

revista de obras públicas

Toda la
REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS
en Internet

ROP
d.i.g.i.t.a.l

Órgano Profesional de los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Realización del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos con la participación de CINDOC
Con la colaboración de CEDEX-CEHOPU y la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid

Puede consultar la ROP desde su primer número
de 1853 hasta diciembre de 2002,
en la página web del Colegio de Ingenieros
de Caminos, Canales y Puertos: www.ciccp.es

Desde enero de 2003 hasta la fecha sólo se podrá consultar bajo suscripción

N.º 3.470 • AÑO 153 • OCTUBRE 2006

N.º 3.470 / Año 153 / Octubre 2006 / 13 €

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

ÓRGANO PROFESIONAL DE LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



Puentes arco de hormigón

Propósito de la Revista de Obras Públicas

La Revista de Obras Públicas es, básicamente, una revista de carácter técnico, que pertenece al mundo cultural de la Ingeniería Civil.

Órgano Profesional de los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, su ámbito de divulgación es, pues, tanto el colectivo de éstos como el de su entorno técnico, científico, económico, cultural y social directamente ligado al mismo, de manera que los artículos que en ella se publican presenten el máximo interés para todos sus potenciales lectores.

Tal ha sido su línea editorial desde su fundación en 1853, y su objetivo sigue siendo continuar e innovar esa línea de reflexión sobre el oficio.

Así, la ROP, dentro de su contenido técnico, se adentra en un mundo más amplio que el de las revistas puramente científicas (cuyo objetivo, de mayor especialización, es el de dar a conocer de manera exclusiva tecnologías muy específicas y trabajos de investigación), atendiendo al ingeniero proyectista y al constructor, al mundo de las enseñanzas técnicas y al de las actividades profesionales, así como a las relaciones de la ciencia, la técnica y la cultura con la política sectorial y la sociedad civil.

Sumario

nº 3.470 • Año 153 • Octubre 2006

Editorial

5

La arquitectura del ingeniero
[The Architecture of the Engineer]

Ciencia y Técnica de la Ingeniería Civil



7-22

Puentes arco de hormigón.
Consideraciones sobre la construcción por avance en voladizo
[Concrete Arch Bridge, Considerations on cantilevered advance]
Ricardo Llago Acero

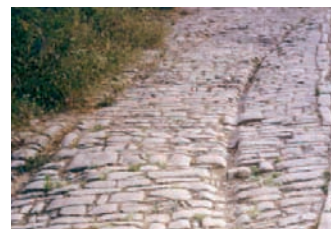
23-36

Determinación de la avenida de diseño y calibración de caudales en la cuenca del río Viejo para la protección de las obras civiles contra máximos eventos en el marco del afianzamiento del proyecto hidroeléctrico Larreynaga en Nicaragua, Centroamérica
[Design flood assessment and flow calibration in the River Viejo basin to protect civil works against maximum events and guarantee the Larreynaga hydroelectric project in Nicaragua, Central America]
César A. Alvarado Ancieta

Política de Obras Públicas

37-54

Contratación Pública en construcción en Francia.
Un ejemplo de introducción de nuevas tendencias en un entorno tradicional
[Public Construction Contracts in France. An example of the introduction of new trends in a traditional environment]
M^º Pilar de la Cruz López,
Alfredo del Caño Gochi,
Elisa M^º de la Cruz López



Historia y Cultura de la Ingeniería Civil

55-72

Historia y técnica del camino
[Road History and Technique]
José María Fonseca García,
Jesús Alonso Trigueros

Secciones

Actividad del Ingeniero	73
La ROP hace 150 años	77
La ROP hace 100 años	77
La ROP hace 50 años	79
Informaciones [páginas amarillas]	91

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS



Portada: Viaducto Ayamonte-Cáceres

Obras y Proyectos de Actualidad

83-90

El Viaducto del Arroyo de Las Piedras.
El puente de mayor altura y uno de los de mayor longitud del AVE Córdoba-Málaga
[The Viaduct over Piedra Creek. The Highest and one of the longest bridges on the Córdoba-Málaga high-speed railway line]



Se admiten comentarios a los artículos publicados en el presente número, que deberán ser remitidos a la redacción de la ROP antes del 30 de enero de 2007

Director:
Juan Antonio Becerril Bustamante

Redactores Jefes:
Juan A. Sánchez Rey
Juan Pablo Mañueco Grinda

Maquetación:
José Luis Saura

Redacción:
Jesús Benito Torres
Gloria Martín Sicilia

Redacción y Publicidad:
Almagro, 42.
28010 Madrid.
Tel.: 91.308.19.88
Fax: 91.319.15.31

Edita:
Colegio de Ingenieros
de Caminos,
Canales y Puertos.

Imprime:
Grafoffset SL impresores.

Depósito Legal: M-156-1958.
ISSN: 0034-8619.
rop@ciccp.es
www.ciccp.es/rop/index.htm

Suscripciones:
suscripcionesrop@ciccp.es

Esta revista no se hace necesariamente solidaria de las opiniones expresadas por sus colaboradores.

Publicación decana de la prensa española no diaria. Fundada en 1853

CONSEJO DE ADMINISTRACIÓN

Presidente:

D. José Antonio Torroja Cavanillas

Vocales:

Miguel Aguiló Alonso

Luis Berga Casafont

Íñigo Losada Rodríguez

Julio Martínez Calzón

Edelmiro Rúa Álvarez

Florentino Santos García

Benjamín Suárez Arroyo

Director:

Juan Antonio Becerril Bustamante

COMISIÓN DE EXPERTOS

Federico Bonet Zapater

Javier Botella Atienza

Gerardo Cruz Jimena

Javier Díez González

José Luis Gómez Ordoñez

Santiago Hernández Fernández

Antonio Huerta Cerezueta

Ernesto Hontoria García

Javier Manterola Armisén

Manuel Melis Maynar

Felipe Mendaña Saavedra

Eugenio Oñate Ibáñez de Navarra

Carlos Oteo Mazo

Mariano Palancar Penella

Santiago Pérez-Fadón Martínez

Ángel Pérez Jamar

José Polimón López

José Rubio Bosch

Javier Rui-Wamba Martija

Fernando Sáenz Ridruejo

Andrés Sahuquillo Herraiz

Francisco Javier Samper Calvete

Vicente Sánchez Gálvez

Antonio Soriano Peña

Pedro Suárez Bores

Ignacio Tejero Monzón

Javier Torres Ruiz

Santiago Uriel Romero

Eugenio Vallarino y

Cánovas del Castillo

COMITÉ EDITORIAL

Francisco Javier Asencio Marchante

Antonio de las Casas Gómez

Juan Antonio Becerril Bustamante

Rafael Izquierdo de Bartolomé

Juan Rodríguez de la Rúa

Editorial

La arquitectura del ingeniero

La aparición de una segunda edición (editada por el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos) del libro de Carlos Fernández Casado titulado *La Arquitectura del Ingeniero*, es motivo una vez más para reflexionar sobre las funciones y competencias de arquitectos e ingenieros, asunto que en tantas ocasiones ha sido tratado y que ha originado vivas polémicas casi siempre más viscerales y corporativistas que reales.

Fernández Casado estudia la labor de ambas profesiones en diversos tipos de estructuras (puentes, carreteras, puertos, obras hidráulicas...), en las cuales la función del ingeniero presenta características similares a las que los arquitectos desempeñan en otros tipos de construcciones. Y señala siempre, cómo es cada vez más habitual la necesidad de la mutua colaboración en aquellas obras en que el diseño y el cálculo hacen imprescindible el trabajo en común, con beneficio final para ambos.

En las primeras páginas de su libro define con claridad meridiana la base de cada uno de los oficios: siguiendo a Le Corbusier, la arquitectura es *"juego sabio, concreto y magnífico de volúmenes agrupados bajo la luz"* mientras que para Fernández Casado *"el ingeniero no trata de volúmenes, sino de masas que pesan y resisten"*. *"Sus obras responden a ideas claras y sencillas: al modo cartesiano ha de dar geometría a la función y encauzar los esfuerzos que plasman la estructura, materializándola por los procedimientos constructivos más convenientes y empleando los materiales más adecuados en cantidades estrictas"*.

No es habitual encontrar tan claramente expresado el papel de unos y otros. En la época actual, cuando la sociedad exige cada vez más alardes estructurales, ese nivel de colaboración entre los profesionales de ambas titulaciones se hace cada día más palpable y de ello no se están deduciendo sino conclusiones positivas.

Por eso, es una satisfacción repasar las páginas en que un ingeniero que trascendía la técnica y dominaba la filosofía, explica los fundamentos de la profesión. Y da al mismo tiempo un toque de atención a la superior visión que debe presidir cada vez más, la enseñanza impartida en las Escuelas de Caminos. ♦

Puentes arco de hormigón

Consideraciones sobre la construcción por avance en voladizo

Concrete Arch bridges. Considerations on cantilevered advance

Ricardo Llago Acero. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Director de Departamento. Proyectos de Estructuras Metálicas. ACCIONA Infraestructuras, S.A. rllagoa@acciona.es

Resumen: Conocidos desde la antigüedad, los puentes arco han ofrecido siempre una solución estructural interesante y universalmente aceptada. Esta tipología, empleando en su ejecución el acero estructural o el hormigón armado, ha sido utilizada habitualmente en las localizaciones más espectaculares. Tras ser considerada durante mucho tiempo como una estructura de ejecución costosa y complicada, la aplicación de los métodos de construcción por avance en voladizo y el empleo cada vez más frecuente de los sistemas de instrumentación, han logrado que los arcos de hormigón armado sean recuperados en los últimos tiempos en puentes de gran luz, adornando nuestros paisajes con su serenidad.

Palabras Clave: Puentes arco, Voladizo, Construcción

Abstract: Arch bridges have been around since ancient times and have always offered an interesting and universally accepted structural solution. This type of bridge, using structural steel or reinforced concrete, is commonly employed in the most spectacular settings. For many years this type of bridge was considered to be too expensive and complicated, but with the application of cantilevered launch construction methods and the increasing deployment of instrumentation systems, reinforced concrete arches have been more widely employed in recent times in large span bridges and leave an indelible and serene mark on the landscape.

Keywords: Arch bridge, Cantilever, Construction

Introducción

Los procesos constructivos por avance en voladizo han permitido recuperar, en el caso de los puentes arco de gran luz, una solución estructural conocida desde siempre. Definida en el puente de Alcántara por sus constructores como "*Ars ubi materia vincitur ipsa sua*" ("Arte mediante el cual la materia se vence a sí misma"), fue prácticamente abandonada durante un tiempo por las dificultades técnicas inherentes a su proceso constructivo y los altos costes asociados al mismo. La presencia de materiales con mayores características mecánicas, el desarrollo de medios auxiliares más flexibles y la aparición de elementos de control más fiables y precisos han logrado recuperar esta tipología, aumentando las realizaciones en nuestro país desde comienzos de la década de los noventa.

El método tradicional de construcción de los puentes arco de hormigón se basó, durante mucho tiempo, en el

empleo de cimbras que, al crecer la luz del arco, se convirtieron en verdaderos logros de ingeniería en sí mismas, costosas y con importantes dificultades técnicas en su diseño y ejecución. Desde finales del siglo XIX, los constructores de puentes arco, conscientes de las dificultades técnicas y económicas de esta tipología, encaminaron sus esfuerzos a la búsqueda de métodos constructivos que permitieran la supresión de las cimbras, cuyo montaje y coste penalizaba de tal forma la construcción que esta tipología estuvo a punto de desaparecer entre las soluciones de lo que podrían llamarse "puentes modernos". Pero tal vez en esa debilidad se hallaba su fortaleza, y los problemas que conducían a su extinción fueron los que obligaron a buscar nuevas soluciones que los revitalizaran. Inicialmente se investigaron métodos que abarataran y simplificaran el montaje de las cimbras y, después, se aplicaron estos métodos a la construcción del propio arco.

Grandes ingenieros dedicaron importantes esfuerzos a desarrollar soluciones técnicas que permitieran solven-

tar los problemas constructivos que plantea esta tipología. Entre ellos puede citarse a J. Melan, E. Freyssinet, E. Torroja, R. Coray y tantos otros. Pero no fue hasta 1.952 en que Eugène Freyssinet abrió el campo de los métodos constructivos en voladizo a los arcos de hormigón, al emplear en los puentes de la autopista Caracas – La Guaira (Venezuela) los procedimientos utilizados en los arcos de acero por G. Eiffel y James B. Eads a finales del XIX. Actualmente los métodos de avance en voladizo son prácticamente los únicos empleados en la construcción de arcos con luces importantes.

El artículo pretende, tras un breve repaso de los aspectos técnicos de la construcción de puentes arco de hormigón, presentar los problemas específicos detectados en la actualidad, indicando la forma en que han sido resueltos en dos casos particulares construidos por ACCIONA Infraestructuras, S.A.

1. Aspectos resistentes del arco en construcción

El arco es un sistema estructural que, gracias a su forma, salva una determinada luz, resistiendo los esfuerzos debidos a las cargas que actúan sobre él mediante un mecanismo estructural donde predominan las compresiones, evitando los esfuerzos de flexión o reduciéndolos a valores poco significativos en su comportamiento. Durante toda la historia de la construcción ha sido, y sigue siéndolo hoy en día, la estructura resistente por excelencia, donde su capacidad portante se debe a su forma o, lo que es lo mismo, es su geometría la que le proporciona su resistencia. Es esta circunstancia la que explica por qué su construcción se plantea partiendo de la idea de un comportamiento resistente.

El problema fundamental de los grandes arcos de hormigón, al igual que el de los metálicos, ha sido siempre su construcción. En los primeros el problema es aún más complejo, puesto que su peso es mayor. Como es sabido, el arco no funciona como tal hasta que no se ha completado su geometría, es decir, hasta que no se produce su cierre en clave, y por ello las diferentes configuraciones estructurales por las que atraviesa durante su construcción son diferentes en su comportamiento a la situación final, algo comprendido desde siempre, como puede resumirse en la definición dada por Leonardo da Vinci del arco: *"Es una fortaleza causada por dos debilidades"*. Es por ello que se requieren medios de construcción de una mayor envergadura que en otras tipologías estructurales. Durante un tiempo el coste de estos procesos hizo que los grandes arcos de hormigón fueran prácticamente abandonados hasta que se desarrollaron nuevos métodos constructivos que solucionaron los problemas de la "debilidad" de las estructuras parciales por las

que atraviesa hasta completarse. La cimbra, el único procedimiento que se empleaba en los arcos de gran luz, resultaba excesivamente caro. Pero los nuevos métodos que evitan su presencia los han revitalizado, y gracias a ello han vuelto a convertirse en una solución con gran interés estructural, cuando la forma del valle y las condiciones de cimentación resultan idóneas.

Como ya hemos indicado, el arco es una estructura que resiste las cargas aplicadas por forma, y ésta, y por tanto su comportamiento estructural, solo se desarrolla cuando se encuentra terminado. He aquí la razón de que la mayor dificultad de los grandes arcos haya sido siempre su construcción. En cualquier procedimiento que se emplee para su ejecución, las estructuras parciales que se van formando nunca pueden ser arcos. Tendrán que desarrollar otro comportamiento estructural diferente, mucho menos eficaz. Tal vez fue esta idea la que impulsó los primeros métodos empleados, los "métodos clásicos", donde su ejecución se realiza mediante la construcción de un arco previo, es decir, la cimbra o la autocimbra. Su ventaja se encuentra en que su ejecución es más sencilla que la del arco definitivo, puesto que su peso es menor.

Los diferentes comportamientos entre las estructuras parciales y la final obligan a la utilización de medios potentes para conseguir que los estados intermedios, diferentes al final, desarrollen un comportamiento estructural eficaz. Estos medios suponen una parte significativa del coste total de la obra, y ello podría hacer inviable en algunos casos la solución arco para las grandes luces, como de hecho ocurrió en ciertos períodos.

2. Procedimientos de construcción de puentes arco de hormigón

Si en cualquier estructura con luces importantes el método de ejecución puede condicionar su tipología, sus dimensiones y, a veces, su diseño global, en un puente arco, construido necesariamente de forma evolutiva, resulta más cierto aún. La elección de este proceso desde el momento del diseño, considerando todos los condicionantes, podría introducir grandes economías, reforzando la viabilidad de la solución. Presentaremos, a continuación, los métodos constructivos disponibles hoy en día para la ejecución de arcos de hormigón.

2.1. Construcción sobre cimbra

La construcción sobre cimbra fue el procedimiento habitual hasta finales del XIX, y podría ser considerado, en el caso de los puentes arco de hormigón, como el "método clásico". Durante mucho tiempo la ejecución de los puentes arco de hormigón empleó cimbras fijas

para el hormigonado de sus secciones. Las luces cada vez mayores, los obstáculos naturales complicados, como barrancos profundos y ríos caudalosos, fueron dificultando cada vez más el diseño y el montaje de estos elementos, encareciendo enormemente el proceso de ejecución, lo que hizo que los arcos pasaran a convertirse en una solución excepcional. Muchos de los procedimientos que se emplearon en el montaje de estos elementos auxiliares fueron utilizados posteriormente en la construcción de los arcos, bien de acero, bien de hormigón.

En principio, a la vista de los métodos actuales, el empleo de las grandes cimbras empleadas en el XIX era un absurdo. Era preciso construir previamente un arco de madera, a veces con la misma luz que el puente definitivo, para ejecutar sobre él otro de hormigón. La única ventaja se encontraba en que el arco de madera era más ligero, y por tanto más fácil de montar. Sin embargo, era preciso construir dos veces la misma obra, aunque con diferentes materiales. Algo similar a lo que ocurre con el procedimiento de autocimbra desarrollado por J. Melan.

Además de su elevado coste, equivalente al del propio puente, lo que lo convertía en algo inviable económicamente, las grandes cimbras presentaban otros problemas importantes. Su descenso para proceder a la puesta en carga del arco era cada vez más complicado, y no resultaba fácil asegurar que éste no quedara irregularmente apoyado en ella, introduciendo esfuerzos de flexión indeseables. Fue Eugène Freyssinet quien logró descimbrar el puente de Veudre introduciendo gatos en clave, logrando que, al abrirlos, se produjera una deformación que separara el arco de la cimbra de una manera uniforme, alejando los riesgos de las flexiones parásitas. Desde entonces este procedimiento ha sido empleado para descimbrar los arcos construidos sobre cimbras, introduciendo gatos en clave, en arranques o en riñones.

Ingenieros como Richard Coray se especializaron en el diseño y construcción de estos elementos auxiliares, mezcla de madera y metal y, a veces, verdaderamente más atrevidos y desafiantes que la estructura definitiva a la que proporcionaban soporte temporal. Recordemos aquí la cimbra flotante diseñada por Eugène Freyssinet para la construcción de los tres arcos del Viaducto de Plougastel, quizá una de las soluciones más brillantes de este método de construcción.

Los costes de estos elementos llegaron a convertirse en prohibitivos, así como su incidencia en los plazos precisos para la ejecución del propio puente, totalmente dependiente de la construcción previa de estos medios auxiliares. Quedaron, pues, asociados a los puentes arco de pequeña luz, donde otros métodos no resultaban adecuados. Era necesario, por tanto, desarrollar otras solucio-

nes constructivas para evitar la desaparición de esta tipología en las grandes luces.

Aunque la propia construcción del arco sobre cimbra es un método sencillo y cómodo una vez ejecutada ésta, sus elevados costes han hecho abandonarla en las grandes luces, aunque aún se conserva en otras tipologías.

2.2. Construcción con armadura rígida (Autocimbra)

El coste y la dificultad que suponía la ejecución de la cimbra en los grandes arcos ha estado siempre presente en la mente de los constructores, por lo que muchos de sus esfuerzos se encaminaron a la supresión de la misma. A finales del siglo XIX, Joseph Melan desarrolla un procedimiento para la construcción de puentes arco de hormigón evitando el uso de la cimbra clásica. Su método consiste en construir primero un arco metálico, más ligero, que se emplea como cimbra autoportante y se utiliza, a la vez, como armadura del arco definitivo, hormigonando sus secciones sobre la estructura metálica. En realidad, la solución de J. Melan transfiere los problemas de construcción de un arco más pesado, el de hormigón, a uno más ligero, el de acero, empleando en su montaje los procedimientos disponibles en la época para la construcción de arcos metálicos, tales como el avance por voladizos sucesivos mediante atirantamiento provisional.

Este método logra que la estructura parcial y final coincidan en su comportamiento, aunque no resuelve los problemas económicos de la construcción de los arcos de hormigón. Su inconveniente se encuentra en la cantidad de acero que requiere el arco metálico inicial, muy superior a la armadura precisa para resistir las tracciones debidas a la flexión. Por esta razón puede considerarse un método caro, y aunque en su momento fue utilizado en algunos puentes, hoy en día apenas se emplea, salvo en raras ocasiones. Hay que destacar la contribución que Eduardo Torroja realizó a este método en el Viaducto de Martín Gil, sobre el embalse del Esla, finalizado en 1.942. Un detallado estudio de las fases de hormigonado, así como la regulación con cilindros hidráulicos optimizó enormemente el acero preciso en la autocimbra.

Aunque su aplicación como fue concebida por Joseph Melan ha caído en desuso, debemos destacar la construcción por este método del arco Wanxian, sobre el río Yangtze, en China. Actualmente es el mayor arco de hormigón ejecutado, con una luz de 420 metros.

Quizá el futuro de la aplicación de este procedimiento se encuentre en los arcos mixtos acero-hormigón, con algunas realizaciones importantes en nuestro país. En este caso podríamos considerar su sección metálica como una evolución de la solución de autocimbra desarrollada por Melan.

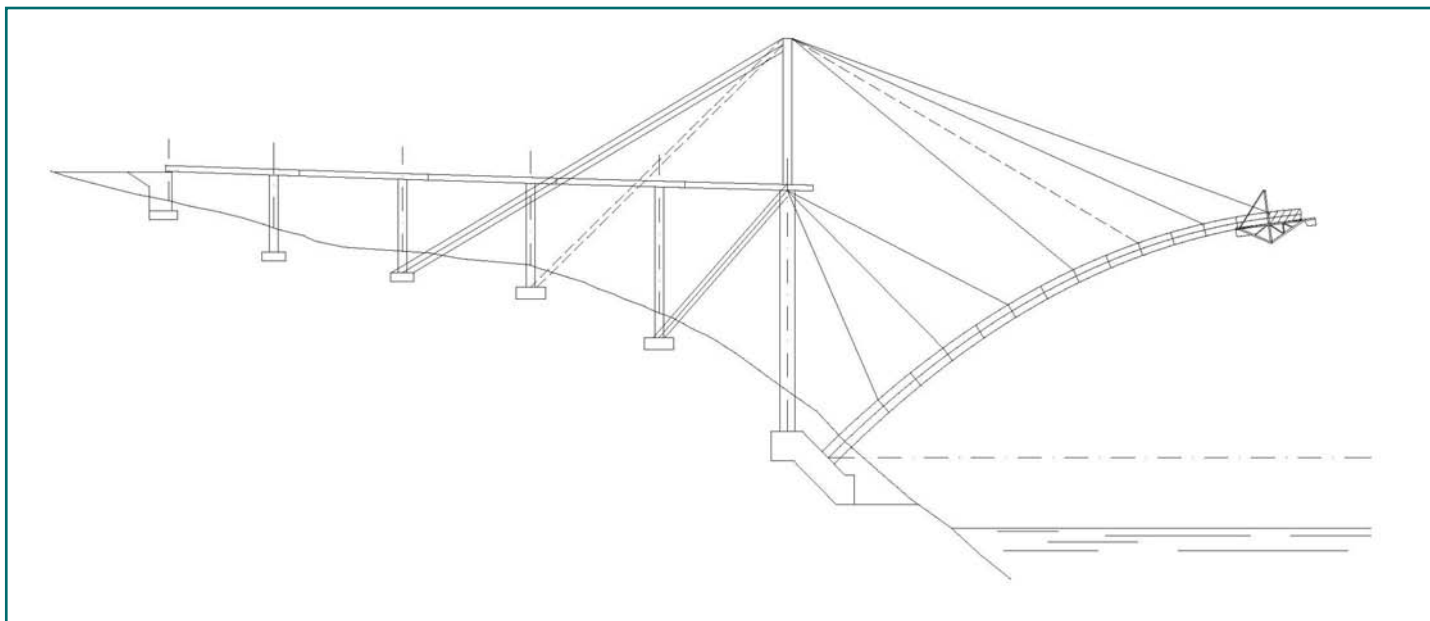


Fig. 1.
Construcción
del semiarco
por voladizo
atirantado.

