torre de tierra

ceso de empuje se realizó por medio de gatos hidráulicos y con ayuda de balancines con almohadillas de neopreno-teflón situados en las pilas sobre las que se deslizó el tablero, contando como medios auxiliares con cables de pretensado para realizar el tiro, un sistema de atirantamiento provisional para controlar los esfuerzos y las deformaciones y un sistema de freno.

Tramo desmontable

Se trata de un tablero metálico de 150 m de longitud que, al ser desmontable mediante heavy-lifting, permitirá el paso de embarcaciones o artefactos flotantes excepcionales con gálibo superior a los 69 m del tramo atirantado. Es un puente simplemente apoyado con sección variable de 3 m en apoyos y 8 m en el centro del vano. El tramo se apoya en las pilas 9 y 10, cuyos ejes distan



DRAGADOS

Puente de la Constitución de 1812 (Cádiz)

El puente de mayor longitud de vano en España y un referente internacional

540 metros de
vano principal

185 metros
de alto

34 metros
de ancho

3 kilómetros
de longitud

69 metros
de gálibo

176
tirantes

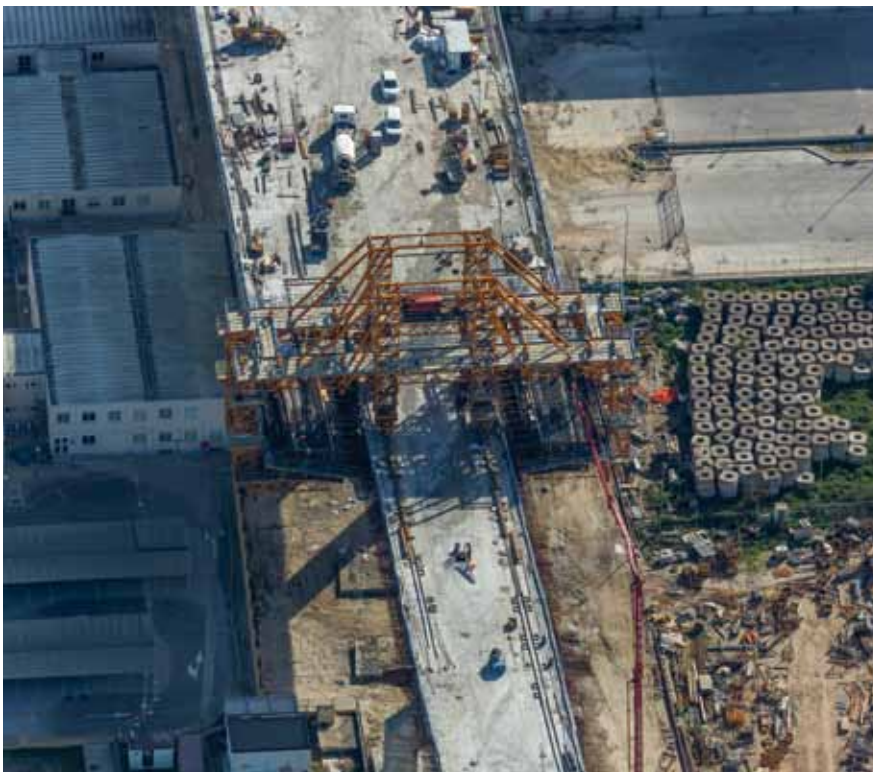


Transporte del recinto estanco de la torre de mar

150 m, sobre las que también apoyan el final del Viaducto de Acceso a Cádiz y el comienzo del tramo atirantado respectivamente, sirviendo éste de transición entre ambos.

No obstante, dadas las dimensiones del gálibo vertical superior del puente, este tramo desmontable –tipología finalmente elegida tras descartarse el proyecto original de puente basculante– solo está previsto abrirlo en ocasiones muy singulares.