2.3. Construcción por voladizos sucesivos atirantados

El procedimiento de construcción de avance por voladizos sucesivos atirantados es el primer método que realmente permitió suprimir la cimbra en la construcción de los arcos de hormigón. El método se basa en el atirantamiento de las secciones hormigonadas desde una torre provisional, y su desarrollo ha sido el que ha permitido el renacimiento de esta tipología desde mediados de la década de los 50. En este procedimiento las estructuras parciales por las que atraviesa el arco en construcción nada tienen que ver con la estructura final, siendo preciso, por tanto, un sistema de atirantamiento auxiliar.

Este método de ejecución era conocido y empleado en el montaje de las cimbras, aunque realmente no se aplicó a la construcción de un arco propiamente dicho hasta finales del XIX, cuando James B. Eads lo empleó para construir el puente metálico de San Luis, sobre el río Mississippi, donde utilizó atirantamientos provisionales hasta cerrar los voladizos. Gustave Eiffel empleó igualmente este procedimiento en la construcción de los puentes arco metálicos de María Pía y Garabit.

Sin embargo, aunque era conocido en el caso de los arcos metálicos, no fue hasta 1.952 en que se emplea este procedimiento para la construcción de puentes arco de hormigón, cuando Eugène Freyssinet lo plantea en los viaductos de la autopista Caracas – La Guaira (Venezuela). En los tres arcos de 152, 146 y 138 metros de luz se sentaron las bases para el inicio del procedimiento de avance en voladizos sucesivos atirantados en los arcos de hormigón. Sin embargo, Freyssinet empleó este método de

forma parcial, únicamente en los arranques de los arcos. El resto se hormigonó sobre una cimbra metálica apoyada en los voladizos atirantados ya construidos. Al igual que los voladizos, la cimbra se atirantaba desde las pilas extremas.

Una característica habitual de este procedimiento es la construcción del arco exento, es decir, eliminando las pilas del proceso, puesto que no desarrollan ninguna función resistente y representan una fracción importante del peso de la estructura, además de crear importantes interferencias al paso de los tirantes. Una vez cerrado el arco se procede a la ejecución de las pilas y el tablero por métodos convencionales.

2.4. Construcción por voladizos sucesivos con diagonales temporales (Ménsula triangulada)

Se trata de una variante del sistema de avance en voladizo atirantado, aunque en este caso se logra una estructura de tipo triangulado, una celosía tipo Pratt de gran canto, muy rígida y de gran eficacia estructural, cuyo empotramiento se consigue anclando el cordón de tracción al terreno.

Este método crea una estructura triangulada avanzando en ménsula desde los arranques del arco. Para resistir la tracción debida a la flexión en los arranques por el trabajo en voladizo, hasta que se produce el cierre en clave, es necesario anclar el cordón superior mediante un sistema de retenidas, transmitiendo así la tracción generada al terreno. Una vez cerrada la clave se liberan los anclajes de retenida y se suprime la triangulación provisional.

En este procedimiento el arco funciona como cordón comprimido, las pilas como montantes de la celosía y las diagonales temporales desempeñan el papel de las diagonales de tracción. Para el cordón superior, como veremos posteriormente, puede emplearse el propio tablero, o, incluso, emplear un cordón superior provisional, como se ha hecho en el Viaducto sobre el río Almonte (Cáceres), o como se ejecutó el puente Krk, en 1979, en la antigua Yugoslavia, con una luz de 390 metros. La triangulación se completa en este caso con el semiarco, las pilas definitivas del tablero y tirantes provisionales para las diagonales temporales. Una vez cerrado el arco se desmontan las retenidas, las diagonales temporales y el cordón superior, y se construye el tablero sobre el arco completo. Es frecuente la disposición de tirantes intermedios auxiliares, de menor entidad que las diagonales temporales, hasta completar el recuadro entre cada dos montantes, retirándose estos elementos al completar el recuadro y disponer las diagonales temporales.

2.5. Construcción por abatimiento (Giro de los semiarcos)

Pese a que este método ya había sido utilizado en el montaje de las cimbras de madera, no se empleó en la construcción de arcos de hormigón hasta mediados de la década de los 50, cuando Ricardo Morandi lo plantea en la construcción de varios puentes.

En líneas generales, el procedimiento consiste en la construcción vertical de los semiarcos, y una vez terminados, abatirlos mediante un giro alrededor de su extre-

Fig. 2. Proceso de abatimiento de los semiarcos.



mo inferior. Posteriormente, y una vez situados en su posición, se procede al cierre en clave. Para la realización de este giro es necesario desplazar inicialmente el conjunto mediante cilindros hidráulicos dispuestos horizontalmente, hasta que el peso del semiarco actúa a favor, creando un efecto de desequilibrio que facilita el proceso, momento a partir del cual resulta preciso el empleo de retenidas para lograr un descenso controlado del conjunto.

Aunque este procedimiento se ha utilizado en la construcción de arcos de hormigón, las grandes cargas que deben movilizarse precisan importantes retenidas y rótulas de giro, lo que la convierte en una solución difícilmente competitiva en las grandes luces. No ocurre así en el caso de estructuras más ligeras, como es el caso de los arcos metálicos.

No debemos olvidar que, en su descenso, cada uno de los semiarcos, quedará sometido a esfuerzos de flexión, crecientes al incrementar su proyección horizontal, por lo que aparecerán puntos de retenida importantes en posiciones intermedias que, en su posición final, previa al cierre, se asimilarán enormemente en su consumo de acero a los métodos de avance en voladizo atirantados.

3. Planteamiento constructivo de un sistema de ménsula triangulada con diagonales temporales

Frente a los procedimientos de atirantamiento desde mástiles provisionales, los sistemas de avance en ménsula triangulada con diagonales temporales poseen la ventaja de una mayor rigidez interna, al emplear tirantes de menor longitud, mucho más fáciles de colocar, más rígidos y menos sensibles a los efectos térmicos. Sin embargo, desde el punto de vista de la ejecución del arco propiamente dicho, los sistemas con diagonales temporales presentan la desventaja de algunos tiempos muertos en el ciclo de ejecución de las dovelas del arco, puesto que al alcanzar la posición de las pilas es preciso detener el avance para proceder a su hormigonado y al del tablero, al contar con ellos como elementos imprescindibles en la triangulación. Si el método empleado es el avance desde mástiles atirantados, el arco progresa sin paradas hasta producirse el cierre, debiendo ejecutarse posteriormente las pilas sobre el arco ya cerrado antes de proceder a la construcción del tablero.

3.1. Variantes del sistema

Dependiendo de las características del puente arco, es decir, de la longitud de sus vanos de acceso, de la existencia o no de calzadas desdobladas, de su luz,..., el sistema de ménsula triangulada con diagonales tempo-



Fig. 3. Empleo del tablero como cordón de tracción. A la derecha, fig. 4. Empleo de cordón de tracción temporal.



rales podría plantearse, desde un punto de vista constructivo, a través de dos variantes diferentes:

a) Empleo del tablero como cordón de tracción. En este caso se produce el avance en voladizo del conjunto arco-pilas-tablero. Esta opción posee la ventaja de no incluir un nuevo elemento auxiliar en el proceso constructivo, aunque si el material empleado en el tablero es el hormigón será preciso disponer un cierto pretensado adicional durante el proceso de construcción, llevando los esfuerzos de tracción hasta los estribos o tirantes de retenida, donde se producirá el anclaje al terreno. Presenta la ventaja de crear un fácil camino de acceso de los materiales al frente de trabajo, aunque en luces importantes el peso del tablero y cimbras podrían penalizar de una forma importante el comportamiento del sistema en fases avanzadas de construcción. Estas circunstancias podrían aconsejar el empleo de soluciones mixtas acero-hormigón, mucho más ligeras, y que presentan la ventaja adicional de poder emplear la parte metálica del tablero como elemento de tracción.

El proceso introduce tiempos muertos en el ciclo de construcción de las dovelas del arco debido a la necesidad de disponer u hormigonar nuevos tramos del tablero, más pesados o de ejecución más complicada que los elementos empleados en cordones superiores de tipo provisional.

Esta solución fue empleada, como veremos posteriormente, en la ejecución del Viaducto de la Peña, en la Variante Este de Bilbao (Vizcaya).

b) Empleo de cordones de tracción temporales. Esta variante del procedimiento logra independizar la eje-

cución del arco del resto del puente cuando los tramos de acceso tienen una longitud importante frente al puente arco propiamente dicho. Este método permite comenzar los trabajos en el arco sin necesidad de disponer del tablero, el cual puede ejecutarse en los vanos de acceso al mismo tiempo. Es igualmente aplicable en situaciones de calzadas desdobladas con arcos gemelos, donde permite la reutilización de los medios auxiliares empleados. Por otra parte reduce los esfuerzos que deberá soportar la ménsula triangulada, al disminuir las cargas presentes frente a las de un tablero de tipo convencional.

En esta opción, con vanos de acceso de longitud importante, el sistema de retenida no se lleva hasta los estribos, sino que se ancla al terreno en posiciones intermedias de las pilas de los vanos de acceso. Como veremos posteriormente, este sistema permite el empuje del tablero sobre el arco.

Esta variante ha sido la adoptada en la ejecución del Viaducto sobre el río Almonte, en la Autovía de la Plata (Cáceres).

3.2. Sistema de triangulación provisional

El objetivo del sistema de triangulación es transformar las cargas actuantes en el voladizo en una serie de esfuerzos axiales de tracción y compresión, eliminando, en la medida de lo posible, las flexiones en los semiarcos. En realidad, el cordón inferior formado por las secciones del arco se encuentra sometido a importantes cargas de peso propio, dando lugar a esfuerzos locales de flexión que precisan ser controlados para mantenerlos dentro de límites aceptables.

Puesto que el arco se emplea como cordón comprimido de la celosía y las pilas como montantes, el sistema de triangulación provisional deberá proporcionar aquellos elementos inexistentes en la celosía, por lo que se encuentra formado generalmente por los siguientes elementos auxiliares:

- Tirantes de retenida.
- Tirantes provisionales de recuadro abierto.
- Diagonales temporales.
- Cordón superior auxiliar.

La misión de los **tirantes de retenida** es transmitir los esfuerzos de tracción que se generan en el cordón superior hasta los anclajes al terreno. Suelen situarse partiendo de alguna de las pilas de los tramos de acceso, aunque a veces no existen como tales, sino que la tracción se ancla en los estribos y éstos directamente al terreno. Los tirantes de retenida suelen resolverse mediante cables de alto límite elástico, siendo elementos de tipo activo sobre los que se actúa en diferentes fases del proceso de avance para recoger las deformaciones del voladizo triangulado.

Los **tirantes provisionales de recuadro abierto** son diagonales auxiliares, de menor importancia que las diagonales temporales que triangulan el recuadro, y que se eliminan al final de la ejecución de éste, cuando se procede a la instalación de las diagonales temporales. Su misión es reducir los esfuerzos de flexión en las secciones del arco durante el avance, mientras se completa un módulo de la triangulación. Dependiendo del peso de la dovela y del carro empleado suelen disponerse en cada dovela o cada dos dovelas. Debido a su capacidad reducida suelen emplearse para estos elementos barras de pretensado o cables de alto límite elástico.

Las **diagonales temporales** son un elemento fundamental en el comportamiento del voladizo triangulado. Se disponen al finalizar un nuevo recuadro y antes de proceder al hormigonado de una nueva pila, permitiendo en ese momento la retirada de los tirantes provisionales empleados hasta ese momento. Para su diseño se emplean tirantes formados por cables de alto límite elástico o perfiles laminados, como se verá más tarde. Son elementos que precisan una regulación activa en determinadas fases del proceso, puesto que, al no ser elementos inextensibles, la distancia entre los nudos de la estructura aumentará, creciendo los esfuerzos de flexión en el arco.

El **cordón superior auxiliar** es un elemento que no siempre aparece en este método de construcción. Si la opción elegida es el avance arco-pilas-tablero es éste último el que desempeña esta misión. El diseño de esta estructura metálica debe considerar la vinculación elegida



Fig. 5. Sistema de triangulación temporal.

en la coronación de las pilas del arco, así como sistemas sencillos y fiables para la unión entre los tramos y los tirantes provisionales o diagonales temporales.

Debido a la existencia de contraflechas, deformaciones del conjunto y a las diferentes tolerancias de ejecución entre las estructuras de acero y hormigón, es preciso dotar a todos estos elementos de las holguras adecuadas que permitan su fácil montaje y un correcto funcionamiento.

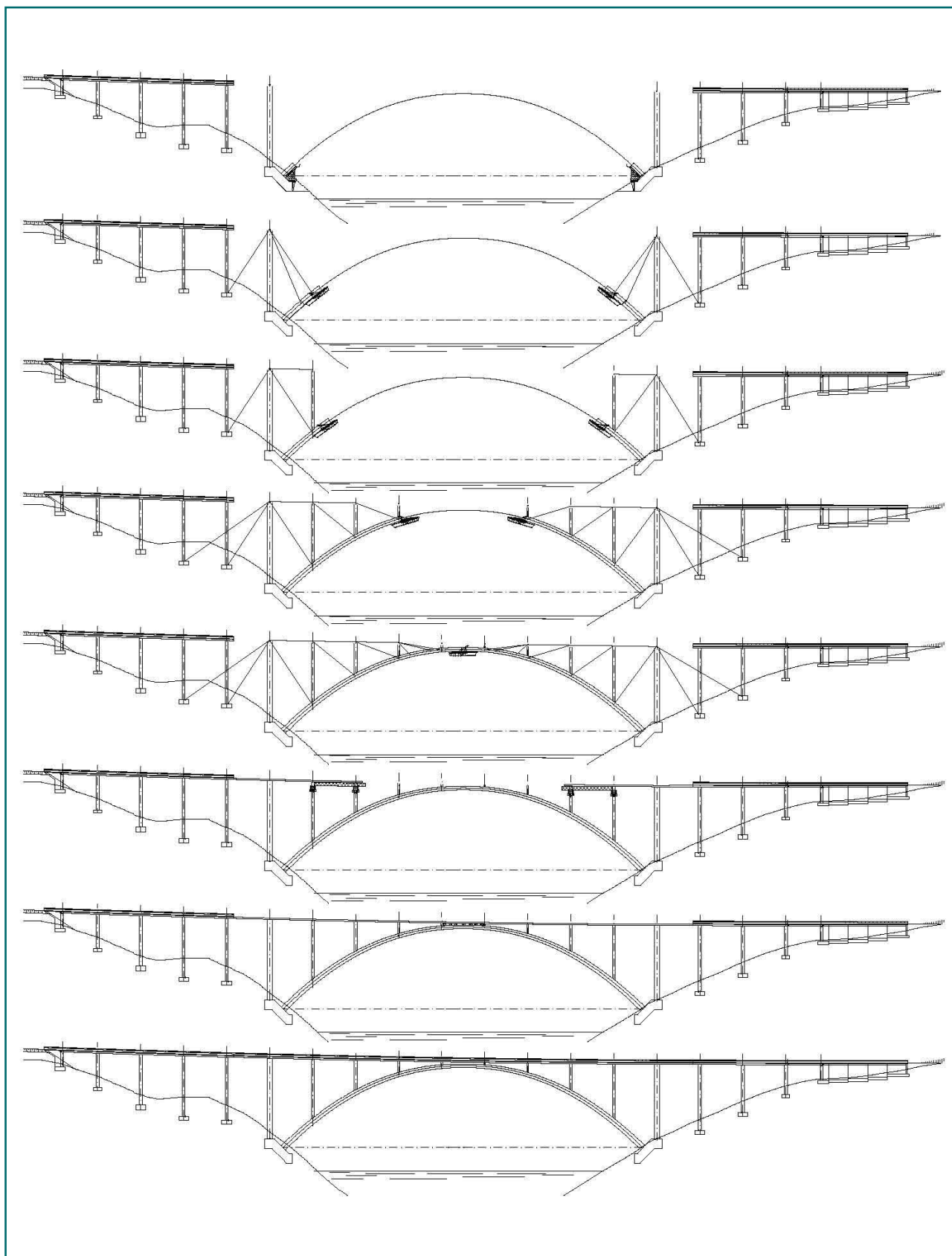
3.3. Proceso constructivo

A continuación describiremos aquellas fases de construcción específicas de este proceso, no considerándose aquí otros procedimientos más conocidos como puedan ser las excavaciones y ejecución de cimentaciones, ejecución de estribos y pilas, etc.

La construcción del arco comienza con el hormigonado de la dovela de arranque sobre cimbra convencional, al no resultar posible el montaje de los carros sin la presencia de este elemento. Sobre estas dovelas se realiza el montaje completo de los carros de avance, procediéndose a la ejecución de la primera dovela del arco. La longitud típica de estos elementos se encuentra habitualmente en el entorno de los 5 a 6 metros.

Finalizado el hormigonado de la dovela, el carro avanza a la siguiente posición, donde se procede a su nivelación y reglaje, incluyendo las contraflechas de ejecución previstas, suma de las propias del arco y del carro. Si es necesario se procederá igualmente al montaje y tesaado de los tirantes provisionales. Estos elementos, dependiendo del peso de la dovela y de los carros empleados, suelen disponerse en cada dovela, o cada dos dovelas,

Fig. 6.
Construcción
por
triangulación
temporal. Fases
del proceso.



permitiendo el control de los esfuerzos de flexión en el voladizo hasta completar un recuadro y disponer las diagonales temporales del sistema.

Cuando se completa un recuadro con el carro avanzado por delante de la posición de pila, se procede a la instalación de las diagonales temporales, tesa-das las cuales permiten la retirada de los tirantes provisionales. A partir de ese momento se realiza el trepado de las pilas. Debe indicarse que su ejecución no se efectúa necesariamente según la vertical, sino que puede ser preciso realizarla teniendo en cuenta el ángulo que forme la tangente al arco en esa situación del proceso constructivo.

Después del hormigonado de la pila se instala un nuevo módulo del cordón superior provisional o se procede a la ejecución de un nuevo tramo del tablero mediante el avance de las cimbras o el montaje de un nuevo tramo metálico, dependiendo de la solución estructural elegida. En esta fase se procede a la regulación de esfuerzos en las retenidas y diagonales temporales cuando es necesario, finalizado lo cual se procede al avance y hormigonado de las siguientes dovelas hasta completar un nuevo recuadro.

El proceso se repite hasta completar ambos semiarcos, después de lo cual se procede a la apertura en clave mediante cilindros hidráulicos y al hormigonado de la dovela de cierre. A partir de este momento puede realizarse la retirada de los elementos auxiliares y la ejecución del tablero o su finalización de acuerdo con la opción elegida.

3.4. Apertura en clave

La construcción del arco fase a fase provoca que, al final del proceso, la estructura se encuentre sometida a unos esfuerzos de peso propio que nada tienen que ver con los que le corresponderían si se hubiera construido completa sobre una cimbra fija. Es por ello que, una vez alcanzada la situación de máximo voladizo de los semiarcos, previamente al hormigonado de la dovela de cierre, se proceda a efectuar una apertura en clave mediante la introducción de esfuerzos autoequilibrados en los extremos de los voladizos. Con ello se busca compensar parte de las deformaciones y esfuerzos que los efectos reológicos introducirán después del cierre del arco.

La apertura en clave resulta una actividad delicada en la construcción de cualquier arco, por lo que precisa un análisis detallado para una correcta ejecución. Debido a la duración de la operación puede resultar conveniente, al menos con luces importantes, elegir con cuidado la hora de comienzo, adoptando el momento en que la temperatura de la estructura se corresponda con los valores adecuados. Para ello resulta enormemente útil el



Fig. 7. Apertura en clave.

registro térmico diario que puede proporcionar un sistema de auscultación.

La introducción de los esfuerzos previstos se efectúa habitualmente mediante el empleo de cilindros hidráulicos con capacidad y recorrido adecuados, y dotados de las correspondientes tuercas de seguridad para el bloqueo de los mismos una vez alcanzadas las cargas previstas. Para su apoyo podría resultar conveniente el diseño de muros transversales o riostras en el interior de la dovela, permitiendo así liberar su perímetro para facilitar las actividades de colocación de armadura y encofrados y el posterior hormigonado de la dovela de clave. Habitualmente esta dovela tiene longitudes en el entorno de los 2,00 metros, espacio suficiente para una cómoda realización de las operaciones. Debe prestarse una atención adecuada a las rotaciones y deformaciones que se producen durante el proceso en ambos semiarcos, evitando así posibles riesgos de atrapamiento o daños en los elementos hidráulicos.

De forma simplificada, las actividades consideradas en este proceso podrían ser las siguientes:

- Aproximación del carro correspondiente a uno de los semiarcos.
- Descenso del carro bajo la estructura para permitir acomodar los giros y movimientos verticales previstos en ambos semiarcos.
- Introducción de los esfuerzos previstos mediante cilindros hidráulicos.
- Bloqueo de las tuercas de seguridad de los cilindros hidráulicos.
- Elevación del carro y fijación del mismo.

- Colocación de las armaduras y encofrados correspondientes a la losa inferior y hastiales de la dovela.
- Hormigonado de la sección en "U".

Una vez alcanzada la resistencia prevista del hormigón se procede a la retirada de los cilindros hidráulicos, así como al hormigonado de la losa superior mediante encofrado perdido.

4. Posibles mejoras del proceso de avance en voladizo en ménsula triangulada con diagonales temporales

Los procedimientos de construcción por avance en voladizo en la ejecución de arcos de hormigón han pasado a ser, en los últimos tiempos, prácticamente los únicos considerados, habiendo caído en desuso en las grandes luces los llamados "métodos clásicos". Dentro de los procedimientos de avance en voladizo el método de avance en ménsula triangulada con diagonales temporales parece ser el de más amplia aceptación, y es esa circunstancia la que parece aconsejar un nuevo análisis que permita introducir una serie de mejoras y ponga al día un procedimiento constructivo que resulta muy interesante en la construcción de arcos de hormigón de gran luz. La experiencia en el empleo de este sistema en la construcción de arcos de hormigón permite plantear la necesidad de mejoras en los aspectos que se consideran a continuación.