La maniobra de colocación del tramo desmontable fue una de las más complejas de la obra, pues hubo que colocar una pieza de 4.000 t de peso a 50 m de altura, con unas holguras muy pequeñas.



Carro de alas empleado en la construcción del viaducto de acceso a Puerto Real

Viaducto atirantado

Es la estructura más singular del puente, con sus 1.180 m de longitud, dividido en cinco vanos, con luces de 120 y 200 metros en los vanos de compensación y de 540 metros en el vano principal, que resulta la mayor de España. El tablero es mixto hormigón-acero, con ancho variable entre 33,2 y 34,3 metros, y su sección transversal está formada por un cajón central de 10 metros de ancho y dos voladizos de 12,15 metros.

Los pilonos tienen una altura de 185 m y configuración en diamante, y en la parte superior se anclan los 176 tirantes que sustentan el tablero. El gálibo vertical es también excepcional, de 69 m, para permitir el paso de grandes embarcaciones.

El tablero se construyó por el método de voladizos sucesivos, en el que se van colocando dovelas a ambos

lados de cada torre de forma equilibrada.

Las dovelas tipo tenían 20 m de longitud y 34 m de ancho, con un peso medio de 400 t. Se fabricaron en taller en varias piezas y se trasladaron a la obra, donde se hacía el ensamblaje del conjunto. El tablero atirantado estaba formado por 64 dovelas.

Las primeras piezas se colocaron con grúa o cabria, en función de si se estaba en tierra o en mar. Cuando hubo espacio suficiente para albergar los carros de izado, se colocaron éstos sobre el tablero, y a partir de ese momento fueron ellos los encargados de izar y colocar las dovelas, que se iban soldando en altura al tablero ya construido. Cada dovela estaba sustentada por dos parejas de tirantes, que se instalaban a medida que se iban soldando piezas.

Los cuatro carros de izado de dovelas pesaban 500 t cada uno y se fueron desplazando a lo largo de cada voladizo a medida que éstos se construían.

Viaducto de hormigón de acceso a Puerto Real

Se trata de un viaducto de 1.182 m de longitud, con el tablero de hormigón pretensado fabricado in situ. Las pilas sobre las que apoya el tablero son de dos tipo, palmera y pórtico, siendo necesarias éstas últimas por la existencia de un vial perteneciente al polígono de La Cabeza que coincidía en planta con la ubicación de las mismas.

Los vanos tienen luces entre ejes de apoyos que varían entre 32 y 75



Vista general de todas las pilas del puente



Viaducto de acceso desde Cádiz

metros. En este tramo se distinguen tres partes:

- una contigua al tramo atirantado de 616 m, distribuidos en seis vanos, con tablero de sección transversal cajón tritelular de 3 m de canto y anchura de 35,20, en la que destacan sus cuatro vanos de 75 m. Se construyó en dos fases; primero el núcleo de la sección (los 10 m centrales) sobre cimbra porticada y luego los voladizos con un carro de alas especialmente fabricado para la ocasión.

- un segundo tramo de transición, de 54 m de longitud, con sección transversal del tablero similar al anterior, con canto variable entre 3,0 m y 2,0 m y anchura variable del mismo entre 35,20 y 32,90 m;

- y una parte final de 512 m, distribuidos en 13 vanos, con sección de tablero de hormigón pretensado tipo losa aligerada y 2,0 m de canto y anchura variable entre 32,90 y 36,90 m, que se ejecutó in situ mediante cimbra cuajada.

Resto de obras del tramo

El tramo se completa con obras adicionales como la glorieta de acceso a Cádiz, el viaducto del Río San Pedro 796 metros de longitud, el enlace con la CA-35, y otras vías e intersecciones auxiliares en la Barriada del Río San Pedro en Puerto Real.

De las obras restan por ejecutar actuaciones de remates o auxiliares tales como la reposición del paseo

marítimo en Cádiz, el desmontaje de medios auxiliares en pilas y cimentaciones, la protección definitiva de pila 12, las plantaciones en glorieta de Cádiz y enlace con CA-35, montajes de pasarelas de mantenimiento futuro o el alumbrado ornamental.

Integración ambiental

Destaca el esfuerzo que se ha hecho por acometer esta gran obra partiendo del profundo respeto al ecosistema del Parque Natural de la Bahía y con las exigencias en materia medioambiental.

El presupuesto invertido en las medidas ambientales asciende a la cantidad de 6,6 millones de euros.



<p>Administración Ministerio de Fomento: - Fernando Pedrazo - Marcos Martín - Julio Domingo - Rodrigo Vázquez - Agustín Allevato Mayor</p> <p>Proyecto Ginprosa: - Luis Muñoz - Juan Tardón</p> <p>Carlos Fernández Casado S.L.: - Javier Manterola - Antonio Martínez - Miguel A. Gil - Juan Antonio Navarro - Javier Muñoz - Silvia Fuente - Silvia Criado - Borja Martín - Raúl González - Lucía Blanco - Gonzalo Osborne</p>	<p>Construcción UTE Dragados - Drace: - Eduardo Gutierrez - Daniel Sánchez - Víctor Jiménez - José María Morejón - José Luis Ruiz - Daniel Paunero - Antonio Vecino</p> <p>Dirección Técnica - Luis Miguel Viartola - Luis Peset - Conchita Lucas - Jesús de los Ríos - José Luis Castro - Pilar Hue - Miguel Martín - Manuel Pita</p> <p>Aleph Brissa Ines Ingenieros Ale-Pondio</p>	<p>Asistencia técnica a la Dirección de Obra Ginprosa: - Ramón Marín - Julio Cayetano - Marta Sacaluga</p> <p>Apia XXI: - Alejandro Castillo - Óscar Ramón Ramos</p> <p>Asistencia técnica a la construcción Carlos Fernández Casado S.L.: - Javier Manterola - Antonio Martínez - Juan Antonio Navarro - Silvia Fuente - Miguel Ángel Gil - Gonzalo Osborne - Manuel Escamilla - José Manuel Domínguez</p> <p>Aleph Brissa</p>
--	--	---

E.T.S. de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos y de Ingeniería de Minas. Universidad Politécnica de Cartagena*



Vista exterior del edificio

La Escuela de Caminos de Cartagena nace como resultado de la adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior de nuestros estudios de Ingeniería Técnica de Obras Públicas, implantados en el año 2000; un momento de oportunidad para incorporar al catálogo de títulos de la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT) los estudios en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos.

Esta apuesta se realizó con la convicción de que debería llevarse a cabo con el visto bueno y la participación activa del Colegio de Caminos. Por ello, se firmó en julio de 2007 un convenio de colaboración con la Demarcación del Colegio de Murcia, con el objetivo de preparar un proyecto de implantación de los estudios de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos adap-

tados a Bolonia. Una vez publicada la orden CIN de verificación de los títulos que habilitan a la profesión, se estableció una comisión mixta Colegio-Universidad que fraguó en la verificación del título en mayo de 2011. “El Máster en Ingeniería de Caminos se hizo realidad en el curso 11-12, siendo la primera universidad pública en implantarlo”, afirma el director de la Escuela, Manuel Alcaraz.

En paralelo, y como demanda del Colegio, se crea en julio de 2010 el Departamento de Ingeniería Civil, con la intención de vertebrar a nivel académico las titulaciones del ámbito profesional. Este departamento agrupa las siguientes áreas: Ingeniería de la Construcción, Ingeniería Hidráulica, Ingeniería del Terreno e Ingeniería e Infraestructura del Transporte.