4.1. Empleo de diagonales temporales rígidas

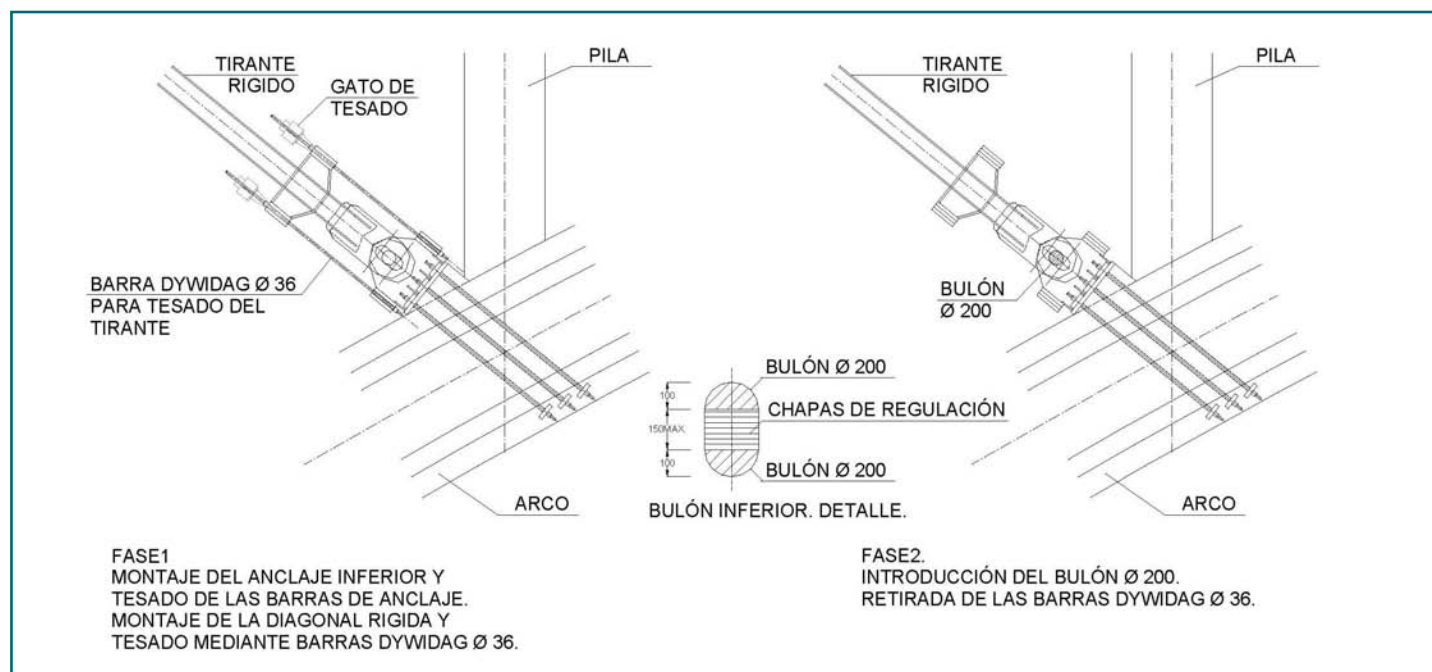
Durante el avance del tramo en voladizo, la ejecución de un nuevo recuadro añade nuevas cargas que deberán ser resistidas por el tramo de estructura ya construido. En particular, los esfuerzos que transmiten las diagonales temporales aumentan con la ejecución de cada nueva dovela. Debido a que habitualmente se resuelven con cables de alto límite elástico (y por tanto, con áreas pequeñas), resultan elementos muy flexibles. El aumento de los esfuerzos que las solicitan produce alargamientos mayores que las deformaciones que se producen en el resto de elementos que componen el sistema (cordón o tablero, pilas y arco). Si no se actuara sobre las diagonales temporales, es decir, si se tratara de elementos pasivos, estas deformaciones harían que el voladizo no se comportara como una celosía Pratt, sino que su comportamiento se asimilaría al de una viga Vierendeel, apareciendo flexiones inaceptables en las secciones del arco. Esta circunstancia obliga a actuar sobre ellas, es decir, obliga a que sean de tipo activo. Es preciso, por tanto, eliminar estas deformaciones en las diagonales en regula-



Fig. 8. Tirantes auxiliares y diagonales rígidas.

ciones sucesivas a lo largo del proceso de construcción mediante retesados de las mismas.

Los criterios de regulación habitualmente empleados se basan en considerar una rigidez axil infinita en las diagonales, evitando así que la longitud entre los nudos varíe cuando crecen los esfuerzos que las solicitan. En la práctica, la presencia de áreas finitas en estos elementos hace que esta hipótesis resulte imposible de cumplir, por lo que será preciso actuar en pequeños incrementos, de tal forma que, ante un nuevo escalón de carga, sean algo más cortas que su valor teórico, y después del nuevo escalón sean algo más largas. De esta manera, al oscilar su longitud sobre el valor teórico a un lado y otro, con variaciones suficientemente pequeñas, el comportamiento en la práctica equivale a una rigidez axil infinita. Sin embargo, aunque se trate de la solución habitualmente empleada, resulta técnicamente poco elegante, y desde el punto de vista de la ejecución, responsable de un consumo importante de tiempo en el ciclo de construcción.



Una solución a este problema podría ser el empleo de perfiles laminados de acero estructural como diagonales temporales, debido a su mayor área y, por tanto, mayor rigidez interna del sistema. Así, comparando un perfil HEB-360, calidad S-355 J2G3, con su equivalente en cables de alto límite elástico, 33T15, la relación entre los alargamientos de ambos sería, para un axil dado:

$$\frac{\Delta L_{\text{CABLE}}}{\Delta L_{\text{PERFIL}}} = \frac{NL/(EA)_{\text{CABLE}}}{NL/(EA)_{\text{PERFIL}}} = \frac{(EA)_{\text{PERFIL}}}{(EA)_{\text{CABLE}}} = \frac{2,1 \times 10^7 \times 180,6 \times 10^{-4}}{1,95 \times 10^7 \times 49,5 \times 10^{-4}} = 3,929$$

La cifra mostrada resulta suficientemente significativa, lo que se traduce, en el caso de diagonales formadas por cables de alto límite elástico, en un importante número de fases de regulación mediante el retesado de los cables.

Pese a un coste de instalación inicial teóricamente algo más elevado, el empleo de perfiles laminados de acero estructural como diagonales temporales presenta amplias ventajas frente a las soluciones formadas por cables de alto límite elástico en el desarrollo de una triangulación, más aún si estos elementos se resuelven en sus uniones extremas mediante detalles articulados con bulones. La disminución o la ausencia de fases de retesado en el proceso hace que su coste algo más elevado se diluya rápidamente en el proceso, resultando elementos mucho más eficaces y, por tanto, de mayor economía global.

Estos elementos fueron utilizados por primera vez en la construcción de un arco de hormigón en España en las obras que ENTRECANALES Y TAVORA, S.A. (actualmente

ACCIONA Infraestructuras, S.A.) llevó a cabo en la Variante Este de Bilbao, en el Viaducto de la Peña, con dovelas inusualmente anchas y pesadas debido a las dimensiones excepcionales de la solución. Las experiencias obtenidas en esta obra hicieron que se planteara esta opción en la construcción del Viaducto sobre el río Almonte (Cáceres), donde dichos elementos únicamente precisaron un tesado inicial, sin necesidad de regulaciones posteriores a lo largo del proceso constructivo.

De forma diferente a como se aplicaron en el Viaducto de la Peña, donde la presencia del tablero de hormigón pretensado facilitaba el tesado de las diagonales desde ese nivel, la ausencia del tablero en el Viaducto sobre el río Almonte hizo que fuera necesario desarrollar nuevos detalles para el tesado inicial de las diagonales rígidas. Para ello se emplearon barras auxiliares de pretensado y chapas de regulación. El sistema desarrollado demostró su idoneidad para el proceso previsto, permitiendo el correcto posicionamiento de las diagonales y el tesado de las mismas con gran precisión. Para estas operaciones resultó de gran utilidad el sistema de auscultación dispuesto, proporcionando un contraste de los valores de las presiones de los cilindros hidráulicos con las tensiones reales en las diagonales y su correlación con la variación prevista de los esfuerzos en los tirantes de retenida.

4.2. Carros de avance

Para adquirir su forma definitiva, el hormigón precisa de una serie de elementos, como son los encofrados, que lo contengan hasta que se produzca su fraguado. En el

Fig. 9.
Viaducto sobre el río Almonte.
Tesado de las diagonales rígidas.

caso de la construcción por avance en voladizo estos elementos precisan, a su vez, de un sistema de soporte y traslación, dotado de los correspondientes mecanismos de ajuste y nivelación, los llamados carros de avance. En la construcción de los puentes arco podemos encontrar tres tipos diferentes, función de la sección adoptada para el arco. Cada uno de ellos presenta sus ventajas e inconvenientes.

a) Carros convencionales. Son los habitualmente empleados en la construcción de puentes arco de hormigón. Podrían considerarse una evolución de los carros empleados habitualmente en la construcción de puentes por voladizos sucesivos, aunque en este caso están dotados de inclinación variable, permitiendo la ejecución de dovelas de canto variable, tanto en altura como en anchura, adaptándose en las sucesivas posiciones a la geometría del arco. Los equipos habitualmente disponibles permiten la ejecución de dovelas de hasta 6 metros de longitud, con pesos en el entorno de las 300 toneladas. Permiten el hormigonado de la dovela completa, aunque su importante peso puede penalizar el proceso constructivo.

b) Carros tipo losa. Se trata de elementos muy sencillos, puesto que su finalidad es el hormigonado en voladizo de una losa, aligerada o maciza. Su empleo corresponde a los llamados "arcos con tablero de rigidez", donde el dintel posee una función resistente comparable a la del arco frente a la actuación de las cargas verticales. Puesto que en estas soluciones, desarrolladas inicialmente por Maillart, el arco suele resolverse mediante una losa, estos carros de avance no precisan encofrado interior.

c) Carros tipo "autotrepa". Corresponden a las últimas generaciones en el diseño de carros de avance de geometría variable. Aprovechan las técnicas disponibles en los sistemas habitualmente empleados en los procesos de trepado. Una de estas soluciones ha sido empleada con éxito en el Viaducto sobre el río Almonte (Cáceres). Mediante la división del hormigonado de la dovela en tres fases diferentes (losa inferior, hastiales y losa superior) permiten un diseño muy ligero y funcional, con pesos inferiores a las 30 toneladas para dovelas de longitud cercana a los 6 metros, frente a las casi 60 toneladas de un carro de tipo convencional. La separación de las fases decaladas en diferentes dovelas permite un hormigonado conjunto de la losa superior y los diafragmas correspondientes a las secciones de pila. Su versatilidad permite ciclos similares a los obtenidos con carros de tipo convencional.

Es de esperar que en un futuro próximo, las técnicas de los encofrados y sus medios de avance permitan de-



Fig. 10. Empleo de carro de avance tipo "autotrepa".

sarrollar soluciones mucho más ligeras y versátiles, que penalicen en menor medida los esfuerzos en los voladizos y acorten los plazos de ejecución. La solución empleada en el Viaducto sobre el río Almonte así parece indicarlo.

4.3. Empuje del tablero sobre el arco

Si el método elegido para la ejecución del arco y las pilas no ha considerado la ejecución simultánea del tablero, es decir, el proceso de avance no ha sido el de arco-pilas-tablero, será preciso, una vez cerrado el arco, proceder a la ejecución del mismo. Aceptando que se trata de un tablero de hormigón, éste podría ser construido por cualquiera de los métodos siguientes:

- Hormigonado vano a vano con cimbra móvil.
- Montaje de elementos prefabricados con vigas de lanzamiento.
- Empuje del tablero sobre el arco.

El empuje de vigas continuas sobre el arco representa una buena solución con respecto a los requerimientos de seguridad de los trabajadores, a una mejora en la calidad estructural, a la reducción de los plazos de ejecución y a los posibles ahorros en la construcción de la obra. Igualmente, desde el punto de vista de diseño, ofrece la posibilidad de incrementar la separación entre las pilas en el arco y en los vanos de acceso eliminando la restricción derivada de los costes crecientes de las cimbras o vigas de lanzamiento precisas para la construcción del tablero, así como una optimización en la interacción entre el arco y el tablero.

La asimetría de cargas durante el empuje del tablero desde uno de los estribos podría ser evitada efectuando el empuje desde ambos estribos hacia el centro. Sin embargo, la presencia de cargas simétricas en solo parte del arco provoca igualmente esfuerzos de flexión en la bóveda, y esta circunstancia, sumada a que el coste de dos parques de empuje resulta poco competitivo, hace que deba plantearse desde uno de los estribos únicamente. Esta asimetría de cargas podría ser equilibrada mediante un sistema de atirantamiento temporal que equilibre el sistema y arriestre las pilas más altas del arco. Otra posible opción sería la disposición de contrapesos o, incluso, el llenado de tramos del arco con agua aprovechando la presencia de los diafragmas de las pilas.

El empuje del tablero sobre el arco genera menores desequilibrios en las cargas verticales que los métodos alternativos de construcción del tablero, puesto que no se añade el peso de ningún equipo auxiliar al peso propio de la estructura. Por el contrario, los esfuerzos horizontales son mayores debido a los esfuerzos de empuje. Ambos, esfuerzos de empuje y asimetría de cargas verticales, podrían ser equilibrados mediante el atirantamiento provisional de pilas y arco. El atirantamiento temporal en este caso no afecta a los costes de construcción, puesto que dichos elementos han sido empleados en la ejecución del arco por avance en voladizo.

Las ventajas del empuje del tablero aumentan más aún si éste es de tipo mixto acero-hormigón. Las cargas verticales sobre el arco son menores, al igual que el desequilibrio de las cargas y las fuerzas de empuje, lo que logra que la eficiencia global de la estructura se incremente. El empuje del tablero podría, por tanto, abrir nuevas perspectivas en la construcción de este tipo de estructuras.

4.4. Sistemas de instrumentación y control

La ejecución de procesos constructivos evolutivos, como son los empleados en el caso de los arcos de hormigón construidos por avance en voladizo, aconsejan el empleo de los medios de auscultación y control disponibles hoy en día en el mercado, algo más sofisticados que los habituales controles geométricos. En cualquier caso, dichos medios complementan los controles geométricos efectuados por medios topográficos, siendo una herramienta tremendamente útil para el control de procesos evolutivos.

Hoy en día se encuentran a nuestra disposición elementos precisos y fiables que permiten controlar múltiples parámetros estructurales siempre complementados por las técnicas topográficas de control geométrico. Es importante que el control sea redundante, es decir, que se disponga de datos que puedan ser corroborados entre sí

y nos permitan comprobar o interpretar una determinada etapa, pudiendo decidir si se ha producido o no una anomalía.

Durante la ejecución del Viaducto sobre el río Almon-te (Cáceres) se empleó un sistema de auscultación controlado por un sistema de adquisición dinámica de datos, el cual facilitaba información en tiempo real, vía internet, de todos los parámetros auscultados, permitiendo el control a distancia de aquellas fases de construcción consideradas como más relevantes o sensibles en el proceso.

El sistema de auscultación empleado contaba con células de carga en los tirantes de retenida, extensómetros en las diagonales temporales, cordón de tracción y secciones de control del arco, clinómetros en las pilas de retenida y sondas térmicas. Todo ello, conjuntamente con los controles topográficos previstos, permitió, sobre la base de datos redundantes, eliminar cualquier tipo de incertidumbre en el proceso constructivo.

Hay que destacar aquí la importancia de los registros históricos de temperatura en las secciones del arco para el planteamiento del cierre en clave, permitiendo elegir el momento más idóneo para la puesta en carga. Igualmente el sistema permitió controlar con todo detalle el proceso de apertura en clave, así como el control de todos los parámetros involucrados mostrando una magnífica coincidencia con los valores teóricos previstos y los controles geométricos desarrollados.

4.5. Hormigones ligeros y de alta resistencia

Los avances que se producen día a día en el campo de los hormigones de alta resistencia o en los hormigones ligeros y su frecuente incorporación a nuestras obras, podrían considerarse posibles mejoras del sistema, como de hecho así ha ocurrido en las recientes realizaciones de esta tipología en nuestro país. Así, por ejemplo, el empleo de hormigones ligeros, al menos en las fases avanzadas del proceso, podría reducir en forma apreciable el peso del tramo, afectando, por tanto, a los sistemas de atirantamiento auxiliares.

Los hormigones de alta resistencia podrían tener efectos similares en las secciones del arco, reduciendo los espesores precisos en las losas y hastiales de las dovelas, o mejorando la resistencia a tracción del hormigón, un parámetro importante durante la ejecución. Debe destacarse que durante el proceso constructivo las tracciones en el hormigón suelen limitarse al valor característico de la resistencia media, garantizando así que durante las fases de avance no se produzca una pérdida de la rigidez de los elementos, siempre de difícil evaluación, alterando los valores de los desplazamientos previstos y planteando problemas sobre la idoneidad de determinadas situaciones de construcción.

5. Aplicación del sistema de ménsula triangular.

Casos reales

Como se ha indicado anteriormente, el sistema de ménsula triangulada con diagonales temporales ha sido aplicado con éxito por ACCIONA Infraestructuras, S.A. en la construcción de dos puentes arco de hormigón armado de importantes características.

5.1. Viaducto de La Peña. Variante este de Bilbao (Vizcaya)

El Viaducto de la Peña fue ejecutado por la UTE formada por ENTRECANALES Y TAVORA, S.A. (actualmente ACCIONA Infraestructuras, S.A.) y Construcciones Moyúa entre Julio de 1993 y Febrero de 1995 para el Departamento de Obras Públicas de la Diputación Foral de Vizcaya.

Proyectado por APIA XXI para cruzar la ría del Nervión entre Miraflores y San Adrián, la solución elegida fue un arco de hormigón armado y tablero superior postensado, adoptándose como sistema de construcción el avance simultáneo en voladizo del conjunto arco-pilas-tablero mediante una triangulación provisional, anclando los dos semiarcos a través de los tableros de acceso y sus estribos al terreno mediante anclajes provisionales.

Las diagonales temporales empleadas en la triangulación provisional estaban formadas por perfiles laminados HEM, con longitudes máximas en el entorno de los 50 metros. El tablero, de sección maciza, se encontraba sometido a unos esfuerzos de pretensado longitudinal de unas 7.000 toneladas, incluyendo el pretensado adicional para el anclaje de ambos semiarcos. Los anclajes dispuestos en ambos estribos transmiten la fuerza de anclaje provisional de ambos semiarcos a la roca.

El tablero de 318,5 metros de longitud, de sección maciza nervada, está constituido por 15 vanos con una anchura de 25 metros y una luz media de 22 metros, apoyado sobre pilas circulares de hormigón, con diámetros entre 1,40 y 1,80 metros. El arco, de hormigón armado, posee una luz de 148 metros, con una flecha de 45 metros. La anchura de las dovelas es de 15 metros, encontrándose formada la sección transversal rectangular por tres células. La longitud de las dovelas adoptada fue de 6 metros.

El Viaducto de la Peña fue abierto al tráfico en Mayo de 1995.

5.2. Viaducto sobre el río Almonte. Autovía de La Plata (Cáceres)

El Viaducto sobre el río Almonte fue ejecutado por ACCIONA Infraestructuras, S.A. dentro de los trabajos de-



Fig. 11. Viaducto de la Peña.

sarrollados en el tramo Hinojal – Cáceres Norte de la Autovía de la Plata, entre Marzo de 2002 y Julio de 2006 para el Ministerio de Fomento.

Diseñado por la oficina de proyectos Siegrist y Moreno, S.L., el Viaducto sobre el río Almonte es la estructura más importante del tramo, permitiendo el paso de la Autovía sobre el embalse de Alcántara, a la altura del río Almonte. Se encuentra formado por dos arcos gemelos de hormigón armado, de tablero superior, con una luz de 184 metros y una flecha en clave de 42 metros. La sección transversal está formada por un cajón rectangular de hormigón armado, con un canto variable entre 3,00 metros en la sección de arranque y 1,80 metros en la sección de clave. El tablero posee una anchura de 13,50 metros, encontrándose contenido dentro de un acuerdo parabólico de tipo cóncavo. La estructura del mismo se resuelve mediante una losa aligerada continua de hormigón postensado, con una longitud de 388 metros dividida en 18 vanos para la calzada izquierda, y 432 metros con 20 vanos en la calzada derecha. La luz típica del tablero a su paso sobre los arcos es de 22,00 metros. Para la sección transversal de las pilas se adoptan secciones rectangulares en cajón, llegando a convertirse en secciones rectangulares macizas al disminuir sus dimensiones en las zonas cercanas a la clave del arco.



Fig. 12. Viaducto sobre el río Almonte.

El proceso constructivo propuesto en el proyecto contemplaba la ejecución de los arcos exentos mediante avance en voladizo atirantado, empleando para ello tirantes formados por cables que partían de torres provisionales de hormigón situadas sobre las pilas correspondientes a los arranques del arco. Posteriormente, una vez realizado el cierre en clave, se efectuaba el trepado de las pilas, y mediante el empleo de autocimbras, se procedía al hormigonado del tablero de forma simétrica desde ambos estribos.

La presencia de dos arcos, así como el programa de trabajos considerado y la importancia de los accesos aconsejaron independizar la construcción del arco de la del resto de la estructura, empleando para ello un sistema de ménsula triangulada. Como es habitual en este tipo de estructuras, la ejecución del arco forma parte del camino crítico, por lo que la construcción simultánea del tablero en los vanos de acceso y el arco de forma independiente aseguraría el cumplimiento de los programas de trabajo. Esta circunstancia planteó la utilización de un dintel metálico provisional como cordón de tracción, en lugar de emplear la secuencia de avance arco-pilas-tablero. La repetición de los trabajos en la segunda calzada permitió la reutilización de estos elementos.

Los trabajos correspondientes al Viaducto sobre el río Almonte finalizaron durante el mes de Febrero de 2005, habiéndose efectuado las correspondientes pruebas de carga estáticas y dinámicas durante los primeros días del mes de Marzo de 2005. Las actividades correspondientes al arco de la calzada izquierda comenzaron durante el mes de Marzo de 2003, completándose el cierre del mismo en el mes de Abril de 2004. El cierre de la calzada de recha se efectuó a mediados de Agosto de 2004.

El Viaducto sobre el río Almonte ha sido abierto al tráfico a finales de Julio de 2006. ♦

Referencias:

- FERNANDEZ TROYANO, L. *Tierra sobre el agua. Visión histórica universal de los Puentes*. Colegio de Ingenieros de Caminos, C. y P., 1999.
- ARENAS, JUAN J. *Caminos en el aire. Los puentes*. Colegio de Ingenieros de Caminos, C. y P., 2002.
- TORROJA, E. *Las estructuras de Eduardo Torroja*. CEDEX - CEHOPU. Ministerio de Fomento, 1999.
- MATHIVAT, J. *Construcción de puentes de hormigón pretensado por voladizos sucesivos*. Editores Técnicos Asociados, S.A., 1980.
- MELBOURNE, C. *Arch bridges*. Thomas Telford, 1995.
- BROWN, DAVID J. *Bridges*. Mitchell Breazley, 1996.
- ROSIGNOLI, M. *Bridge launching*. Thomas Telford, 2002.