La apuesta de la Universidad fue acompañada por el apoyo institucional de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. “Este hecho nos ha permitido llegar hasta la situación actual, con un Departamento de Ingeniería Civil formado por 25 profesores, donde el 85 % son Ingenieros de Caminos y el 60 % doctores, cuya política de contrataciones ha sido la de salvaguardar el equilibrio necesario entre experiencia académica y experiencia profesional. También ha supuesto la mejora sustancial del equipamiento de los laboratorios propios de la titulación, destacando las inversiones realizadas en el laboratorio de Hidráulica, Ingeniería de la Construcción e Ingeniería del Terreno”, comenta el director.

Los alumnos han sido partícipes de la implantación y, a través de la Delegación de Estudiantes de la Escuela, “hemos tenido una realimentación necesaria para la identificación de aquellas cosas mejorables. Además, desde el primer momento se han identificado como alumnos de Escuela de Caminos, como demuestra el hecho de su integración en el Consejo Estatal de Estudiantes de ICCP, la realización en Cartagena de su última asamblea y la organización de Intercaminos 2015”, añade Alcaraz.

Aunque los estudios conducentes a la Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos sólo tienen 5 años de historia, esta Escuela es la más antigua de las que imparte estudios supe-

* Con este reportaje, la ROP continúa con la serie sobre los centros universitarios españoles que imparten la carrera de ingeniero de Caminos, C. y P., con nivel de Máster en el baremo establecido en el plan Bolonia

riores en Cartagena. El origen es la Escuela de Capataces Facultativos de Minas de 1873, que nace de la necesidad por parte de las empresas mineras de contar con personal cualificado para dirigir técnicamente sus explotaciones. Según el director: “Este ADN de relación Universidad-Empresa se ha transmitido a la titulación de Caminos, nacida con una vocación al servicio del entorno empresarial y de la investigación, que mejore la empleabilidad de nuestros alumnos”.

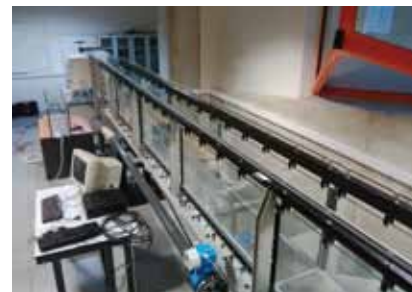
Este hecho se demuestra en diferentes líneas de trabajo: “convenios para la realización de prácticas de nuestros alumnos; cátedras tecnológicas con empresas a través de las cuales se dan soluciones mediante proyectos de investigación en los que participan nuestros alumnos; proyectos de investigación con empresas e instituciones de nuestro entorno”, nos cuenta el director.

Además, se implantó en el curso 14-15 el doctorado en “Tecnología y Modelización en Ingeniería Civil, Minera y Ambiental”, consiguiendo que uno de los primeros egresados del Máster obtuviera una beca FPI de la Agencia de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia.

Siendo conscientes de que muchos de los retos a los que se va a enfrentar la universidad a medio plazo pasan por una mayor presencia a nivel internacional, la Escuela de Caminos de Cartagena se puso como uno de sus objetivos prioritarios la puesta en marcha de un plan de internacionalización a diversos

niveles, potenciando los programas de intercambio e incidiendo en la captación, dobles titulaciones, y relaciones con otras escuelas del ámbito internacional a nivel institucional, buscando sinergias de investigación a través de iniciativas de cooperación científica y tecnológica internacionales, o bien intercambio y movilidad de investigadores a través de proyectos conjuntos, y por último ampliando su oferta con itinerarios en inglés en sus titulaciones a medio plazo.

El desarrollo de las condiciones anteriormente expuestas posibilitarán que la Escuela de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos y de Ingeniería de Minas de la Universidad Politécnica de Cartagena “cumpla con los objetivos de formar Ingenieros de Caminos capaces de afrontar con solvencia los retos profesionales que se les planteen tanto en el ámbito nacional como internacional, y dar respuesta técnica a las necesidades que demandan las empresas”, concluye. **ROP**



Alumnos de la Escuela en diversas actividades y laboratorios

Manuel Alcaraz

Director de la E.T.S. de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos y de Ingeniería de Minas de la Universidad Politécnica de Cartagena

¿Qué perspectivas de empleo tienen los estudiantes que salen cada año de la Escuela?

A pesar de la situación actual en nuestro país, el ingeniero de Caminos de la Escuela de Cartagena está valorado dentro de las empresas de ingeniería civil en el ámbito regional. Muchos optan por la internacionalización y, tras haber pasado por una experiencia Erasmus en prácticas de empresa, permanecen trabajando en países de la Unión Europea fundamentalmente en trabajos de consultoría. Asimismo se observa un incremento de alumnos que optan por emprender formando equipos multidisciplinares junto con otros ingenieros en campos de fuerte desarrollo tecnológico. El camino de la investigación aplicada por medio del doctorado universitario o industrial fruto de la colaboración universidad-empresa ha incrementado su demanda notablemente.

¿En qué campos, además de los tradicionales, puede desarrollar su actividad un ingeniero de Caminos?

Los campos siguen siendo los tradicionales pero con cierta evolución, por ejemplo la gestión de infraestructuras urbanas hoy en día requiere una importante base tecnológica que se apoya en la sensorización, los SIG y en el uso de las TIC y aquí siguen siendo fundamentales los ingenieros de Caminos trabajando en equipos multidisciplinares junto a otros ingenieros. La hidráulica ha evolucionado a la hidráulica ambiental requiriendo de unos conocimientos en el campo de la química y la biología. Por las características de nuestro ámbito geográfico, importante polo industrial

energético y de transporte de mercancías, campos como la logística y el estudio de flujos en el transporte poseen una demanda creciente. Nuestra región es a nivel europeo observatorio por sus características semiáridas lo cual, unido a la intensiva actividad agrícola, hace de la planificación y la gestión de los recursos hídricos un campo tradicional pero en continua evolución.

¿Qué características destacaría de los ingenieros de Caminos?

El ingeniero de Caminos está en contacto con las necesidades de la sociedad por lo que su vocación de servicio a ésta es clara. La amplia formación recibida le permite comprender las necesidades y poder aportar soluciones de todo tipo. Destaca su capacidad de gestión para coordinar y dirigir equipos multidisciplinares. Aúna ingeniería y economía a la hora de proponer actuaciones. Hoy por hoy, su formación multidisciplinar y rigor técnico le legitima como interlocutor entre sociedad, empresa y medio ambiente a la hora de definir las infraestructuras del futuro.

¿Qué programas de intercambio existen con Escuelas de otros países? ¿Qué aportan a los estudiantes?

En la actualidad poseemos más de 20 convenios con universidades europeas en Alemania, Francia o el Reino Unido para que nuestros alumnos puedan cursar asignaturas o sus Trabajos Fin de Máster en éstas bajo el programa de la UE Erasmus. Estos convenios permiten a los estudiantes mejorar el idioma así como conocer el funcionamiento de otros países. En algunos casos, los

alumnos vuelven a dichos países mediante la modalidad de prácticas en empresas y permanecen en ellos trabajando. Uno de los objetivos en los que se está trabajando desde la escuela es en la consecución de la doble titulación con universidades europeas.

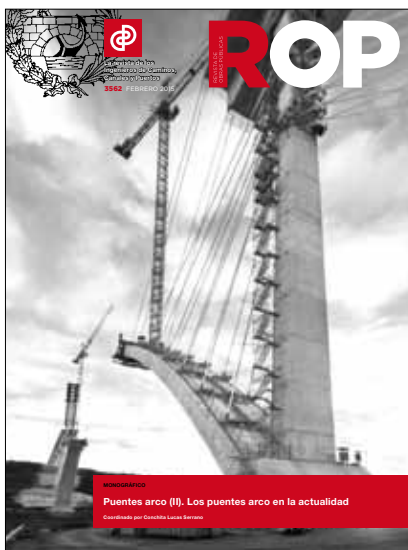
¿Existen acuerdos entre la Escuela y algunas empresas para que los estudiantes den sus primeros pasos en el ámbito profesional?