Determinación de la avenida de diseño y calibración de caudales en la cuenca del río Viejo para la protección de las obras civiles contra máximos eventos en el marco del afianzamiento del proyecto hidroeléctrico Larreynaga en Nicaragua, Centroamérica

Design flood assessment and flow calibration in the Viejo River Basin for flood protection of civil works in the frame of the Larreynaga Hydropower Development Project in Nicaragua, Central America

César A. Alvarado Ancieta. Ing. Civil. M.Sc.
*División de Ingeniería de Aprovechamientos Hidroeléctricos,
FICHTNER GmbH & Co.KG, Stuttgart, Alemania. alvaradoc@fichtner.de*

Resumen: La presencia creciente de fenómenos naturales, específicamente de tormentas tropicales en el sur de Norteamérica, Centroamérica y El Caribe ha puesto en relevancia la importancia de la avenida de diseño durante eventos máximos para la cual fueron construidas y serán proyectadas diversas obras de ingeniería, lo cual ha conllevado a la verificación de la avenida máxima de diseño, que es de singular importancia para eventos o fenómenos de corta duración en el tiempo, en cuencas pequeñas, presencia de avenidas instantáneas, donde la capacidades de retención y escurrimiento difieren. Para efectos de afianzamiento del proyecto hidroeléctrico Larreynaga, y teniendo en cuenta la presencia regular del huracán Mitch en la zona del proyecto, se presenta aquí el análisis aplicado para la determinación de la avenida de diseño y calibración de caudales para la protección contra máximas avenidas de las obras civiles del proyecto en la cuenca del río Viejo, en Nicaragua, Centroamérica.

Palabras Clave: Nicaragua, Avenida de diseño, Máxima avenida, Calibración de caudales

Abstract: The increasing number of natural phenomena and particularly tropical storms in the south of the United States, Central America and the Caribbean makes it vital that engineering works are calculated and built according to correct design floods for maximum events. This is of particular importance for rapid events or phenomena in small basins with the presence of flash floods and where there are different holding and run-off capacities. This article present the analysis applied to establish the design flood and flow calibration in the River Viejo basin in Nicaragua to guarantee the civil works forming part of the Larreynaga hydroelectric project with due consideration being given to the regular presence of hurricane Mitch in the project area.

Keywords: Nicaragua, Design flood, Maximum flood, Flow calibration

Objetivo

Estimación de la avenida de diseño y calibración de caudales en la cuenca del río Viejo para protección contra máximos eventos de las obras principales del proyecto hidroeléctrico Larreynaga: avenida de diseño de la presa, verificación de la capacidad hidráulica del cruce de un puente existente en el río El Cacao ubicado aguas arriba, en la cola, del futuro embalse, y seguridad contra inundaciones del río Viejo en la zona de la futura casa de máquinas. Por lo tanto el análisis que se efectúa en el presente artículo es para protección de las obras ci-

Objective

Estimation of the design flood and flow calibration in the River Viejo basin to protect the main civil works of the Larreynaga hydroelectric project against maximum events: flood design of the dam, verification of the hydraulic capacity of an existing bridge crossing the River El Cacao set upstream at the tailrace of the future reservoir, and safety against the flooding of the river Viejo in the area of the future powerhouse. The analysis made in the present article is geared towards the protection of the civil works and is not related to hydroelectric production.



viles y no se encuentra relacionado con la producción hidro-energética.

Introducción y descripción del área del proyecto

El proyecto de la C.H. Larreynaga, desarrollado por la Empresa Nicaragüense de Electricidad - ENEL, se ubica al sur del Municipio y Departamento de Jinotega, República de Nicaragua, Centroamérica, y se localiza al noreste de la capital, ciudad de Managua, a una distancia de 161 km, ver Figura 1. Específicamente, el aprovechamiento hidroeléctrico se encuentra ubicado aguas abajo de la existente C.H. Centroamérica sobre el río El Cacao, tributario del río Viejo. La cuenca del proyecto está localizada en la parte noroeste de Nicaragua entre los 13°05' y 13°10' latitud norte y entre los 86°00' y 86°05' longitud Oeste. El río Tuma, adyacente a la parte alta de la cuenca del Río Viejo, fue represado en los años 60 por la presa Mancotal, formándose de esta manera el Lago Artificial de Apanás con un área aproximada de 35 km².

Las aguas del lago artificial de Apanás son trasvasadas a través de una línea de aducción hacia la cuenca baja del río El Cacao, caudales que previamente son turbinados a través de la C.H. Centroamérica y descargadas al río El Cacao, río el cual a su vez unos kilómetros aguas abajo en su curso tributa sus aguas al río Viejo. El caudal turbinado de la C.H. Centroamérica es el principal aporte - caudal regulado - para generación energética en el proyecto hidroeléctrico Larreynaga, que será la primera central hidro-

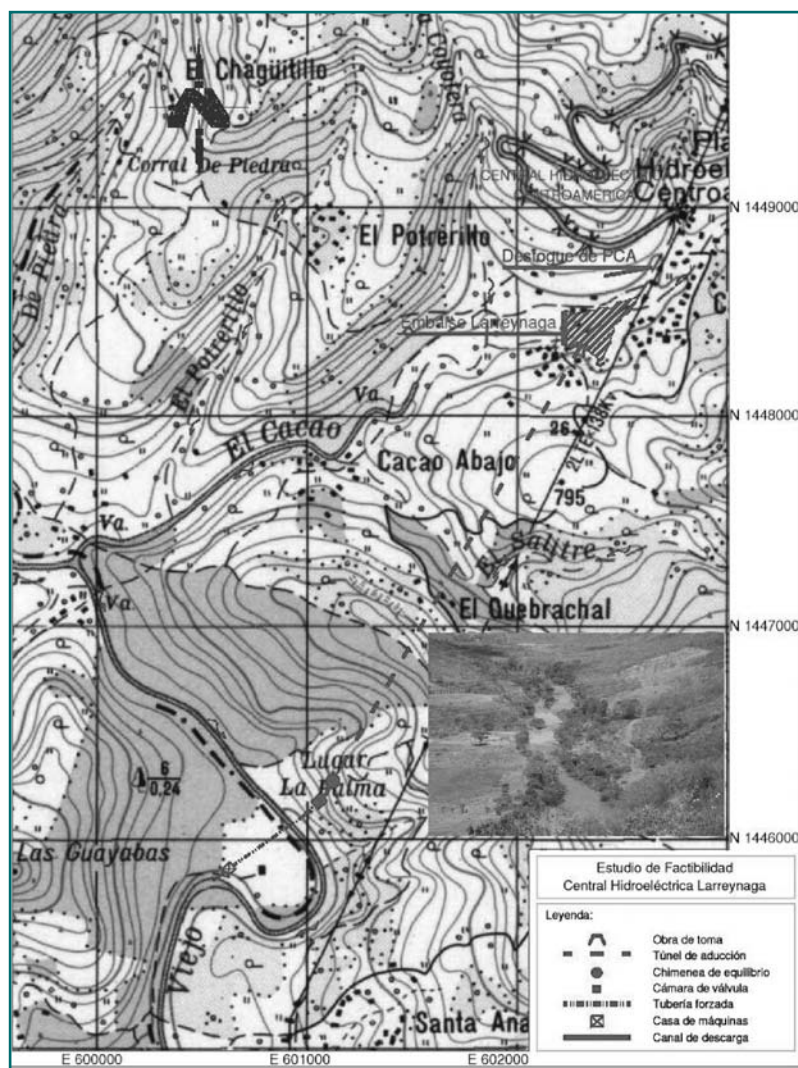
Fig. 1. Área de ubicación del proyecto C. H. Larreynaga/Location of the Larreynaga Hydropower Project.

Introduction and description of the project area

The hydroelectric power station project, carried out under the auspices of the Nicaraguan Electricity Company (ENEL), is set to the south of the Jinotega Municipality and Department and 161 km to the northeast of the Nicaraguan capital Managua. The hydroelectric development is set downstream from the existing Centroamerica Power Station on the River El Cacao, a tributary of the River Viejo. The project catchment area is located in the northwest of Nicaragua between latitude 13°05' and 13°10' north and longitude 86°00' and 86°05' west. The river Tuma set in the upper part of the River Viejo basin was impounded by the Macotal dam in the 60's to form the Apanas Reservoir with a surface area of approximately 35 km².

The waters of the Apanas reservoir are diverted by a headrace line to the lower basin of the River El Cacao

Fig. 2. Plano de ubicación general/General site plan.



eléctrica de magnitud a implementarse en Nicaragua después de 35 años.

El proyecto y su objetivo

La Empresa Nicaragüense de Electricidad - ENEL - en el marco del Programa Energético que desarrolla para la nación nicaragüense, tiene como objetivo y responsabilidad implementar el proyecto de la Central Hidroeléctrica de Larreynaga mediante el aprovechamiento de las aguas turbinadas que descarga la casa de máquinas de la existente C.H. Centroamérica al río El Cacao, tal como se aprecia en el plano de ubicación general, Figura 2, y en el esquema hidráulico, Figura 3. El objetivo principal del proyecto es incrementar la oferta energética con una generación hidroeléctrica adicional de 73 GWh anuales mediante la C.H. Larreynaga, con una potencia instalada de 17 MW, utilizando el caudal turbinado de la existente C.H. Centroamérica de $22 \text{ m}^3/\text{s}$, caudal que previamente es regulado y luego derivado desde el Lago de Apanás hacia la cuenca del río Viejo.

La proyectada casa de máquinas se situará sobre la margen derecha del río Viejo, aproximadamente 6,20 km aguas abajo de la existente casa de máquinas de la C.H. Centroamérica, la que se ubica sobre la margen derecha del río El Cacao, afluente del río Viejo.

El proyecto hidroeléctrico Larreynaga comprende el aprovechamiento de los caudales máximos turbinados (operación en punta) por la C.H. Centroamérica que descargan al río El Cacao, en la cuenca alta del río Viejo.

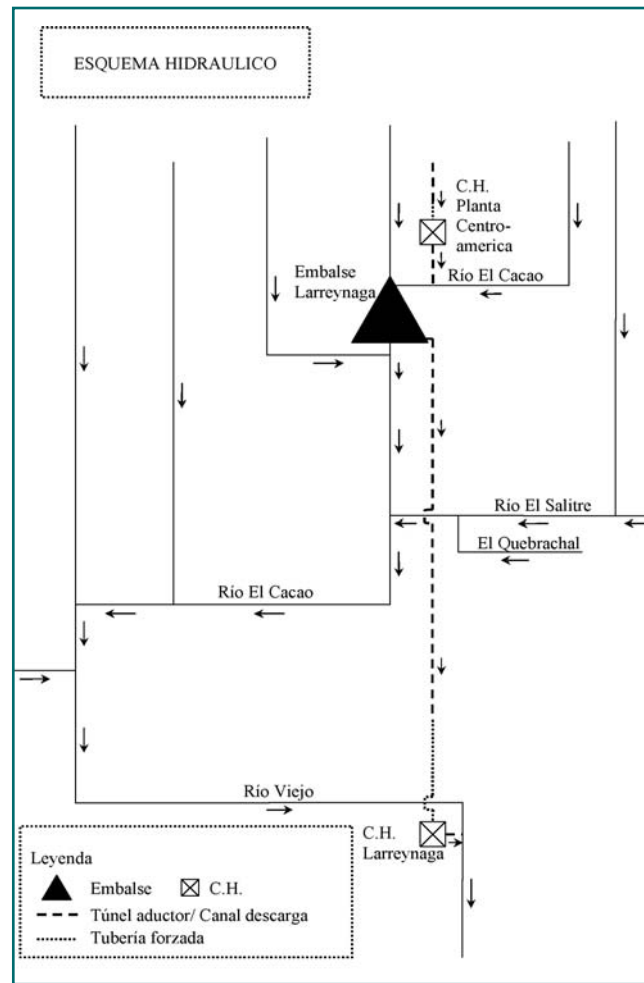


Fig. 3. Esquema hidráulico/
Hydraulic scheme.

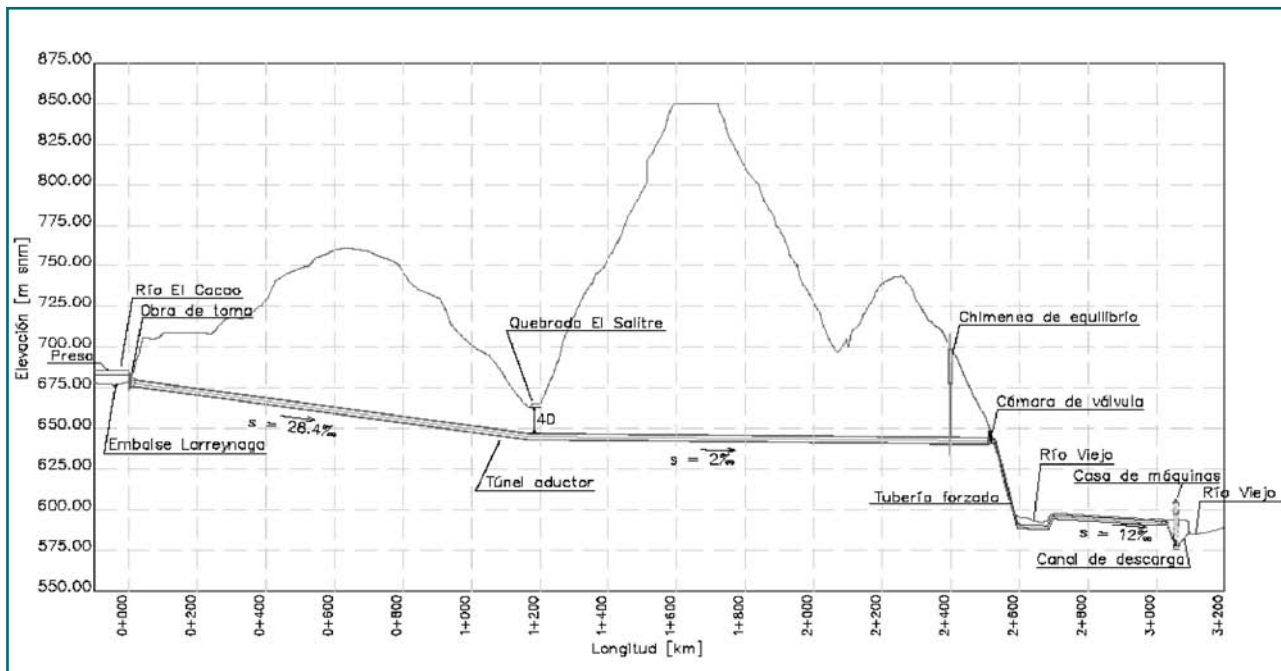


Fig. 4. Perfil longitudinal/
Longitudinal profile.

DATA TÉCNICA/TECHNICAL DETAILS	
importante del proyecto hidroeléctrico es el siguiente /important of the hydropower project is the following:	
Caudal de diseño/Design flow (m³/s)	22,00
Caída bruta/Gross head (m)	98,50
Caída neta/Net head (m)	88,00 - 90,00
Tipo de turbinas/Turbines	Francis, de eje horizontal/ Francis, horizontal axis
Número de turbinas/No. turbines	2
Potencia instalada/Installed capacity (MW)	17,00
Energía media anual/Average annual energy (GWh)	73,00

jo, hacia la cuenca baja, mediante una línea de aducción que permitirá una caída neta de aproximadamente 90 m. El perfil longitudinal del esquema se presenta en la Figura 4.

Cuencas de los ríos El Cacao y Viejo

El proyecto hidroeléctrico Larreynaga esta circunscrito como área de influencia a la cuenca intermedia-alta del río Viejo y consiste en el aprovechamiento de los caudales trasvasados del Lago de Apanás hacia el río El Cacao, afluente superior del río Viejo, siendo dichas descargas en aproximadamente un 100%, el principal aporte para generación de energía en el marco del proyecto.

El área de cuenca del río El Cacao medida a partir de la retención que se crea debido al embalse Larreynaga, mediante la presa del mismo nombre, es de 7,60 km², y su influencia hídrica para un aprovechamiento es inferior al 2% de los caudales turbinables provenientes de la C.H. Centroamérica. Por esta razón de magnitud del caudal medio anual del río El Cacao, siendo más aun éste un río no perenne, es que el caudal natural de éste río no es considerado para el aprovechamiento hidroeléctrico. Sin embargo, dicho caudal natural es considerado para su uso como caudal ecológico a ser suministrado para consumo aguas abajo de la presa Larreynaga.

La cuenca del río El Cacao tiene un área total aproximada de 22,30 km², con altitudes máximas que llegan hasta los 1400 m snm y mínimas de 600 m snm. El área de la cuenca del río El Cacao a partir del sitio de presa es de 7,60 km². La elevación media es de 935 m snm. El río El Cacao presenta un perfil, en toda su extensión, con pendiente alta, de aproximadamente del orden del 10%, lo que influye en gran medida para que los tiempos de concentración sean cortos, presentando crecidas rápidas y debido al área tan pequeña las crecidas son de baja intensidad al no tener suficiente capacidad de almacenaje, presencia de avenidas instantáneas (1). Esto es confirmado por observación de los pobladores de la zona, para definir el comportamiento histórico del río du-

and the flows pass through the turbines at the Centroamerica hydroelectric plant before being discharged in the river El Cacao which, in turn, flows into the River Viejo several kilometres downstream. The outflows from the Centroamerica Hydroelectric Plant serve as the main intake of regulated flow for power generation at the Larreynaga Hydropower Project, which will be the first such plant of any size to be introduced in Nicaragua over the last 35 years.

The project and its objectives

Within the framework of the Nicaraguan Energy Programme, the Nicaraguan Electricity Company (ENEL) is undertaking the Larreynaga Hydroelectric Plant project to harness the turbinated water discharged from the powerhouse of the existing Centroamerica power station into the river El Cacao. The general layout may be seen in the plan shown in Figure 2 and the hydraulic arrangement is shown in Figure 3. The main objective of the project is to increase power supply by the hydroelectric generation of an additional 73 GWh per year through the Larreynaga plant, with an installed capacity of 17 MW, using the 22 m³/s turbinated flow of the existing Centroamerica plant which is first regulated and then diverted from the Apanas reservoir to the basin of the River Viejo.

The proposed powerhouse will be set on the right bank of the River Viejo, approximately 6.20 km downstream from the existing powerhouse of the Centroamerica hydroelectric plant, set on the right bank of the River El Cacao, a tributary of the River Viejo.

The Larreynaga hydroelectric project consists of the harnessing of maximum turbine outflows from the Centroamerica hydroelectric plant discharged into the River El Cacao at the upper basin of the River Viejo, by an intake which will allow a net head of approximately 90 m. The plan arrangement of the hydraulic system is shown in Figure 4.

El Cacao and Viejo River basins

The Larreynaga hydroelectric project comes within the catchment area of the intermediate-upper basin of the River Viejo and will harness the flows diverted from the Apanas Reservoir to the River Cacao, an upper tributary of the River Viejo, with these flows making up almost the entire supply for energy generation at the new plant.

The El Cacao river basin, measured from the retention point of the Larreynaga dam and the reservoir of the same



Fig. 5. Vista del río El Cacao, inmediatamente aguas abajo del túnel de descarga de la C. H. Centroamérica/Viejo of the River El Cacao, immediately downstream of the discharge tunnel from the Centroamérica Hydroelectric Plant.

rante lluvias torrenciales, lluvias moderadas y durante la época seca, debido a que no se disponen de estaciones hidro-meteorológicas que puedan definir el comportamiento natural de la cuenca.

La cuenca del río Viejo, medida desde aguas arriba de la estación Santa Ana, ubicada en el sitio denominado como La Herradura, a la altura de la salida de descarga de la proyectada central hidroeléctrica, tiene un área total aproximada de 380 km², con altitudes máximas que llegan hasta los 1200 m snm y mínimas de 580 m snm. El río Viejo nace a una altura de 1200 m snm entre los departamentos de Jinotega y Esteli, y atraviesa la parte norte y central de Nicaragua antes de descargar sus aguas en el Lago de Managua. La elevación media es de 1061 m snm. El área comprendida por la cuenca del río Viejo sin integrar la cuenca del Lago de Apanás es de 380 km², con una longitud total de 118 km, la que está constituida principalmente por 16 sub-cuencas que drenan sus aguas al cauce principal formando el llamado río Viejo. El restante del área la compone básicamente el área de drenaje propia del cauce principal del río Viejo.

Condiciones morfológicas de los ríos El Cacao y Viejo en el área del proyecto

El área de influencia del proyecto sobre el río El Cacao, comprende su cuenca alta. La longitud del río en el tramo de dicha cuenca baja ha sido estimada en 3,40 km, la misma que es medida desde la entrega de caudales trasvasados del Lago de Apanás mediante el túnel de descarga de la existente C.H. Centroamérica hasta su confluencia con el río Viejo, ver Figura 5. La

name covers an area of 7.60 km² and its catchment for potential harnessing is less than 2% of the turbinized flows from the Centroamérica power station. In view of the annual average flow of the River El Cacao, which is not a perennial river, it is considered that the natural flow of this river is insufficient for hydropower development. However, this natural flow has been considered for use as an ecological flow which may be supplied for consumption downstream of the Larreynaga dam.

The El Cacao river basin covers a total area of 22.30 km² and has a maximum altitude of 1400 m and a minimum of 600 m above sea level. The El Cacao river basin downstream from the dam covers an area of 7.60 km² and has an average height of 935 m above sea level. The entire stretch of the El Cacao River falls steeply at around 10% and this leads to short retention times. The river is subsequently subject to rapid freshets and as the area is so small the high waters are of little intensity as there is insufficient storage capacity and these spill over and cause instant flooding (1). This has been confirmed by observations of those living in the area in order to define the behaviour of the river during torrential rains, moderate rainfall and during dry seasons, as there are no hydro-meteorological stations in the vicinity to define the natural behaviour of the basin.

The basin of the River Viejo covers a total area of around 380 km², measured upstream from the Santa Ana station set in the area of La Herradura to the discharge point of the future hydroelectric plant, and has a maximum altitude of 1200 m above sea level and a minimum height of 580 m. The source of the River Viejo is set at a height of 1200 m above sea level between the Jinotega and Esteli departments and crosses the northern and central part of Nicaragua before flowing into Lake Managua. The average elevation is 1061 m above sea level. The area covered by the River Viejo basin, without including the Apanas Reservoir basin, is around 380 km² and has a total length of 118 km. The basin is essentially formed by 16 sub-catchments whose waters flow into the main river channel to form the River Viejo. The remaining area is made up by the drainage area of the River Viejo proper.

Morphological conditions of the El Cacao and Viejo Rivers in the project area

The upper basin of the river Cacao forms the catchment area of the project. The river in this section of the basin is 3.40 km long, this being the same as that measured from the influx of water diverted from the Apanas Reservoir by the discharge tunnel of the existing Centroamérica hydroelectric power plant to its confluence with the River Viejo (See Fig. 5). This section of

pendiente del río en este tramo es de 2%. La velocidad máxima en éste tramo del río alcanza los 2,50 m/s para el caudal turbinable de C.H. Centroamérica de 22 m³/s.

El área de influencia del proyecto sobre el río Viejo, comprende la cuenca intermedia de éste río. Aquí, la longitud del río en el tramo de dicha cuenca ha sido estimada en 2,90 km, la misma que es medida desde la confluencia del río El Cacao sobre el río Viejo hasta donde se ubica la existente estación hidrométrica Santa Ana, específicamente aguas abajo del fin de la curva, en la zona denominada como La Herradura. La pendiente del río en el tramo aguas arriba de la curva, zona de La Herradura, es de aproximadamente 4,5%. Aguas abajo de la curva, zona de La Herradura, la pendiente del río es de aproximadamente 8,4‰.

La zona de La Herradura tiene un radio de 250 m y se caracteriza por tener dos rápidas, una localizada al principio de la curva y otra en el tramo final de la curva, alcanzándose velocidades de hasta 1,80 m/s y 3,90 m/s respectivamente durante períodos de máximas avenidas para un caudal de 200 m³/s.

La sección de los valles de los ríos Viejo y El Cacao en la zona del proyecto tiene taludes medianos y fuertes, con presencia de farallones y de sección transversal tipo U. El ancho del cauce principal es de aproximadamente 15 a 20 m con un calado medio de 1 a 2 m en el tramo del río El Cacao. En el tramo del río Viejo el ancho del cauce varía de 30 a 50 m con calados medios de 3 a 4 m. En el área del proyecto, la elevación máxima en el thalweg del río El Cacao esta sobre los 680 m snm, y la elevación mínima en el thalweg del río Viejo esta sobre los 580 m snm.

Caudal turbinado por C.H. Centroamérica hacia el río El Cacao

En base a la data disponible, se elaboró una curva duración de caudales turbinados a través de la C.H. Centroamérica, de la cual se concluyó que éste tiene muy poca influencia sobre el caudal natural en el río El Cacao, tal como se observará más adelante en la Tabla 2 para la descripción de la avenida de diseño de las obras civiles en éste río.

Aportes de la cuenca alta del río El Cacao

Se obtuvo acceso a data insuficiente correspondiente a caudales medios mensuales medidos en la cuenca alta del río El Cacao mediante una estación vertedero ubicada aguas arriba del inicio de la obra de toma para

the river descends at a grade of 2% and reaches a maximum speed of 2.50 m/s to provide a turbine flow at the Centroamerica Hydropower Plant of 22 m³/s.

The catchment area of the Rio Viejo project includes the intermediate watershed of this river. The length of the river through this basin has been estimated at 2.90 km, this being the same as that measured from the confluence of the El Cacao river with the Rio Viejo to the point of the existing Santa Ana hydrometric station set downstream of the end of the bend known as the La Herradura. The gradient of the river in the upstream section of the Herradura bend is approximately 4.5%. The river in the downstream section of the bend is approximately 8.4‰.

The La Herradura area has a radius of 250 m and is characterised by two rapids, one set at the beginning of the bend and another on the final section of the bend and which reach speeds of up to 1.80 m/s and 3.90 m/s respectively during period of maximum floods with flows of 200 m³/s.

The valley profiles of the Viejo and El Cacao rivers are formed by medium to steep slopes with scarps and a characteristic "U" shape cross-section. The River Cacao channel is approximately 15 to 20 m wide with average depths of 1 to 2 m, while the River Viejo channel is between 30 and 50 m wide with average depths of 3 to 4 m. In the site area, the maximum elevation at the thalweg of the River El Cacao is around 680 m above sea level and the minimum elevation at the thalweg of the River Viejo is around 580 m above sea level.

Outflow from the Centroamerica Hydroelectric Plant to the River El Cacao

In accordance with available data, a flow duration curve was established for the water passing through the turbines of the Centroamerica hydroelectric plant. This curve showed that this has very little influence on the natural flow of the river El Cacao, as may be seen in Table 2 showing the design flood assessment for the civil works on this river.

Inflows from the upper basin to the El Cacao River

It was impossible to gain access to sufficient information regarding the average monthly flows recorded in the upper watershed of the El Cacao river at the measuring station set upstream from the start of the intake works for the diversion of flows to the future Larreynaga hydroelectricity plant. From the evaluation carried out it was found that the available information

la derivación de caudales a la proyectada C.H. Larreynaga. De la evaluación efectuada se concluyó que la data disponible es de una corta serie incompleta, con la cual no es posible una evaluación del caudal que pudiera aportar esta pequeña cuenca, por lo que se efectuó una estimación basada en la precipitación media anual, área de la cuenca, factores de cuenca y escurrimiento. La estimación resultó en un caudal promedio anual de $Q = 0,35 \text{ m}^3/\text{s}$, lo que representa un caudal estimado en época de avenidas de $Q = 0,70 \text{ m}^3/\text{s}$, sin consideración de eventos muy extremos como el de la presencia del Huracán Mitch.

Caudal ecológico

Se recomendó el suministro de un caudal ecológico, equivalente a $0,50 \text{ m}^3/\text{s}$, caudal equivalente al aporte de la cuenca alta del río El Cacao conforme a las normas internacionales hasta $1/40$ del caudal medio anual.

Registro de caudales en Estación Hidrométrica Santa Ana, Río Viejo

Se colectó data con registros de descargas medias mensuales de la estación Santa Ana, la cual se encuentra ubicada aguas abajo del fin de la curva denominada como La Herradura, sobre el río Viejo. Sin embargo la data registrada en esta estación se encontró incompleta y no fue de mucha confiabilidad, motivo por el cual dichos registros fueron utilizados de manera parcial para estimación preliminar de capacidad hidráulica en el río Viejo para las avenidas de diseño.

Análisis de avenidas y calibración de descargas

Para el análisis de avenidas tanto en el río El Cacao, para el sitio de presa, como para el río Viejo para el sitio de casa de máquinas, se utilizó la data de precipitación máxima diaria en 24 horas disponible de la estación pluviométrica Jinotega, correspondiente a una serie de 30 años, comprendida entre 1970 y 1999, la misma que fue convertida a caudal y con la cual posteriormente se generaron nuevos caudales, teniendo en cuenta los parámetros de área de cuenca involucrada, elevación, temperatura y evaporación para los dos sitios mencionados arriba para el río Viejo, en la zona de estación Santa Ana, cercana a casa de máquinas; y para el río El Cacao en el sitio de presa proyectada y un puente existente. El análisis de avenidas se verificó mediante la calibración de caudales.

was incomplete and it was not possible to make an assessment of the flows which could be provided by this small watershed. As such, an estimate was made on the basis of the average annual rainfall, the area of the watershed, characteristics of the watershed and runoff. The estimate gave an average annual flow of $Q = 0.35 \text{ m}^3/\text{s}$, which represents an estimated flow during flood seasons of $Q = 0.70 \text{ m}^3/\text{s}$, without considering very extreme events such as the passing of Hurricane Mitch.

Ecological flow

An ecological flow equivalent to $0.50 \text{ m}^3/\text{s}$ was recommended. This being equivalent to the intake from the upper watershed of the El Cacao river and, in accordance with international standards, one up to $1/40$ of the average annual flow.

Flow recordings at the Santa Ana Hydrometric Station, River Viejo

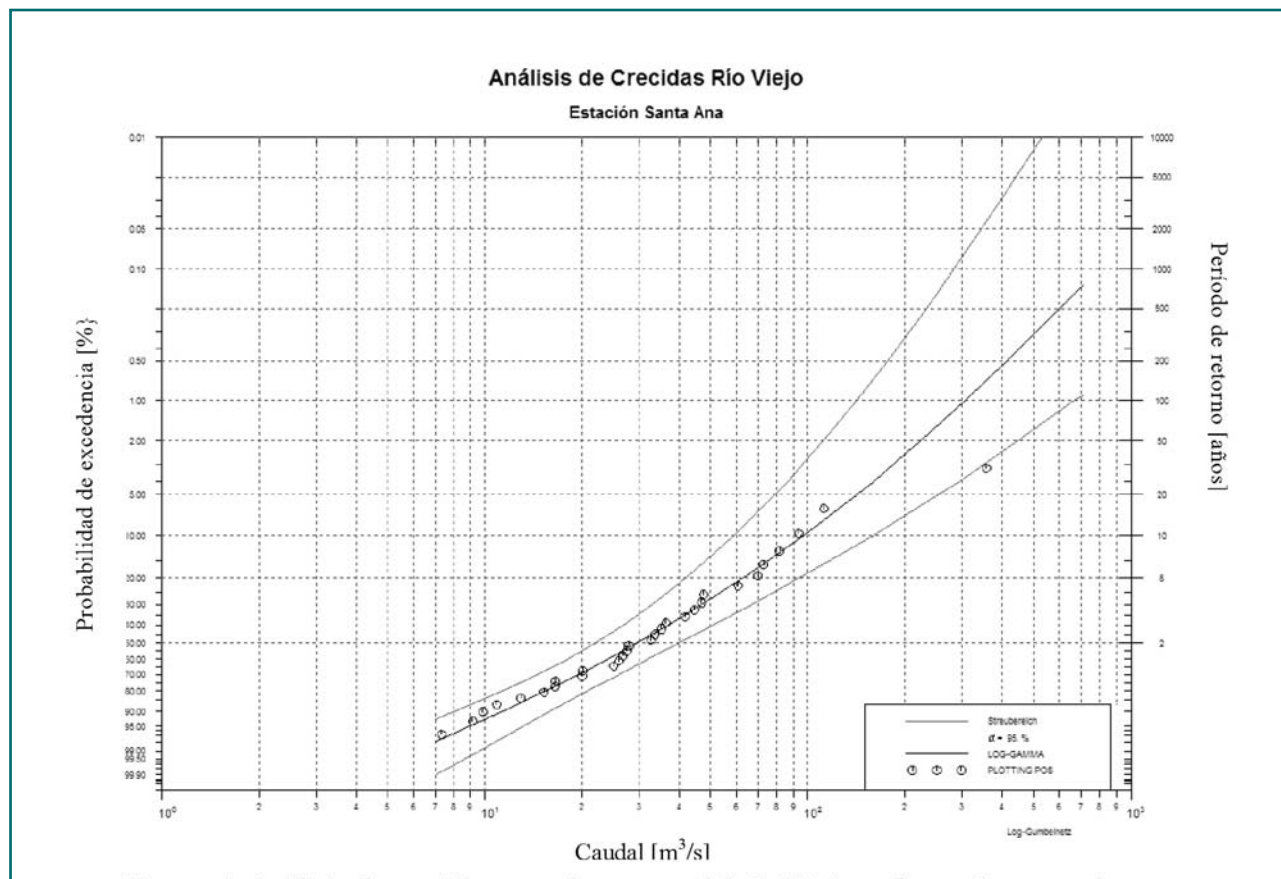
Data was collected on the average monthly discharges recorded at the Santa Ana station, set downstream from the end of the La Herradura bend on the River Viejo. However, the data recorded at this station was incomplete and not entirely reliable and the recordings were subsequently employed in a partial manner to make a preliminary assessment of the hydraulic capacity of the River Viejo for design floods.

Flood analysis and flow calibration

In order to make an assessment of floods on the River El Cacao (at the site of the dam) and on the River El Viejo (at the site of the powerhouse), data was employed regarding the maximum daily rainfall over 24 hours recorded at the Jinotega rain gauging station over a period of 30 years from 1970 to 1999. This information was converted into flows and new flows were established on the basis of the characteristics of the watershed, the height, temperature and evaporation for the two sites indicated for the River Viejo, in the area of the Santa Ana station, close to the powerhouse, and for the river El Cacao at the site of the proposed dam and at the point of an existing bridge. The flood analysis was then verified by flow calibration.

There follows the analyses corresponding to the site of the powerhouse in the river Viejo basin, at the Santa Ana station, and that corresponding to the El Cacao basin upstream at the site of the dam and the bridge.

Fig. 6. Análisis de crecidas para la cuenca del río Viejo en Santa Ana para la función de mejor ajuste a datos generados con registros de cuenca de Jinotega /Flood analysis for the River Viejo basin at Santa Ana for improved adaptation of data recorded at the Jinotega basin.



A continuación se efectúa el análisis correspondiente para el sitio de casa de máquinas en la cuenca del río Viejo, hasta la estación Santa Ana, y para la cuenca del río El Cacao, en el sitio de presa y puente aguas arriba.

Avenida de diseño y calibración de caudales en el río Viejo - Sitio de casa de máquinas

En base a la data de precipitación máxima diaria en 24 horas de la estación Jinotega, arriba mencionada, se generaron caudales para la cuenca del río Viejo, en el sitio de casa de máquinas para su protección contra inundaciones y para la zona de cruce con el río de la tubería forzada, teniendo en consideración que el área de cuenca involucrada, 380 km², es muy similar al área de cuenca de Jinotega. La metodología (2,3), fue complementada mediante una calibración de caudales, mediante un análisis de sensibilidad de rugosidades (4) y observación de pelo de agua (ver Figuras 7 y 8) durante el tránsito de la crecida máxima de Octubre de 1998 con el huracán Mitch, determinándose de esta manera la capacidad hidráulica en la zona para el tránsito de diversas avenidas de diseño para específicos períodos de retorno

Design flood and flow calibration of the River Viejo - Site of powerhouse

In accordance with data of the maximum daily rainfall over 24 hours recorded at the Jinotega station, flows were established for the River Viejo basin to ensure flood protection at the site of the powerhouse and at the point where the river meets the penstock. This data was taken on account of the fact that the 380 km² area of the watershed is very similar to that of the area of the Jinotega basin. The methodology (2,3) was complemented by flow calibration, by roughness sensitivity analysis (4) and observation of water level (see figures 7 and 8) during the period of maximum flood recorded in October 1998 on the passing of Hurricane Mitch. In this way it was possible to establish the hydraulic capacity of the area for the passage of diverse design floods over specific return periods (5). In the design a 10,000 year flood was selected to ensure the safety of the designed works under extraordinary events in tropical areas. Figure 6 shows the flood analysis for the River Viejo basin, at Santa Ana, for extreme values (6). The design floods estimated for the different return periods are shown in Table 1.

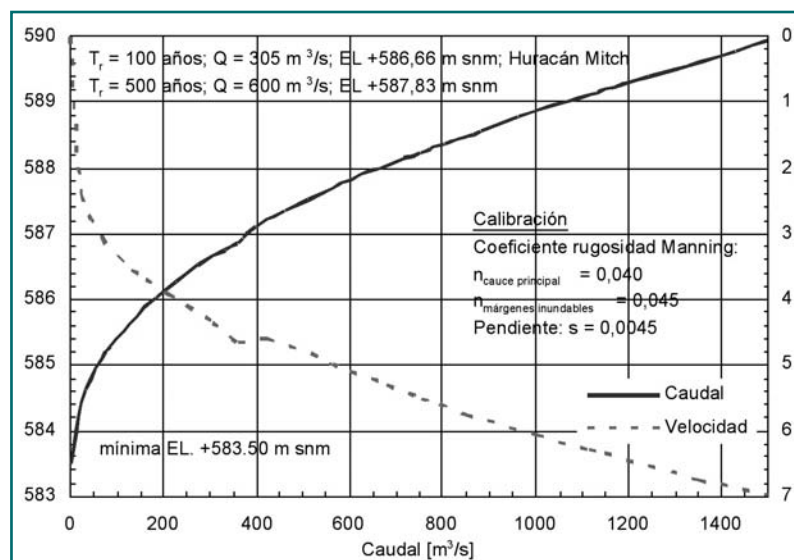


Fig. 7. Curva de descarga calibrada para la sección 12, zona de entrega de caudales de C. H. Larreynaga al río Viejo en Santa Ana/Calibrated discharge curve for section 12 at the flow inlet from the Larreynaga Plant to the River Viejo at Santa Ana.

(5). Para el diseño se seleccionó la avenida decamilenaria que otorga seguridad a las obras proyectadas para eventos extraordinarios en zonas tropicales. En la Figura 6 se presenta el análisis de avenidas para la cuenca del río Viejo, en Santa Ana para valores extremos (6). Las avenidas de diseño estimadas para los diversos períodos de retorno se presentan en la Tabla 1.

Las estimaciones de las avenidas de diseño presentadas arriba guardan relación con la calibración efectuada para la zona de La Herradura, curva muy cerrada, y para el pelo o nivel de agua observado durante el tránsito.

Fig. 8. Curva de descarga calibrada para la sección 24, zona de cruce de la tubería forzada de la C. H. Larreynaga sobre el río Viejo/Calibrated discharge curve for section 24 at the point where the penstock to the Larreynaga Plant crosses the River Viejo.

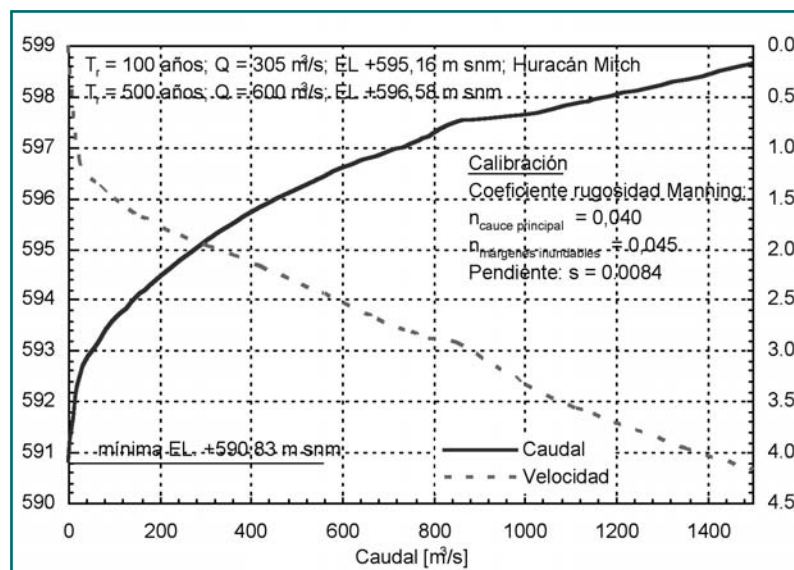


Tabla 1. Río Viejo en Santa Ana - Avenida de diseño para diversos períodos de retorno/
Table 1. River Viejo at Santa Ana - Design flow for different return periods

T_r (años)	Q (m³/s)
2	30
10	100
50	225
100	305
500	600
1000	790
10000	1840

The design flood estimates presented above bear a relation to the calibration carried out for the closed horseshoe area of La Herradura and for the water levels observed during the passing of Hurricane Mitch in October 1998. This was then established as the design flood with a return period of 100 years (see Figures 7 and 8).

Figure 7 shows the calibrated discharge curve for section 12 of the River Viejo, set at the end of the closed "horseshoe" area of La Herradura, immediately downstream of the flow delivery area of the projected discharge channel from the Larreynaga Hydroelectric Plant, as shown in Figure 9.

In the same way a calibrated discharge curve was prepared for section 24 of the River Viejo (see Figure 8), set at the beginning of the La Herradura bend, at the site of the future penstock to the Larreynaga Hydroelectric Plant.

Figure 9 shows the hydraulic profile for design floods with different return periods for La Herradura area of the River Viejo at the site of the powerhouse. These calibrated water levels for discharges over different return periods ensure the safety of the powerhouse, with particular consideration for the flood protection dam defending the installations on the right bank of the river.

The calibrated discharge curve in section 12 (see Figure 7) is of particular interest for the positioning of the turbine axis of the Larreynaga Hydroelectric Plant and for the establishment of the draft height. This then serves as the basis for the calculation of losses, the establishment of the installed capacity and the hydropower production of the development.

The levels or rises in water level shown in figure 9 correspond to the hydraulic profile of design floods with different return periods in the La Herradura area of the River Viejo. The fact that a 10,000 year design flood has been taken into account then allows the introduction of the corresponding flood protection measures in the area of the powerhouse.

Design flood and flow calibration of the River El Cacao - Site of dam and bridge

As in the case of the powerhouse area, flows have been generated for the El Cacao river basin at the site of

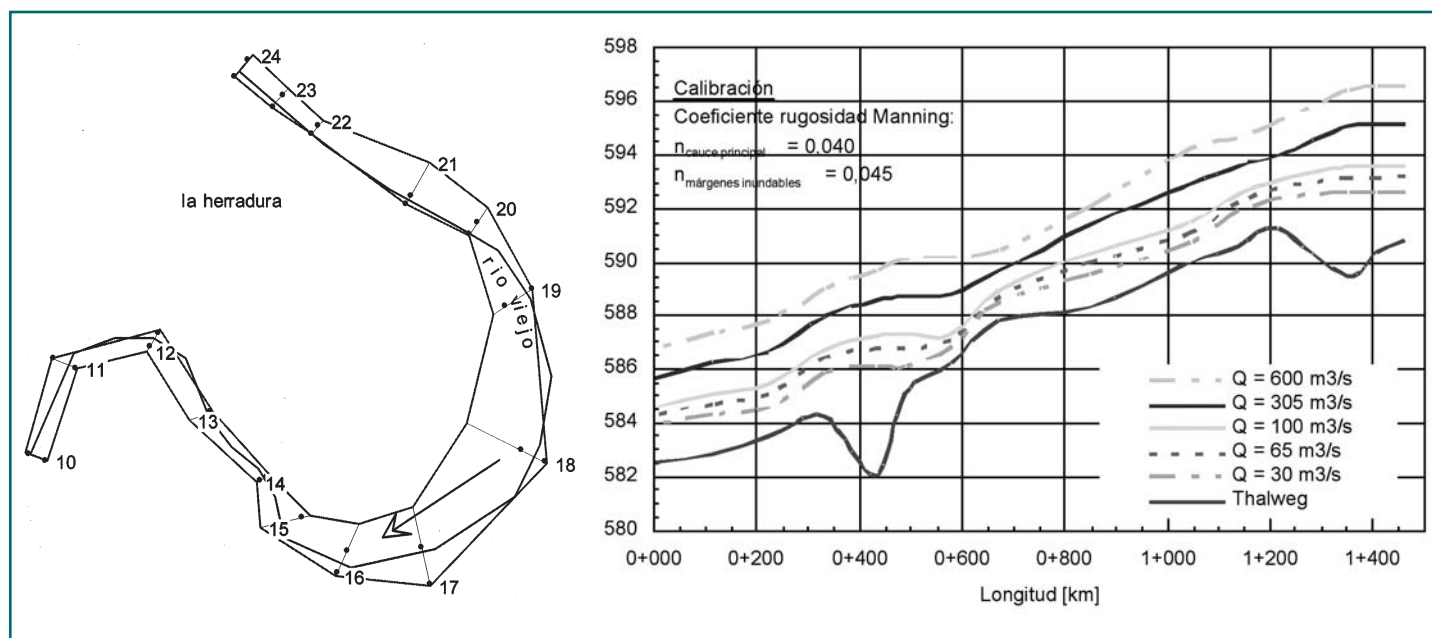


Fig. 9. Perfil hidráulico para avenidas de diseño de diversos períodos de retorno en la zona de La Herradura - Río Viejo, área de casa de máquinas/Hydraulic profile for design floods of different return periods in the area of La Herradura in the Río Viejo, at the site of the future powerhouse.

to del huracán Mitch en Octubre de 1998, el cual se determinó fue para una avenida de diseño con un período de retorno de 100 años, ver Figuras 7 y 8.

En la Figura 7, se presenta la curva de descarga calibrada para la sección 12 en el río Viejo, la cual se ubica al final de la curva cerrada en la zona de La Herradura, inmediatamente aguas abajo de la zona de entrega de caudales del proyectado canal de descarga de la C.H. Larreynaga, tal como se observa en la Figura 9.

De manera similar se confeccionó la curva de descarga calibrada para la sección 24 en el río Viejo, ver Figura 8, ubicada al principio de la curva en la zona de La Herradura, por donde yacerá la tubería forzada de la proyectada C.H. Larreynaga.