Este apartado es uno de los pilares dentro de la dirección de la escuela. Con la creación de la subdirección de relaciones institucionales y con empresas, se ha hecho una labor importante facilitando que la mayoría del alumnado pueda realizar unas prácticas en empresa antes de finalizar sus estudios. La universidad posee diversas cátedras de empresa en las que la colaboración en el campo de investigación con las empresas es fluida. Algunos profesores de la escuela dirigen este tipo de iniciativas en las que los trabajos de investigación para las empresas son desarrollados por alumnos de la escuela.

¿Cómo valora los servicios de empleo e internacionalización que ofrece el Colegio?

Qué duda cabe del papel fundamental de guía y asesoramiento que se ha desarrollado a lo largo de los años por parte del Colegio de Ingenieros de Caminos. Aun así siempre hay que pensar en mejorar de forma continua ampliando dichos servicios a ramas como la oferta internacional en cuanto a investigación dentro de universidades o a otros campos de la ingeniería. **ROP**

Concurso anual de artículos promovido por la Fundación Caminos y por la Revista de Obras Públicas para jóvenes ingenieros de Caminos, Canales y Puertos



La Revista de Obras Públicas y la Fundación Caminos convocan un concurso anual de artículos originales e inéditos sobre “la ciudad” escritos por ingenieros de Caminos, Canales y Puertos menores de 35 años en la fecha de recepción por la ROP del artículo.

El tema elegido, “la ciudad”, ha de ser interpretado en sentido amplio, incluyendo todas las vertientes del concepto de lo urbano como oposición a lo rural, extendido a sus aspectos político, urbanístico (planificación, promoción y diseño), tecnológico, constructivo, organizativo y de prestación de servicios, de algún modo vinculados a la función del ingeniero, bien como técnico ex-

perto encargado de la promoción, del diseño y/o de la ejecución y/o del mantenimiento, bien como gestor de equipamientos y servicios.

Los mejores artículos recibidos, a juicio del Comité Editorial de la Revista que se ocupará de valorarlos, serán publicados, a razón de dos por número ordinario, haciendo constar que han sido seleccionados mediante este concurso. En principio, en 2016 se publicarán siete números ordinarios de la ROP, alternativamente con cinco monográficos.

Selección

Los artículos podrán enviarse desde el momento de la publicación de estas bases y hasta el 15 de noviembre

de 2016. Con anterioridad al cierre de cada uno de los números de la ROP mencionados, el comité editorial seleccionará los dos mejores artículos del conjunto de todos los que hayan llegado a la redacción de la revista hasta este momento. En decir, cada selección se hará sobre el conjunto de los trabajos recibidos.

La selección sería infructuosa y no se publicarían artículos si ninguno de los remitidos reuniera los requisitos exigidos.

El Comité Editorial de la ROP podrá hacer sugerencias a los autores si considera que sus artículos pueden mejorarse y hacer así posible su publicación.



Los artículos no publicados en el concurso no serán devueltos. El comité editorial se reserva la posibilidad de ofrecer a los autores la publicación de sus trabajos fuera de concurso si lo considera de interés para la ROP.

Premio al mejor artículo de la sección de jóvenes ingenieros

Entre todos los artículos publicados en el periodo mencionado –en principio, catorce en total–, un jurado seleccionará el mejor de todos ellos, que recibirá el premio al mejor artículo dotado por la Fundación Caminos con 1.500 euros y una placa conmemorativa, que le serán entregados en un acto público.

Dicho jurado, cuya composición íntegra se hará pública en el momento del fallo, estará formado por el presidente y el secretario general del Colegio de Ingenieros de Caminos y de la Fundación Caminos, el presidente del comité editorial de la ROP, un representante de la administración local y otras figuras relevantes de la profesión.