En la Figura 9 se presenta el perfil hidráulico para avenidas de diseño de diversos períodos de retorno en la zona de La Herradura - Río Viejo, área de casa de máquinas. Con estos niveles de pelo de agua calibrados para descargas de diversos períodos de retorno se brinda seguridad a la casa de máquinas, en especial consideración para el dique de protección contra inundaciones que defiende a la obra en la margen derecha del río.

La curva de descarga calibrada en la sección 12, ver Figura 7, es de especial interés para ubicar la posición del eje de turbinas de la C.H. Larreynaga y fijación de la altura de succión, y de esta manera proceder con el cálculo de pérdidas en el esquema, determinación de la potencia instalada y producción hidroenergética para el aprovechamiento hidroeléctrico.

Los niveles o elevaciones de pelo de agua que se presentan en la Figura 9, correspondiente al perfil hidráulico para las avenidas de diseño con diversos períodos de retorno

the dam on the basis of the maximum daily rainfall over 24 hours recorded at the Jinotega station and when considering that the area of the watershed involved is 7.60 km² as opposed to the area of the Jinotega basin which is 50 times larger. In view of these circumstances, the drainage capacity of the small basin, the surface runoff and ground absorption are negligible in the case of the passage of a maximum flood such as one caused by Hurricane Mitch.

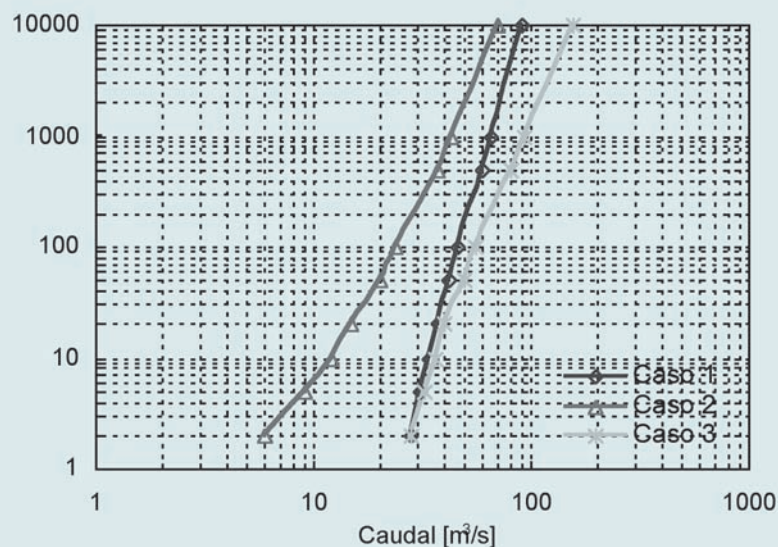
As such, three cases were analyzed (Table 2) taking the maximum daily rainfall over 24 hours as no data was available regarding maximum hourly rainfall at the Jinotega station. On this basis the maximum daily rainfall over 24 hours was amplified for a maximum hourly rainfall with data corresponding to the passage of Hurricane Mitch in October 1998 in order to establish the maximum daily rainfall over 24 hours for each case.

Three cases have been presented for the maximum design flood. Case 1 considers the discharges from the river El Cacao and the Centroamerica hydroelectricity plant, while cases 2 and 3 only consider the discharges from the river El Cacao for the cases of amplification. The essential basis here is that when a maximum event such as Hurricane Mitch occurs, the Centroamerica hydroelectric plant should be considered to be out of operation and, subsequently, not producing any discharge.

The methodology (2,3) was supplemented by flow calibration, by roughness sensitivity analysis (4) and observation of water level (see figures 7 and 8) during the maximum flood period recorded in October 1998 on the passing of Hurricane Mitch. In this way it was possible to

Tabla 2. Río El Cacao en sitio de presa - Avenida de diseño para diversos períodos de retorno/ Table 2. River El Cacao at the site of the dam. Design flow for different return periods

	Caso/Case 1	Caso/Case 2	Caso/Case 3
Area de cuenca (km ²) Basin area	7,6	7,6	7,6
Precipitación máxima diaria en 24 horas (mm) Maximum daily rainfall in 24 hours	301	301	960
T _r (años/years)	Q _{Río El Cacao} + Q _{C.H. Centroamérica} (m ³ /s)	Q _{Río El Cacao} (m ³ /s)	
2	28	6	28
10	34	12	36
50	42	20	49
100	46	24	56
500	59	37	80
1000	65	43	94
10000	92	70	156



en la zona de La Herradura - Río Viejo, permiten tomar las medidas de protección contra inundaciones para la zona de la casa de máquinas, habiéndose tomado para seguridad de la misma una avenida de diseño decamilenaria.

Avenida de diseño y calibración de caudales en el río El Cacao - Sitio de presa y puente

De manera similar que para el área de la casa de máquinas, en base a la data de precipitación máxima diaria en 24 horas de la estación Jinotega, se generaron caudales para la cuenca del río El Cacao, en el sitio de presa, teniendo en consideración que el área de cuenca involucrada es de 7,60 km², en comparación con la magnitud del área de la cuenca de Jinotega, el cual es más de 50 veces más grande. Ante estas circunstancias la capacidad de drenaje de la pequeña cuenca, escorrentía superficial y absorción del suelo, para el tránsito de una avenida máxima como la del huracán Mitch, es despreciable.

Debido a esta consideración se analizaron 4 casos como es presentado en la Tabla 2, en las cuales se toma la precipitación máxima diaria en 24 horas al no disponerse data disponible sobre precipitación máxima diaria horaria de la estación Jinotega y en base a éste fundamento se amplifica la precipitación máxima diaria en 24 horas, en base a un cálculo para una precipitación máxima horaria con la data para el tránsito del huracán Mitch en Octubre de 1998, y con esta concepción se determinan las precipitaciones máximas diarias en 24 horas para los casos que se presentan.

establish the hydraulic capacity of the area for the passage of diverse design floods over specific return periods. A 1000 year flood under case 3 was selected for the design of the gated spillway, as the extreme event for the flood way works of the dam, but when considering that this still had the capacity for a 10,000 year flood under Case 3, when the spillway and under sluice operated as flood ways. Additional safety was provided to the dam by a lowered crest at one abutment for extreme events, and considered as an additional case. This then ensured the safety of the designed works for extraordinary events in tropical areas. It should be indicated that the adopted design flood complied with case (n-1) of the German standards for the design of gated spillways and international recommendations (7), which allows the passage of a maximum flood through the spillway even when one of the gates is closed or not working.

The following design floods were then adopted for the floodway on the Larreynaga dam, when ignoring the controlled discharges from the Centroamerica plant (Table 3).

Figure 10 shows the calibrated discharge curve for a section set 50 m downstream from the dam. This area being of interest for the design of works such as the sluiceway and the gated floodway when knowing the depth downstream.

Finally, Fig. 11 shows the calibrated discharge curve for the area where the bridge crosses the River El Cacao, this being set downstream of the discharge tunnel from the Centroamerica plant. The curve, which takes into account the volume accumulated in the future

Se han presentado 3 casos para el diseño de la crecida máxima, el Caso 1, que considera las descargas del río El Cacao y de la C.H. Centroamérica existente, y los Casos 2 y 3 que sólo considera las descargas del río el Cacao para los casos de amplificación. El fundamento importante aquí es que cuando se presente un evento máximo como la del huracán Mitch, se debe considerar que la C.H. Centroamérica se encuentra fuera de operación, por lo tanto sus descargas son nulas.

Posteriormente la metodología (2,3), fue complementada mediante una calibración de caudales, mediante un análisis de sensibilidad de rugosidades (4) y observación de pelo de agua durante el tránsito de la crecida máxima de Octubre de 1998 con el huracán Mitch, determinándose de esta manera la capacidad hidráulica en la zona para el tránsito de diversas avenidas de diseño para específicos períodos de retorno. Se seleccionó para el diseño del aliviadero de compuertas la avenida milenaria, bajo el Caso 3, como evento extremo para las obras de alivio de la presa, pero considerando que aun esta en capacidad para una avenida decamilenaria del Caso 3, funcionando como obras de alivio, el aliviadero y la salida de fondo. Adicionalmente se brinda seguridad a la presa mediante una corona rebajada en un estribo para eventos extremos, el cual se considera como un caso adicional. De esta manera se otorga seguridad a las obras proyectadas para eventos extraordinarios en zonas tropicales. Cabe mencionar aquí que la avenida de diseño adoptada cumple con el caso (n-1) de las normas alemanas de diseño para el aliviadero de compuertas y recomendaciones internacionales (7), las cuales permiten el tránsito de la avenida máxima por el aliviadero aun cuando una de las compuertas se encuentra cerrada o fuera de operación.

De esta manera se adoptaron como avenidas de diseño para el aliviadero de crecidas de la presa Larreynaga, sin considerar las descargas provenientes de la C.H. Centroamérica -las cuales son descargas controladas-, las reflejadas en la Tabla 3.

En la Figura 10 se presenta la curva de descarga calibrada para una sección ubicada a 50 m aguas abajo de la presa, que es de interés para el diseño de las obras tales como salida de fondo, y el aliviadero de crecidas con compuertas conociendo el tirante agua abajo.

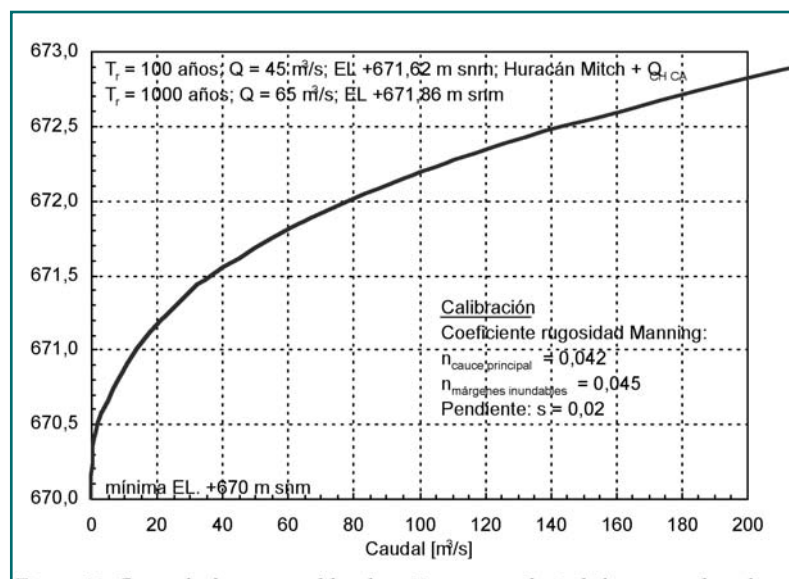


Fig. 10. Curva de descarga calibrada a 50 m aguas abajo de la presa sobre el río El Cacao/Calibrated discharge curve 50 m downstream from the dam on the River El Cacao.

Larreynaga reservoir, shows that the bridge would not be affected in the case of a maximum flood as the lower point of the superstructure is set 685.60 above sea level.

Conclusions

The hydraulic calibration carried out was developed for the definition of a design flood to offer the protection of important civil works such as the dam and powerhouse against flooding or maximum events.

Due to the scarce and incomplete data available at the hydrometric stations - the Centroamerica station on the River El Cacao and the Santa Ana station on the River Viejo - and the lack of rainfall data in the project area, this information was supplemented by more reliable data obtained at the neighbouring basin of Jinotega and observations of the water levels of flows recorded during maximum events such as Hurricane Mitch. In accordance with this rainfall data, flows were established for the basins of the River El Cacao, at the site of the dam, and for the River Viejo, at the site of the powerhouse, and this was complemented by a flow calibration based on roughness sensitivity analysis and existing water level observations. The design floods have been made for different return periods

Tabla 3. Descargas para Crecidas Máximas, sin descargas de C.H. Centroamérica/
Table 3. Discharges for Maximum Floods, not including discharges from the Centroamerica plant

Avenida de diseño milenaria, T_r (años)/1000 year design flood, T_r (years)	1000
Caudal de diseño, avenida milenaria, Q_{1000} (m³/s)/Design flow, 1000 year flood, Q_{1000} (m³/s)	95,00
Avenida de diseño decamilenaria, T_r (años)/10000 year design flood, T_r (years)	10000
Caudal de diseño, avenida decamilenaria Q_{10000} (m³/s)/Design flow, 10000 year flood, Q_{10000} (m³/s)	150,00

Finalmente, en la Figura 11 se presenta la curva de descarga calibrada para la sección del cruce del puente ubicado en el río El Cacao, aguas abajo del túnel de descarga de la C.H. Centroamérica, teniendo en consideración el volumen acumulado en el proyectado embalse Larreynaga, en el cual se observa que el puente no se ve afectado para el caso del evento de una avenida máxima, puesto que la elevación inferior de la superestructura es de 685,60 m snm.

Conclusiones

La calibración hidráulica efectuada fue desarrollada para la definición de la avenida de diseño para la protección contra inundaciones o eventos máximos de las obras civiles importantes, tales como la presa y casa máquinas.

Debido a la escasa data disponible e incompleta de estaciones hidrométricas –Centroamérica en río El Cacao y Santa Ana en río Viejo– e inexistente data pluviométrica en el área del proyecto, esta fue complementada con data pluviométrica de mayor confiabilidad disponible de la cuenca vecina de Jinotega, y observaciones de niveles de pelo de agua de caudales registrados para eventos máximos, tales como el Huracán Mitch. Específicamente en base a esta data pluviométrica se generaron caudales para las cuencas de los ríos El Cacao –sitio de presa– y Viejo –área de casa de máquinas–, siendo ésta complementada mediante una calibración de caudales, mediante un análisis de sensibilidad de rugosidades y observaciones de pelo de agua existentes. El diseño de avenidas se ha efectuado para diversos períodos de retorno, teniendo en especial interés a las avenidas de diseño requeridas para el aliviadero de la presa de gravedad sobre el río El Cacao y la correspondiente para la zona de cruce de la tubería forzada en el río Viejo y la protección contra inundaciones en el mismo río de la casa de máquinas, habiéndose seleccionado para ambos casos una avenida de diseño decamilenaria que otorga seguridad a las obras proyectadas para eventos extraordinarios en zonas tropicales.

Agradecimientos

Se agradece a la Empresa Nicaragüense de Electricidad - ENEL, por el permiso vertido como desarrollador del proyecto. El presente artículo se enmarca dentro del estudio de factibilidad de la central hidroeléctrica Larreynaga, elaborado por el consorcio FICHTNER GmbH & Co.KG de Alemania e IDISA Ingenieros Consultores de Nicaragua. ♦

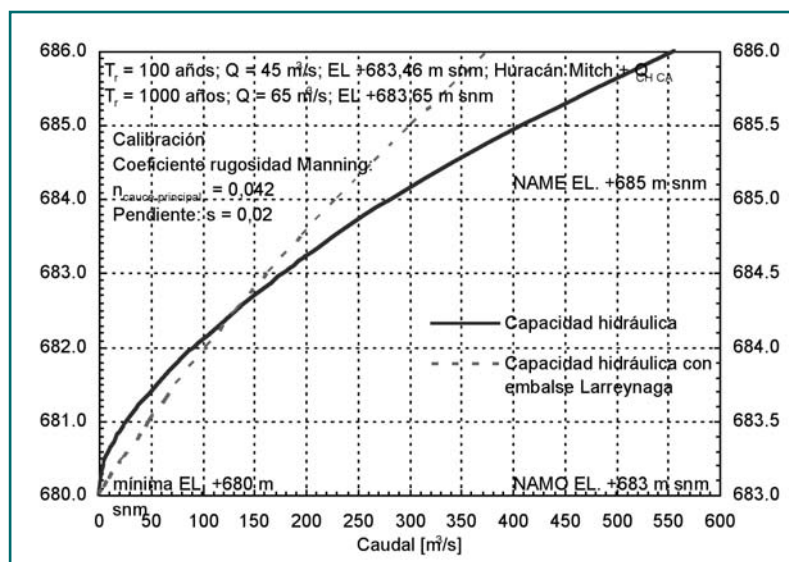


Fig. 11. Curva de descarga calibrada en el cruce del puente sobre el río El Cacao, aguas abajo del túnel de descarga de la C. H. Centroamérica/Calibrated discharge curve for the area where the bridge crosses the River El Cacao, downstream from the Centroamérica plant discharge tunnel.

and take on particular importance for the spillway of the gravity dam on the River El Cacao, the corresponding design flood for the area where the penstock crosses the River Viejo and for the flood protection on the same river of the powerhouse. In both these cases a 10,000 year design flood has been taken to ensure the safety of the works for flood protection during extraordinary events in tropical areas.

Acknowledgements

The author wishes to acknowledge the assistance of the Nicaraguan Electricity company (ENEL) in their capacity as project developer. The present article is on the frame of the feasibility study for the Larreynaga hydroelectric plant, prepared by the consortium FICHTNER GmbH & Co.KG of Germany and IDISA Ingenieros Consultores of Nicaragua. ♦

Referencias/References:

- (1) INSTITUTE OF HYDROLOGY WALLINGFORD (1994). *Flood Estimation for Small Catchments*, Report No. 124.
- (2) WMO (1986). *Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation - Operational Hydrology*, Report No. 332.
- (3) MANIAK, ULRICH. (2000). *Hydrologie und Wasserwirtschaft. Einem Einführung für Ingenieure 4; Überarbeitete und erweiterte Auflage*.
- (4) CHOW, VEN TE - MAIDMENT, D. - MAYS, L. (1996). *Applied Hydrology*.
- (5) ICOLD (1992). *Selection of Design Flood - Current Methods*, Bulletin 82.
- (6) INSTITUTE FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURTECHNIK, Universität Karlsruhe (1995). *Hydrologie-Extremwertstatistik*.
- (7) CES CONSULTING ENGINEERS SALZGITTER (2001). *Estudio Definitivo para la Reconstrucción y Rehabilitación del Sistema de Defensas contra Inundaciones en el Bajo Piura y Modelo Matemático de Prognosis del Río Piura, Perú*.

Contratación Pública en construcción en Francia

Un ejemplo de introducción de nuevas tendencias en un entorno tradicional

Public Construction Contracts in France.
An example of the introduction of new trends in a traditional environment

M^a Pilar de la Cruz López. Dra. Ingeniera Industrial

Prof. titular de Universidad, Universidad de La Coruña. pcruz@cdf.udc.es

Alfredo del Caño Gochi. Dr. Ingeniero Industrial

Catedrático de Universidad, Universidad de La Coruña. alfredo@cdf.udc.es

Elisa M^a de la Cruz López. Lic. CC. Económicas, Dra. Ingeniera Industrial

Profesora titular de Escuela Universitaria. Universidad de Valladolid. ecruz@eade.uva.es

Resumen: Este artículo incluye un análisis del sistema de contratación pública en construcción en Francia, abarcando, entre otros aspectos, la legislación básica; los tipos de contrato y de precio contractual; los procedimientos de licitación; los requisitos para contratar; los aspectos relacionados con la subcontratación; los relacionados con los pagos / cobros; y las particularidades relativas a los contratos de consultoría. El sistema francés tiene algunas similitudes con el español, pero incluye aspectos más avanzados que solucionan algunos problemas específicos que existen en España. El esfuerzo de modernización de la administración francesa en este campo es amplio e interesante, y queda también resumido en este artículo.

Palabras Clave: Proyectos, Construcción, Contratación pública, Gestión de proyectos, Francia

Abstract: This paper includes an analysis of the French construction public procurement system. Among other issues, the paper deal with basic legislation; types of contract and types of contractual price; tendering and awarding procedures; requirements for contractors; subcontracting; payment to contractors and subcontractors; and the specific issues related to engineering / architecture contracts. The French system bears some resemblance to the Spanish one, but includes issues that solve specific problems existing in Spain. The paper also summarises the wide and interesting effort made by the French government to modernise the procurement and management systems used by public agencies in construction projects.

Keywords: Projects, Construction, Public procurement, Project management, France

Introducción

Este artículo analiza el entorno legislativo francés del sector público de la construcción, y en particular, la legislación básica; los tipos de contrato y de precio contractual; los procedimientos de licitación; los requisitos para contratar; los aspectos relacionados con la subcontratación; los relacionados con los pagos / cobros; y las particularidades relativas a los contratos de consultoría; entre otros.

Como se va a ver, el entorno legal en Francia tiene ciertas similitudes con el español, pero incluye aspectos que solucionan problemas específicos que existen en España. Por otro lado, el nivel de madurez en la gestión de proyectos es mayor que en el caso español. Por último, los responsables del país vecino muestran una preocupación importante

por la modernización de la administración, en este caso en sus tareas de gestión.

Dos de los autores (de la Cruz y del Caño, 2001) habían realizado en el año 2000 un análisis detallado del sistema francés, ajustado a la legislación francesa de contratación pública (*Code des Marchés Publics*, entre otras disposiciones) de aquellas fechas. Desde aquel momento hasta ahora ha habido diversos cambios en dicha legislación que han supuesto variaciones muy importantes en este campo, algunas de gran interés. Por otro lado, este artículo recoge los aspectos esenciales que deben conocer los técnicos y personal de gestión de empresas contratistas y de ingeniería con interés en trabajar en Francia, así como las referencias bibliográficas clave para ampliar toda la información que es imposible incluir en la extensión que debe tener un

escrito de este tipo. Los técnicos de la administración española y el propio legislador, por último, pueden encontrar ideas adecuadas para mejorar la situación en España.

Algunos aspectos organizativos de la Administración francesa

Francia es un país con un entorno organizativo y, sobre todo, legislativo, que tiene algunas similitudes con el español, dado que España ha usado muchas veces los sistemas franceses (educativo, legislativo) como modelo para los suyos propios. Tiene un sistema descentralizado con cuatro niveles: central, regional, provincial (departamental) y local.

El Ministerio de Fomento francés (*Ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer*), dentro de su Dirección General de Urbanismo, del Hábitat y de la Construcción (*Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction*), dispone de un gabinete de ingeniería pública (*Bureau de l'Ingénierie Publique*) que se encarga de las tareas técnicas y de gestión de los proyectos de la Administración Central (*Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement*, 1999). A pesar de su nombre, dicho gabinete se refiere a obras de ingeniería y arquitectura.

Este ministerio dispone también, desde la descentralización realizada en los años 80, de entidades descentralizadas de consultoría (ingeniería, arquitectura) que prestan servicios a las autoridades regionales, provinciales y municipales para desarrollar sus proyectos. Por ejemplo, dispone de gabinetes provinciales de consultoría dentro de las *Directions Départementales de l'Équipement* (DDE), que son direcciones provinciales encargadas de las obras públicas de su ámbito. Se trata de un enfoque de cooperación entre las diferentes comunidades nacionales para evitar que la descentralización tenga consecuencias indeseables. El Gabinete de Ingeniería de Apoyo Territorial (*Bureau de l'Ingénierie d'Appui Territorial*), perteneciente a la *Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction* (*Ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer*), sirve de ayuda a las actividades de los servicios descentralizados del ministerio en apoyo a las administraciones regionales, provinciales y locales, así como a las actividades de otros ministerios.

El servicio fundamental que ofrecen estas organizaciones de apoyo (*Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement*, 1999) es la dirección del proyecto, denominada *conduite d'opération*, en la cual la entidad local es quien realmente toma las decisiones, si bien el gabinete local del Ministerio la apoya dirigiendo el proyecto en todos sus aspectos. Es una asistencia técnica, económica, administrativa y jurídica, en la que el director de proyecto de la

DDE desempeña el papel de interlocutor válido de la entidad pública a la que representa ante los usuarios, servicios administrativos, arquitectos, ingenieros, empresas de consultoría, empresas de control de calidad y cualquier otro participante en el proyecto.