El premio podrá declararse desierto si así lo aprecia el jurado por mayoría.

Otras normas de funcionamiento

1. Los artículos deberán ajustarse a las normas de redacción de la revista.

Sintéticamente, no sobrepasarán las 2.500 palabras (se tendrá cierta flexibilidad al respecto), y el original irá acompañado de un resumen de no más de 90 palabras y de una fotografía del autor; podrán aportarse fotografías y gráficos.

2. Los artículos deberán ser enviados mediante correo electrónico a la dirección de la ROP (rop@ciccp.es), haciendo constar la participación en el premio.

3. La presentación al concurso supone la aceptación de estas bases. **ROP**

Todos los libros de esta página están a la venta en la Librería Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. T. 91 308 34 09 F. 91 319 95 56 libreria@ciccp.es



‘Manual de supervivencia en obras civiles. Vol. I’. José María del Campo Yagüe. 2015, Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid. 305 p.

Este libro pretende ser una herramienta para sobrevivir en las obras civiles y dotar al lector de conocimientos prácticos suficientes para saber cómo y cuándo utilizar un equipo y calcular el coste asociado al mismo. Todo esto mediante el estudio, en este primer volumen, de la maquinaria utilizada en los movimientos de tierras, las obras de carreteras, la puesta en obra del hormigón, las obras ferroviarias y las obras hidráulicas. Incluyendo unas breves nociones sobre las implicaciones de los trenes de rodaje, el posicionamiento de la maquinaria, la gestión de flota, las máquinas híbridas, las máquinas mini, el medio ambiente, la seguridad y salud, y la tendencia a futuro de los equipos.

‘Guía de las corralas y comercios del Madrid de 1868’. José Ignacio Pozuelo González. Editor, Jesús Fernández Serrano. 2014. 327 p.

Las corralas son un producto típico madrileño que nació ante la necesidad

de albergar a tantas personas que decidieron trasladarse a Madrid cuando Felipe II decidió que esta pequeña aldea iba a ser la capital de su imperio. Y también cuando en el siglo XIX la Revolución Industrial atrajo a la capital a muchos trabajadores, para los que no existían suficientes viviendas. Descubrirá también cómo esas soluciones han permanecido hasta ahora en nuestra capital.

Quien vive en Madrid o lo visita con frecuencia habrá observado el incontable número de comercios que hoy existen en la capital. Sin embargo, es muy pequeño el número de comercios anteriores a 1868 que hoy continúan en el mismo lugar de entonces. En este libro podrá conocerlos.

‘Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales’. 2ª Ed. Aurelio Hernández Lehmann. 2015, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos / Garceta Grupo Editorial. 396 p.

Este libro, que presenta ahora su segunda edición completamente revisada

y actualizada, constituye una metodología esencialmente práctica, para ayudar a los ingenieros que intervienen en la redacción de proyectos de estaciones depuradoras de aguas residuales.

El libro se ha subdividido en tres partes: una introducción a la depuración de las aguas residuales, los procesos de la línea de agua y los procesos unitarios de la línea de fangos. Cada una de las tres partes se subdivide en diversos capítulos en los que se aborda de manera detallada el dimensionamiento de las diferentes unidades del proceso. La primera parte de cada capítulo consta de un apartado teórico en el que se explican los fundamentos de cada elemento del proceso y en el que se incide en cuáles son las principales variables que intervienen en el dimensionamiento. La segunda parte de cada capítulo presenta uno o varios ejemplos prácticos resueltos de dimensionamiento. Este libro, por su sistema expositivo, puede servir tanto como libro de texto para estudiantes de grado o máster Ingeniería civil, como libro de consulta para profesionales en el ejercicio de su labor diaria. **ROP**

CUANDO LOS TÚNELES ESTÁN
IMPERMEABILIZADOS DE FORMA
PERMANENTE:
THAT'S BUILDING TRUST.



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.