El Ministerio de Fomento francés tiene (de la Cruz y del Caño, 2001), en la mayoría de los casos, más experiencia y recursos para la dirección de proyectos de gran tamaño y complejidad que los de las entidades regionales y locales (con posibles excepciones). Por ello normalmente puede desarrollar este papel con mayor eficacia. Muchas entidades públicas de pequeño tamaño son conscientes de ello y usan estos servicios.

En diversos documentos (*Direction Départementale de l'Équipement de la Haute-Garonne*, 2000; *Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement*, 2000; *Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement*, 2004a) la administración francesa, al igual que en otros países avanzados (como es el caso de los EEUU y del Reino Unido), usa los conceptos de dirección de proyectos (project management; *managément de projet*; para más información, el lector puede consultar Spittler y McCracken 1996, o Twort y Rees 2004, entre otras) y la figura del gerente de proyecto por parte de la propiedad, denominado *maître d'ouvrage*. Además, la *Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction* ofrece a cualquier agencia pública equipos de apoyo como asistencia al gerente de proyecto en la dirección del mismo, que incluyen las figuras:

- Del director de proyecto, llamado *directeur de projet* o *conducteur d'opération*.
- Y de los *chef de projet*, o asistentes del director de proyecto, uno para cada fase del proyecto.

Con respecto a organismos de consulta y asesoramiento para los funcionarios a cargo de actividades de contratación:

- El *Code des Marchés Publics* (análogo a la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas española, en adelante LCAP; véase más adelante; République Française, 2006a), establece la existencia de organismos de consulta, para ayudar al funcionario a resolver sus dudas, en la forma de una comisión central de contratación (*Commission des Marchés Publics de l'État*; Art. 129), y diferentes grupos de estudios de contratación (Art. 132) que pueden ser creados por el Observatorio Económico de la Contratación Pública, órgano de información sobre la contratación pública (Arts. 130 a 132).
- Por otro lado, existe una Célula de Información Jurídica a los Compradores Públicos (*Cellule d'Informa-*

tion Juridique aux Acheteurs Publics), con sede en Lyon y que depende de la Dirección General de Contabilidad Pública (Ministerio de Economía, Finanzas e Industria), para uso de cualquier funcionario por teléfono, fax y a través de Internet, normalmente con respuestas en 48 horas.

- También cumple la misma misión (mediante el uso de los mismos medios de comunicación), pero sólo para la administración central, la Oficina de Asesoramiento a los Compradores Públicos (*Bureau du Conseil aux Acheteurs Publics*) de la Dirección de Asuntos Jurídicos del Ministerio de Economía, Finanzas e Industria.
- Además, existe una completa gama de páginas Web que informan al funcionario de todos los aspectos de contratación y adquisiciones públicas, incluso con descarga de formularios, ejemplos de aplicación para resolver dudas, y con "chats" y foros de discusión para que los funcionarios intercambien conocimientos y experiencias en esta materia; las principales Webs para estas misiones son:

- www.legifrance.gouv.fr, de acceso a todo tipo de legislación.
- <http://djo.journal-officiel.gouv.fr/MarchesPublics/>, que es la web de la *Direction des Journaux Officiels*, tiene el mismo propósito que la anterior, recoge la publicación del *Journal Officiel* y, además, incluye diferentes formularios para uso de los funcionarios, con objeto de facilitar su trabajo de gestión.
- <http://simap.eu.int>, que es la web comunitaria del *Système d'Information pour les Marchés Publics*, y que recoge datos comunitarios sobre contratación pública.
- www.minefi.gouv.fr, que es una de las webs del *Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie* y que contiene orientación general, textos de ayuda para la contratación pública, ejemplos, chats y foros de discusión, formularios para uso de los funcionarios o bibliografía, entre otras ayudas.
- www.colloc.minefi.gouv.fr, que es otra de las webs del *Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie*, en este caso específicamente orientada a las administraciones locales, y que incluye también formularios de ayuda.
- <http://www.service-public.fr>, que es un portal de la administración francesa conteniendo orientación general, documentación en información de actualidad de la vida pública.
- <http://www.vie-publique.fr>, con información de la actualidad de la vida pública.
- <http://www.forum.gouv.fr>, que es un portal gubernamental para debates.

Legislación básica

La regulación en Francia de la contratación con las Administraciones Públicas está recogida fundamentalmente en el *Code des Marchés Publics* (en adelante, el Code). Desafortunadamente para el lector que pretenda mantenerse al día, es muy alta la rapidez con que esta y otras legislaciones francesas sufren cambios; en los últimos seis años ha habido muchos cambios en el Code, cambios que se han sucedido en cuestión de meses. Además, ha habido tres textos refundidos: uno en 2001, otro en 2004 (*République Française*, 2005a), y el actualmente vigente (*République Française*, 2006a). Este último ha entrado en vigor poco antes de que se publicase este artículo, tras un largo período de digestión que ha incluido dos anteproyectos de Decreto, el último de los cuales salió a la luz a finales de 2005 (*République Française*, 2005b).

El *Code des Marchés Publics* abarca tres grandes tipos de contratos, los de obras, los de suministros y los de servicios (y, dentro de estos últimos, los de servicios de arquitectura e ingeniería). Sin embargo el Code, a diferencia de la LCAP española, no hace referencia a las concesiones administrativas que quedan aparte, en general, para ser resueltas directamente por el Conseil d'Etat mediante decretos específicos para cada caso. Este es el caso, por ejemplo, de las carreteras, tal como establece la Loi 55-435 (*Loi portant statut des autoroutes*), de 18 de abril de 1955, vigente a la fecha de escribir estas líneas, que establece el estatuto de autopistas. Lo que sí incluye el Code es una parte (la segunda) dedicada a las entidades públicas adjudicatarias que operan una red de servicio público (de gas, electricidad, agua o transporte, entre otras).

Por otro lado el Code (Arts. 3 y 4) excluye los proyectos afectados por el secreto. También excluye algunos contratos de defensa, a regular mediante Decreto específico del *Conseil d'Etat* francés.

Además de lo que establece el Code con respecto a la contratación de servicios, existe una ley (*République Française*, 1985) relativa a la dirección de proyectos de iniciativa pública y de sus relaciones con los técnicos competentes (autores de proyectos técnicos y directores facultativos), llamada Ley "MOP" (*Maîtrise d'Ouvrage Publique*). Esta Ley ha sido modificada por legislación posterior de 1988, 1991, 2000 y 2004, y todas estas modificaciones están ya incorporadas en el texto actual de la ley MOP, a pesar de que se sigue haciendo referencia a ella como Ley MOP de 1985 (*République Française*, 1985). En la Ley MOP se define el marco de desarrollo de los proyectos de construcción de iniciativa pública. Esta Ley está complementada por el Decreto 93-1268 (*République Française*, 1993a) sobre servicios prestados por técnicos competentes en proyectos de cons-

trucción. Existe legislación que detalla tanto la Ley MOP como el Decreto 93-1268, como es el caso del Arreté 1993-12-21 (*République Française*, 1994), que establece mayor detalle sobre el alcance de los trabajos a realizar por los diversos técnicos que participan en proyectos de construcción.

Tipos de contrato

Al margen de las concesiones que, como se ha anticipado, quedan fuera del alcance del Code, los tipos de sistemas de contratación que éste incluye explícitamente son:

- El tradicional de separación de diseño y ejecución.
- La contratación separada de diseño y ejecución en la que las obras se contratan por lotes, en un sistema similar al *construction management* anglo-sajón, que se detallará más adelante. Hay que hacer notar al lector que, en principio, este tipo de contratación incluye el concepto de la contratación por lotes de la LCAP española, pero va más allá. Y es que en Francia no existe limitación a la contratación por lotes, salvo que ello sea perjudicial (Art. 10 del Code). Y, por tanto, los lotes pueden estar interrelacionados (por ejemplo, lotes de obra civil, instalaciones eléctricas, instalaciones mecánicas, ...), mientras que en España los lotes deben ser siempre susceptibles de utilización o aprovechamiento separado (por ejemplo, obras lineales divididas en calles o en tramos de carretera, en las que cada contratista realiza un tramo completo). Una de las ventajas de la contratación por lotes francesa es que permite desglosar una obra en sus diferentes partes a efectos de especialidades y contratar cada una de ellas a un contratista o instalador que realmente esté especializado en ese campo. Pero la cosa va más allá: el Art. 10 establece como principio que la administración debe contratar siempre por lotes, salvo cuando ello pueda suponer una menor competencia, o cuando no suponga ventajas técnicas o económico-financieras, o cuando el funcionario considere que este esquema no se va a poder dirigir o coordinar adecuadamente, en el proyecto que va a contratar (Art. 10 del Code). Lo anterior no lo era, pero esto último es una novedad del Code 2006. El contrato tradicional, por tanto, se va a convertir en excepcional en Francia. De todas formas (Art. 27), se deja libertad a la administración para llevar a cabo un procedimiento único en el que se contratan todos los lotes a la vez, o bien un procedimiento para cada lote. Esto último va a permitir al funcionario el solape entre fases de contratación y obra, cuando el plazo

sea importante, y siempre que se puedan asumir los riesgos que conlleva dicho solape.

- El de ingeniería y obra o llave en mano.
- Se establece también la existencia de contratos denominados de definición, de relativamente escaso potencial uso en construcción, que son específicos para definir el objeto de posteriores contratos, cuando ello no es posible de manera directa, en proyectos de innovación o de complejidad o gran incertidumbre por otras causas.

Tipos de precio contractual

Las modalidades de precios definitivos que prevé el Code son, en principio (Arts. 17 a 19 Code), la de precios unitarios y la de precio fijo (global o parcial), si bien en ambos casos se prevé la posibilidad de revisión de precios (Art. 18).

También está prevista la posibilidad de introducción de incentivos ligados a los plazos de ejecución, mejor calidad de las prestaciones, o reducción de costes de producción, entre otros aspectos.

El Art. 19 del Code 2004 (Art. 19 Code 2006) prevé también la posibilidad de contratación con un precio provisional en procedimientos negociados en los que concurren circunstancias especiales, como son los casos de proyectos de gran complejidad o que incluyan el uso de nuevas tecnologías (no novedosas, sino nuevas) y presenten además o bien un carácter de urgencia o bien riesgos técnicos importantes y, por tanto, no sea posible llegar a un precio inicial definitivo. También se establece esta posibilidad en determinados contratos por tramos en que el precio de la parte de un tramo posterior depende de los resultados de un tramo anterior, entre otros casos. En el caso del uso de un precio provisional el contrato debe establecer las condiciones para fijar el precio definitivo, inclusive previendo la posibilidad del establecimiento de un "precio máximo garantizado" (*prix plafond*), y las imposiciones (de tipo contable, entre otras) que deberá soportar y los controles que deberá pasar el contratista en este caso (Art. 19).

En general, en la práctica habitual de la administración francesa (de la Cruz y del Caño, 2001) se escoge entre precio fijo o precios unitarios en función de la obra de que se trate, si bien en edificación lo más frecuente es la contratación de obras a precio fijo, mientras que en otras infraestructuras, en particular las lineales, lo más frecuente es la mezcla de precios unitarios con precio fijo para algunas partes de la obra, en ambos casos, con los estudios de ejecución (proyecto de ejecución) realizados por el contratista. Sobre este último aspecto se entrará en detalle más adelante.

Procedimiento de licitación

Tipos de procedimientos de licitación y su aplicación según los casos: introducción

Los contratos pueden adjudicarse por distintos procedimientos, a elegir por el poder adjudicador, que debe seguir para ello unas determinadas normas relacionadas con el importe y el objeto del contrato de que se trate. Además, algunos pequeños contratos pueden adjudicarse sin formalidades previas.

Los procedimientos de adjudicación incluidos en el Code y que afectan a la construcción son (Art. 26 del Code):

- General (*appel d'offres*) (Arts. 33 y 57 a 64 del Code, entre otros).
- Negociado (*procédure négociée*) (Arts. 34, 35, 65 y 66 del Code, entre otros).
- De diálogo competitivo (*procédure de dialogue compétitif*) (Arts. 36 y 67 del Code, entre otros).
- De concepción-realización, o llave en mano (*procédure de conception-réalisation*) (Arts. 37 y 69 del Code, entre otros).
- De concurso de arquitectura e ingeniería (*concours*) (Arts. 24, 38, 70 y 74 del Code, entre otros).
- Existe, como en otros países, un procedimiento simplificado para pequeños contratos (Art. 28 Code). El Code 2006 recoge también la figura del acuerdo marco, aplicable a la construcción, si bien probablemente su aplicación quede restringida a trabajos de uso común, con lo que su uso se limitaría a pequeñas obras de mantenimiento y reparación de infraestructuras existentes, entre otros trabajos.

El Code (Art. 26) establece que los procedimientos a usar en los casos normales de contratación tradicional de obras (contratación tradicional por separado de proyecto y obra), son:

- Si se trata de grandes contratos (a la fecha, de más de 5.270.000 € sin IVA) es obligatorio el procedimiento general (*appel d'offres*), si bien se pueden usar el negociado y el de diálogo competitivo en los casos excepcionales que marca el Code y que se van a referir más tarde.
- Si se trata de proyectos medianos (a la fecha, entre 210.000 y 5.270.000 € sin IVA), se puede escoger libremente entre el general, el negociado y el de diálogo competitivo.
- Si se trata de proyectos pequeños (a la fecha, de menos de 135.00 € sin IVA para contratos de servicios de la administración central; de 210.000 para contratos de servicios de otras administraciones; y de

210.000 para los contratos de obras), el procedimiento simplificado (*adaptée*) que establece el Art. 28 del Code, en el que los aspectos de publicidad y concurrencia son decididos por el poder adjudicador en función del objeto y de las características de la misma. En caso de contratos inferiores a 4.000 Euros no es necesaria publicidad ni concurrencia.

En caso de contratación de una obra por lotes (Arts. 26 y 27 del Code) el procedimiento debe seleccionarse de la misma manera, teniendo en cuenta el montante total de la obra, y no el de cada lote (en concordancia con la Directiva 2004/18/CE). Pero es posible prescindir de esta regla y aplicar el procedimiento simplificado a los lotes inferiores a 80.000 € cuando toda la obra no supere los 5.270.000 €; y a los lotes inferiores a 1.000.000 € cuando el total de la obra supere los 5.270.000 €. En todos los casos el montante acumulado de los lotes contratados por este procedimiento no debe exceder el 20% del montante total de la obra; de lo contrario hay que seguir la regla inicial.

Procedimiento general (*appel d'offres*)

El procedimiento general de licitación pública es el denominado *appel d'offres* (Arts. 26, 33 y 57 a 64 del Code), que aquí se va a traducir como procedimiento general. Se trata de un procedimiento de licitación con publicidad en el que se usa un sub-procedimiento de adjudicación en el que el responsable de la administración elige la **oferta más ventajosa**, sin negociación, **sobre la base de diferentes criterios** objetivos previamente puestos en conocimiento de los candidatos. La publicidad incluye también la priorización, cualitativa, o la ponderación, cuantitativa, que se vaya a seguir. Hasta aquí, por tanto, se trata de algo similar al tradicional procedimiento de concurso en la contratación pública española. La novedad del Code 2006 (Art. 53) supone la obligatoriedad de establecer una ponderación cuantitativa; sin embargo, el peso de cada criterio puede expresarse, precisando su ponderación relativa, fijándose una banda de valores con una amplitud adecuada. En opinión de los autores esta parte del articulado dará problemas por no dejar claro qué se entiende por una amplitud adecuada. Por último, cuando el poder adjudicador demuestre que no es posible establecer una ponderación cuantitativa, se le permite realizar una ponderación cualitativa listando los criterios en orden de importancia.

Por otro lado, en este procedimiento **cabe la posibilidad de usar un solo criterio de adjudicación, pero éste debe ser siempre el precio**. Existe libertad para decidir si se va a usar un solo criterio de adjudicación o no, y existe libertad para elegir los criterios a usar. Es decir, el Code incluye el concepto español de subasta (el precio es el único criterio

de adjudicación) pero no como algo específico, sino como un caso particular del procedimiento general. Esto aparecerá también así en la nueva Ley de Contratos española que va a aprobarse antes que termine 2006. Por otro lado, el Code no incluye explícitamente conceptos como el "tipo" estimado por la Administración española para comparar con los precios de oferta y detectar ofertas anormalmente bajas y adjudicar; se entiende, sin embargo, que ello debe hacerse así, por cuanto la Administración francesa realiza estimaciones de coste desde el principio del proyecto, y las va refinando conforme éste avanza. Y se pueden rechazar ofertas cuyos precios parezcan anormalmente bajos, aunque esto se va a detallar más adelante. Hay que hacer notar también, por otro lado, que el Code llama la atención sobre el criterio relativo al coste del ciclo de vida y su importancia.

El poder adjudicador tiene libertad para escoger entre realizar un procedimiento general abierto o restringido. Es más frecuente el procedimiento abierto, lo cual plantea frecuentemente problemas para estudiar las ofertas cuando el número de técnicos asignados para el análisis de ofertas es insuficiente (de la Cruz y del Caño, 2001); por otro lado, no se suelen contratar consultores de apoyo para ello.

En el **procedimiento abierto** puede ofertar cualquier persona física o jurídica. A pesar de ello, la comisión de contratación creada puede eliminar a las empresas que no posean calidad suficiente como para presentar oferta en el proyecto de que se trate o bien a las empresas cuya capacidad parezca insuficiente; este paso se da antes de la apertura de los sobres con las ofertas.

En el **procedimiento restringido** existe un proceso previo de presentación de candidaturas al que se puede presentar cualquier empresa y del que resulta, tras una primera selección, un listado de empresas que son las que pueden ofertar. La selección previa se realiza en base a criterios publicados con anterioridad a la presentación de candidaturas. Entre estos criterios se deben encontrar los que establece el Code (Art. 52) y otros que el responsable de contratación puede añadir, siempre y cuando éstos se justifiquen por el objeto del contrato o las condiciones en que se realizará. En el procedimiento general restringido (y también en otros que sean igualmente restringidos, como es el caso del concurso de ingeniería y arquitectura o *concours*) se puede fijar un número máximo de candidatos a incluir en la lista de preseleccionados (que no puede ser menor de cinco) y, en el caso de que inicialmente resultasen preseleccionados más candidatos que dicho número, se descartará a los candidatos sobrantes según criterios de garantías y capacidad técnica y financiera, así como basándose en sus referencias profesionales (Art. 52 del Code).

La primera novedad que establece el Code 2006 (Art. 52) en este procedimiento es que la ausencia de referen-

cias de contratos previos de la misma naturaleza no se puede considerar como criterio eliminatorio, debiendo la administración evaluar las capacidades profesionales, técnicas y económico-financieras del contratista.

La segunda novedad (Art. 60) supone variaciones en lo relativo a las restricciones en el número de ofertantes que pasan a la segunda fase. Con el nuevo Code la administración puede fijar un número mínimo y un número máximo de candidatos a admitir. El mínimo no será inferior a cinco. Cuando el número de candidatos que satisfagan los criterios de selección sea inferior a cinco, la administración puede continuar el procedimiento con los candidatos que tengan las capacidades requeridas; no se pueden incluir en el procedimiento a otras empresas que no hayan participado en la primera fase, ni tampoco a candidatos que no tengan las capacidades requeridas. Todo lo que se acaba de comentar es aplicable también al procedimiento negociado con publicidad y al de diálogo competitivo, que se van a exponer en epígrafes posteriores, si bien en este caso el número mínimo de candidatos a admitir no será inferior a tres (Arts. 65 y 67, respectivamente). Por otro lado, la administración puede prever también que haya un número mínimo de PYMES a admitir, que no deberá cumplirse si el número de las PYMES seleccionadas en función de los criterios publicados no fuese suficiente. Estos aspectos deben señalarse en la publicidad del contrato, y son también aplicables al procedimiento negociado y al de diálogo competitivo, que se verán más tarde.

Tanto en el caso de un procedimiento general abierto como en el del restringido, el poder adjudicador, previo informe de la comisión de contratación (*commission d'appel d'offres*), puede eliminar a algunos candidatos, bien porque no cumplan los requisitos preestablecidos; bien, como ya se ha comentado, para ajustarse al número de candidatos indicados en el anuncio (procedimiento restringido); o bien porque la oferta no sea conforme con el objeto del contrato. En caso de administraciones regionales o locales, es la propia comisión la que puede hacerlo.

La administración no puede mantener más contacto con los ofertantes que el que le permita precisar o completar el alcance de las ofertas presentadas. Puede rechazar, motivadamente, las ofertas que parezcan anormalmente bajas, siempre y cuando haya solicitado por escrito aclaraciones y justificaciones al respecto y la respuesta de los ofertantes no sirva como justificación (Art. 55 del Code); esto es así, en general, para todo proceso de contratación.

Se establece la posibilidad de que el ofertante presente variantes siempre que los pliegos de petición de ofertas así lo establezcan y siempre y cuando la oferta incluya también el diseño original motivo de la petición de ofertas (Art. 50 del Code).

Tras la adjudicación el responsable de contratación puede, de acuerdo con la empresa adjudicada, realizar una puesta a punto final de las condiciones de contratación siempre y cuando las modificaciones que ello comporte no atenten contra el procedimiento de adjudicación que se acaba de realizar; es decir, que los cambios no conviertan a una empresa rechazada en la más interesante para el contrato.

El proceso se puede declarar desierto si ninguna de las ofertas resulta aceptable. En este caso (Art. 64) se puede repetir el proceso, con los cambios que se considere oportunos, o se puede comenzar un procedimiento negociado. En el caso de contratos de lotes por debajo de un límite determinado se puede comenzar un proceso simplificado (*adaptée*).

Procedimiento negociado

Es un procedimiento similar al español y acorde con la Directiva Europea, que sólo se puede llevar a cabo en determinados casos. En concreto, se establece que se puede llevar a cabo un procedimiento negociado con publicidad y concurrencia, entre otros casos:

- En contratos de obras pequeños y pequeños-medios (a la fecha, con presupuestos entre los 210.000 y los 5.270.000 €, sin IVA).
- Cuando se trata de contratos de servicios, sobre todo en los contratos de prestaciones intelectuales como en los de arquitectura o ingeniería, en los que la naturaleza del servicio sea tal que no se puedan establecer los pliegos de condiciones o especificaciones del contrato de manera previa y con precisión suficiente como para realizar un procedimiento general (*appel d'offres*).

Se puede llevar a cabo un procedimiento negociado sin concurrencia y sin publicidad:

- En caso de urgencia imperiosa resultado de circunstancias imprevisibles (especialmente por causa de catástrofes tecnológicas o naturales), cuando no es posible respetar los plazos necesarios para el procedimiento general o para los negociados con publicidad y concurrencia. Incluso, en caso de que la urgencia impida disponer de tiempo suficiente para la preparación de los documentos contractuales, se puede contratar en base a un intercambio de cartas entre administración y contratista.
- En caso de procedimientos generales declarados desiertos, siempre y cuando no haya modificaciones en el objeto del contrato ni cambios sustanciales en otras condiciones contractuales y que, bajo deman-

da de la Comisión Europea, se realice un informe justificativo.

- Cuando se trate de ampliación de alcance de contratos previamente firmados mediante procesos en concurrencia, siempre que se trate de una inclusión de prestaciones no incluidas en el contrato previo, pero necesarias por razones imprevistas, y que técnica o económicamente no pueda ser separado del contrato inicial. La ampliación será ejecutada, en este caso, por el contratista (obras) o proyectista (servicios) que estaba ejecutando el contrato inicial. El valor acumulado de este tipo de ampliaciones no podrá sobrepasar el 50% del valor del contrato inicial.
- Contratos de servicios u obras para prestaciones similares a las de un contrato precedente ejecutado por el mismo titular. La contratación previa debe haberse realizado mediante un proceso general (*appel d'offres*). Dicho proceso de contratación previa debe haber contemplado esta posibilidad para futuras prestaciones similares, a la que no podrá recurrirse más que durante los tres primeros años tras la notificación del contrato inicial.
- Cuando el contrato solamente pueda ser realizado por una empresa determinada; por ejemplo, en el caso de uso de una licencia, patente o derechos exclusivos sobre alguna tecnología, o en el caso de que las necesidades no puedan ser satisfechas más que por una empresa determinada debido a necesidades técnicas especiales, a inversiones previas importantes, a instalaciones especiales o a conocimientos (*know how*) especiales.
- Por último, como fase final de un proceso de concurso de arquitectura o ingeniería (*concours*), se llevará a cabo un proceso de contratación negociado sin publicidad y sin concurrencia con el o los ganadores del mismo.

Si así se establece en la publicidad, este procedimiento puede desarrollarse en fases sucesivas, en las que se irán eliminando candidatos mediante la aplicación de criterios previamente publicados, establecidos de acuerdo con el Art. 53 del Code. Finalmente, el sub-procedimiento de adjudicación es, de nuevo, a la oferta más ventajosa la adjudicación, sea multicriterio, sea en función del precio.

Procedimiento de diálogo competitivo (*procédure de dialogue compétitif*)

El Diálogo Competitivo es un procedimiento (Arts. 26, 36 y 67 del Code, entre otros) al que puede recurrir la administración en situaciones especiales en los casos de imposibilidad objetiva de definir los medios para satisfacer

las necesidades, o de establecer el entorno jurídico o financiero adecuado para el proyecto. Este procedimiento se puede usar en pequeños contratos de obras cuyo importe esté comprendido entre dos límites fijados (a la fecha, 210.000 € y 5.270.000 €, sin IVA) sin necesidad de que se cumpla la imposibilidad ya referida. El diálogo competitivo no puede aplicarse a un llave en mano ya que, en este caso, existe un procedimiento específico para este tipo de contratos (*procédure de conception-réalisation*). Este tipo de procedimiento está ya incluido en el Anteproyecto de Ley de Contratos del Sector Público, que va a sustituir próximamente a la LCAP española (Ministerio de Economía y Hacienda, 2005), para adaptarse a la Directiva 2004/18/CE.

Se trata de un procedimiento con publicidad en el que, a partir de un programa funcional que define la Administración y que comprende los resultados verificables a obtener o las necesidades que precisa satisfacer, o bien de un proyecto parcialmente definido, los candidatos presentan sus proposiciones sobre los medios técnicos necesarios para tal objeto.

Tras una preselección de candidatos, el poder adjudicador de la contratación comienza el diálogo con cada uno de ellos. La administración puede fijar un número mínimo y un número máximo de candidatos a admitir. El número mínimo debe ser de tres, salvo en caso de ausencia de suficientes candidatos. Los términos del diálogo / negociación son tan amplios como los que abarque el contrato; a diferencia del procedimiento negociado, aquí se puede negociar sobre el alcance. El diálogo se mantendrá hasta que la administración pueda determinar qué medios técnicos son los más adecuados para sus necesidades. Incluso, pueden, si así se anunció previamente, llevarse a cabo discusiones en fases sucesivas, a las que sólo pasarán las proposiciones que respondan mejor a los criterios fijados.

Las condiciones del diálogo deben ser de igualdad estricta. El poder adjudicador no puede dar a un candidato información que le pueda dar ventaja sobre otros, sea información interna de la administración, sea información relativa a las soluciones de otros candidatos o a datos confidenciales comunicados por otros candidatos, sin permiso de estos últimos.

Cuando el responsable del contrato lo considera oportuno, da por concluida la fase de diálogo y pide a los candidatos que quedan en el proceso que vuelvan a presentar sus ofertas con todos los elementos necesarios para llevar a cabo el contrato. Presentadas éstas, aún puede el responsable solicitar aclaraciones o precisiones a las ofertas, pero sin modificar los elementos fundamentales de la oferta o las características esenciales del contrato. Finalmente, el contrato se adjudica, a partir de aquí, de manera similar a la de un procedimiento general (*appel d'offres*).

Como en el procedimiento se incurre en gastos por parte de los participantes, se puede prever la posibilidad de otorgar una prima a todos los participantes o a los mejor clasificados. El proceso, como en otros casos, puede declararse desierto. En estos casos el Code 2006 (Art.67) permite pasar a un nuevo procedimiento de diálogo competitivo, a un procedimiento general, o a un procedimiento negociado, en este caso sin modificar las condiciones contractuales. En el caso de contratos de lotes por debajo de un límite determinado se puede comenzar un proceso simplificado.

Otra novedad del Code 2006 es la posibilidad de que, como parte de este procedimiento, se llegue a más de una solución técnica que responda a las necesidades de la administración. Los ofertantes, por tanto, podrán más tarde escoger entre las diferentes alternativas a la hora de hacer sus propuestas.

Procedimiento de concepción-realización (*procédure de conception-réalisation*): ingeniería y obra / llave en mano

Se trata de un contrato que incluye a la vez (Arts. 37 y 69 del Code) la realización de un proyecto constructivo y su ejecución, o el desarrollo y ejecución de un proyecto conceptual o básico, total o parcial, realizado previamente por la Administración.

No obstante, sólo se prevé, a semejanza con la LCAP española, la posibilidad de recurrir a un llave en mano en caso de que haya motivos técnicos específicos que lo justifiquen. El Code hace referencia a los casos en los que el proceso condiciona la concepción, la ejecución y la puesta en servicio o bien cuando las características técnicas llevan a una ejecución que depende de los medios y de la tecnología de la empresa responsable de dicha ejecución. El Code se refiere también a los casos de dimensiones excepcionales del proyecto en los que ello supone que sólo determinadas empresas puedan acometer el proyecto, y no sea posible contratarlas más que en un llave en mano.

Como se verá más tarde con mayor detalle, el poder adjudicador tiene el apoyo de un jurado para la adjudicación final del mismo. Este incluye, entre otros miembros, expertos en el tipo de proyecto de que se trate, normalmente *maîtres d'oeuvre*, que son ingenieros o arquitectos con titulación adecuada para poder realizar el proyecto técnico de que se trate. El término *maîtres d'oeuvre* aquí se va a traducir por técnicos competentes, y su denominación se va a abreviar como Mo/TC. Pues bien, este jurado tiene la misión de realizar una evaluación de las ofertas con la mayor objetividad, independencia y eficiencia posibles.

El Code indica que este procedimiento debe desarrollarse de manera similar a un procedimiento general (*ap-*

pel d'offres) restringido, si bien en este caso la *commission d'appel d'offres* se convierte en jurado mediante ampliación del número de sus miembros, para añadir a los ya referidos técnicos competentes, en la proporción de un tercio del total. Tras la selección de candidatos por el poder adjudicador, previo informe razonado del jurado, los candidatos seleccionados preparan y presentan sus ofertas. A los ofertantes se les exige como parte de su oferta, como mínimo, un anteproyecto de infraestructuras, o un anteproyecto inicial, en el caso de proyectos de edificación. Por ello, en este caso, se prevé una compensación por los gastos en que incurre el ofertante, de valor igual al precio estimado de los anteproyectos a efectuar. Dicha compensación está limitada a un máximo del 80% del referido precio.

El poder adjudicador no puede mantener más contacto con los ofertantes que el que le permita precisar o completar el alcance de las ofertas presentadas, sin modificarlas ni modificar las condiciones esenciales del contrato.

El jurado examina las prestaciones y escucha a los candidatos, elevando un informe al poder adjudicador, quien elige al ofertante a contratar; en el caso de otras administraciones que no sean la central, es la comisión de contratación (*commission d'appel d'offres*) quien toma la decisión final.

Procedimiento de concurso de arquitectura e ingeniería (concours)

Este proceso (Arts. 24, 38, 70 y 74 del Code, entre otros), que **puede ser abierto o restringido**, se usa para contratar la realización de un plan o proyecto en el campo de la gestión del territorio, el urbanismo, la arquitectura y la ingeniería o el tratamiento de datos. Específicamente, el Art. 74 del Code establece que los proyectistas (*maîtres d'oeuvre*; Mo/TC) serán contratados mediante un procedimiento restringido de *concours*. El Code 2006 (Art. 70) supone una novedad para este procedimiento restringido, por la cual el número mínimo de candidatos a admitir no puede ser inferior a tres salvo en el caso de que, al aplicar los criterios de selección publicados previamente, queden menos de tres candidatos. No obstante, también pueden contratarse según un procedimiento simplificado establecido en el Art. 28 del Code, siempre y cuando el precio sea inferior a un límite establecido en dicho artículo (a la fecha, 135.000 € si el contratante es la autoridad central y 210.000 € si es otra administración).

En este procedimiento la selección de candidatos se realiza en función de un informe razonado realizado por el jurado, figura con la que también cuenta este procedimiento. Tras ello los ofertantes proponen un di-

seño y el precio. Se prevé una compensación por los gastos en que incurre el ofertante. Estas compensaciones así como los criterios de valoración a aplicar por el jurado son publicados de antemano en el momento de dar publicidad al proceso.

El jurado, compuesto en un tercio por expertos en la materia, establece una lista priorizada en función de la adecuación de los diseños, de acuerdo con los criterios previamente publicados, sin conocer los precios de las ofertas. Con el Code 2006 el jurado puede convocar a cualquier persona susceptible de aportar información útil para realizar su trabajo (Art. 24). Tras disponer de una lista priorizada, el poder adjudicador abre los sobres de precios y negocia con los ganadores; en el caso de las administraciones regionales o locales esta negociación la lleva a cabo la asamblea deliberante. Lamentablemente (Bouchon y Cossalter, 1999), el precio suele tener demasiado peso en estas contrataciones de servicios (también sucede lo mismo con otros procedimientos), lo cual suele ser origen de problemas. Para contratos de cierta importancia esta selección es anónima (a la fecha, por encima de 135.000 € si el contratante es la autoridad central y 210.000 € si es otra administración; sin embargo, si el jurado estima oportuno realizar un proceso verbal con preguntas a los concursantes que sirvan para resolver sus dudas, dicho anonimato puede romperse (algo que no parece oportuno).

En el caso de que el proceso de *concours* suponga que los proyectistas tengan que entregar un prediseño como parte de la oferta, el tipo de propuesta de diseño que se suele solicitar en el caso de edificación es un estudio preliminar (*esquisse*), un anteproyecto inicial (*avant-projet sommaire*) acompañado o no de una maqueta, o un anteproyecto definitivo (*avant-projet définitif*); más adelante se va a comentar la regulación y contenido de estas figuras. Al parecer (de la Cruz y del Caño, 2001), lo más frecuente es pedir un estudio preliminar (*esquisse*), si bien en ocasiones el nivel de detalle de este tipo de documento se considera insuficiente para poder juzgar la solución propuesta.

El caso de otras infraestructuras (imaginémonos las lineales de carreteras y ferrocarriles) es diferente, ya que el total a realizar suele dividirse en tramos, y normalmente se comienza el proceso de contratación con un anteproyecto ya realizado por la Administración.

Otros procedimientos de contratación de profesionales competentes para funciones técnicas en proyectos de construcción (*maîtrise d'oeuvre*)

En el caso de la realización de una obra o de un proyecto urbanístico o paisajístico, estos contratos (Art. 74 del Code) tienen por objeto, la ejecución de uno o varios

elementos de las posibles misiones de este tipo de profesionales definidas en el Art. 7 de la Ley MOP (proyectos facultativos, dirección de obra, etc.; ver más adelante en la parte dedicada a esta ley).

Como se ha visto en el epígrafe anterior, estos contratos se deben realizar por un procedimiento restringido de *concours*, aunque pueden ser realizados por un procedimiento simplificado (*adaptée*) cuando el importe sea menor de una determinada cantidad (Art. 28 del Code).

No obstante, aunque el montante del contrato sea superior a dichos límites, el procedimiento puede no ser el de *concours* si se trata de rehabilitaciones, investigación o experimentación, trabajos profesionales que no supongan realizar un diseño (dirección facultativa u otro tipo de consultoría) y en el caso de proyectos de infraestructuras, en que los técnicos de la administración establecen los trazados y el diseño conceptual. En estos casos el procedimiento será el general (*appel d'offres*), salvo en los casos en que dicho procedimiento pueda sustituirse por uno negociado. En este último caso los criterios de selección pueden incluir sólo la competencia del candidato, sus referencias y sus medios humanos y materiales, o bien se pueden usar más criterios.

Comisiones y jurados para procesos de licitación

Existen comisiones y jurados que sirven para asesorar al poder adjudicador en los distintos procedimientos de licitación.

Las comisiones están formadas por responsables de gestión del ministerio correspondiente, o por representantes políticos de las colectividades territoriales (administraciones regionales o locales), si bien el presidente puede convocar a expertos en la materia para asesorar a la comisión.

La comisión para el procedimiento general de licitación (*appel d'offres*) es de carácter permanente (Art. 21 del Code), aunque pueden formarse comisiones específicas de este tipo para un determinado contrato. Con respecto a su composición:

- Si se trata de la administración central (Art. 21 del Code), dicha composición se fija normalmente por el ministro correspondiente, o bien por el prefecto (*préfet*) en el caso de servicios descentralizados. En ambos casos hay que añadir a un representante de la Dirección General de la Competencia, Consumo y Represión del Fraude, como miembro consultivo (con voz pero sin voto).
- Si se trata de otras administraciones Arts. 22 y 23, su composición es la siguiente:

- Miembros deliberantes (con voz y voto):
 - Si se trata de una administración regional / provincial: el presidente de la región / diputación más cinco diputados por representación proporcional.
 - Si se trata de una administración local de más de 3.500 habitantes: el alcalde más cinco concejales por representación proporcional.
 - Si se trata de una administración local de menos de 3.500 habitantes: el alcalde más tres concejales por representación proporcional.
 - En el caso de determinadas organizaciones no incluidas en los casos anteriores se establecen estructuras similares, salvo en algunos casos, como son los centros sanitarios, en que la composición la define el director de los mismos, contando con la opinión de su consejo de administración.
- Miembros consultivos (con voz pero sin voto); entre otros pueden participar:
 - Uno o varios representantes técnicos, funcionarios, pertenecientes al poder adjudicador o a otra administración.
 - Expertos en la materia objeto de la contratación, designados por el presidente.
 - Un interventor, cuando es invitado por el presidente.
 - Un representante de la Dirección General de la Competencia, Consumo y Represión del Fraude, cuando es invitado por el presidente.

Los jurados, propios de los procedimientos denominados concepción-realización (*conception-réalisation*; ingeniería y obra / llave en mano; Arts. 37 y 69 del Code) y de los de concurso de ingeniería y arquitectura (*concours*; Arts. 24, 38, 70 y 74 del Code), incluyen en su composición (Art. 24) a los miembros con voz y voto de la comisión general (*d'appel d'offres*) más un máximo de cinco expertos en la materia (normalmente *maîtres d'oeuvre*; Mo/TC; designados por el presidente de la comisión), todos ellos con voz y voto. Pero al menos un tercio de miembros del jurado deben tener la misma titulación que se exige a las personas físicas o jurídicas que van a presentar oferta o, en el caso de que no sea esto posible, de gran competencia en la materia de que se trate. El presidente puede invitar también al interventor y a un representante de la Dirección General de la Competencia, Consumo y Represión del Fraude, ambos con voz pero sin voto. También puede invitar a funcionarios del poder adjudicador competentes en la materia objeto del contrato, o bien expertos en contratación pública.

Requisitos para contratar

Calificación, clasificación y certificación de empresas contratistas

No existe (Vuillerme y Richaud, 1999) un sistema de este tipo dentro de la Administración, como ocurre en España. Existen, sin embargo organizaciones que realizan este tipo de actividad. En el campo de la edificación, por ejemplo, Qualibat (*Organisme professionnel de qualification et de certification du bâtiment*) desarrolla, bajo control de la Administración, la misión de calificar, clasificar y certificar a los contratistas de edificación.

Por otro lado (de la Cruz y del Caño, 2001), la *Fédération Nationale des Travaux Publics* (FNTP) elabora bajo demanda, para los contratistas de infraestructuras, su *Carte Professionnelle d'Entrepreneur de Travaux Publics*, a renovar anualmente. Este documento establece la calificación del contratista y, aunque no tiene valor legal, es aceptado y usado por los clientes públicos en sus contrataciones, como medio para evaluar la capacidad técnica de la empresa.

Tanto en un caso como en el otro, los certificados ISO-9.001 (llaves en mano) o ISO-9.002 (contratación tradicional) no son exigibles para obras públicas. Cuando el contratista no tiene una certificación de ningún tipo se analizan sus referencias y se contrastan. De todas formas, el Code 2006 (Art. 45) establece la posibilidad de solicitar certificados de calidad basados en normativa europea; certificados de otro tipo, emitidos por organismos independientes, demostrando la capacidad de la empresa para ejecutar el contrato; y certificados medioambientales basados en el sistema comunitario EMAS, en la normativa europea, o incluso en otra normativa internacional.

Garantías

Se impone al contratista (Arts. 101 a 105 del Code) una retención de garantía hasta un máximo del 5%, aumentado, si es el caso, por el montante de los acuerdos contractuales de ampliación del contrato inicial. Esta retención puede ser sustituida por un aval bancario a primera demanda o, si las dos partes están de acuerdo, por un aval personal y solidario en condiciones que se especifican en el Code. El Art. 105 del Code establece la posibilidad de exigir otras garantías en el pliego de condiciones.

Subcontratación

Cualquier empresa (Arts. 112 a 117 del Code) tiene derecho a subcontratar siempre y cuando haya obtenido el

visto bueno de la Administración. Se establece que no se puede subcontratar la totalidad de los trabajos, pero no se establece una limitación cuantitativa.

Por su parte, los subcontratistas (incluimos aquí a los suministradores dentro del término de subcontratista, para no alargar el texto) pueden escoger entre cobrar del contratista o cobrar directamente de la Administración (Art. 115 del Code). Huelga decir que lo habitual es que los subcontratistas cobren directamente de la Administración. Para que esto sea así es necesario que el contratista, al solicitar permiso para subcontratar, declare quiénes van a ser sus subcontratistas, aportando una serie de datos sobre los mismos, entre los que se incluyen sus condiciones de pago. Todo esto es así siempre y cuando el subcontrato sea superior a una cantidad dada (a la fecha, 600 €, IVA incluido). En otro caso el pago no puede ser directo, si bien en caso de impago el subcontratista puede actuar legalmente contra la Administración. Además, los pagos del contratista a sus subcontratistas están garantizados mediante un aval bancario personal y solidario. Este aval sólo puede estar firmado por una entidad reconocida por la Administración francesa como capacitada para ello. Otra ventaja para los subcontratistas a los que se les haya admitido el pago directo es que pueden recibir anticipos de la administración (Art. 115 del Code).

Todo lo que se acaba de decir es aplicable también a las empresas de servicios y, por lo tanto, a las empresas de consultoría (ingeniería o arquitectura).

Pagos por parte de la Administración

En Francia se producen también retrasos en los pagos por parte de la Administración, por razones burocráticas; por ejemplo, cuando la estimación de pagos periódicos no se corresponde con las necesidades reales, los pagos se retrasan mucho. En este caso el contratista cobra intereses por ello, que suelen ser un poco más elevados que los del mercado, sin necesidad de tener que demandarlos. El plazo máximo legal de pago de la administración (Art. 98 del Code) es de 45 días, salvo para los organismos sanitarios, que es de 50 días. El Decreto 2002-232 establece los plazos máximos de pago en la contratación pública (*République Française*, 2002), de acuerdo con el Code.

Otros aspectos del sistema francés

Control de calidad

Al igual que en España, es frecuente la contratación de una empresa de control de calidad (*bureau de contrôle*),

independiente del Mo/TC (proyectista) y del contratista, para realizar dicho control en obra. Al igual que en el caso español, la legislación francesa contempla el control de calidad pero tiene carencias importantes al no incluir el concepto completo de planificación y aseguramiento de la calidad, que comienza al principio del ciclo de vida del proyecto. Téngase en cuenta que, en España, tanto la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas como la Ley de la Ordenación de la Edificación y el resto de normativa autonómica a lo más que llegan es a controlar la calidad formal del proyecto que realiza el arquitecto o ingeniero y de sus cálculos y dimensionamientos, pero el concepto de planificación y aseguramiento de la calidad es más amplio e incluye la realización de un plan de calidad específico para cada proyecto, antes de que el ingeniero o arquitecto comiencen a proyectar la nueva instalación.

Otros controles

Por otro lado, la Ley 1978-12 de 4 de enero, sobre control técnico de la construcción, establece la posibilidad de que exista un controlador técnico (*contrôleur technique*), tanto en fase de proyecto como en la de obra, esencialmente encargado de asegurar la seguridad durante la construcción y la explotación. En general, este técnico sólo interviene cuando el gerente de proyecto (*maître de l'ouvrage*; responsable del proyecto por parte de la Administración) lo requiere. Como consecuencia de lo anterior, es habitual que haya controladores técnicos en las obras de infraestructuras, pero no en las de edificación (de la Cruz y del Caño, 2001). La acreditación para ser controlador técnico la otorga el estado, es difícil de conseguir, y se obtiene en base a amplios conocimientos y experiencia, junto con historial adecuado de ética profesional, en función de condiciones establecidas mediante Decreto del Conseil d'Etat; se trata de una actividad incompatible con cualquier otro trabajo técnico o de consultoría en el sector de la construcción. El Décret 1978-1146 de 7 de diciembre establece la obligatoriedad de la intervención de controladores técnicos en determinados edificios que vayan a recibir cantidades relevantes de público, en los edificios de gran altura (más de 28 metros, aproximadamente), y en los edificios no industriales con elementos estructurales de grandes luces, o bien que tengan partes enterradas a profundidad mayor de 15 m, o bien que tengan cimientos de profundidad superior a 30 m, o bien que puedan originar posibles problemas de ejecución por causa de los edificios vecinos.

Particularidades con respecto a los contratos de consultoría y asistencia y contratos de servicios. Otras disposiciones particulares relativas a contratos de ingeniería y arquitectura diferentes del Code: La Ley MOP y su legislación complementaria

En las obras públicas francesas (Bouchon y Cossalter, 2003) se denomina *maître d'ouvrage* (que traduciremos por gerente de proyecto y que, de ahora en adelante, se abreviará con el término MO/GP) al responsable del proyecto por parte de la Administración, y *maître d'oeuvre* (que ya habíamos acordado traducir por técnico competente -arquitecto, ingeniero, o empresa de servicios-, y en abreviar con el término Mo/TC) al técnico que presta todos o parte de los servicios necesarios para construir una infraestructura (que en España se conocen como anteproyecto, proyecto y dirección facultativa o dirección de obra).

El sistema francés prevé que este tipo de servicios puedan ser prestados tanto por técnicos de la Administración como por profesionales libres y empresas privadas. También se establece la posibilidad de que técnicos de la Administración concurren como particulares (como profesionales libres) para prestar este tipo de servicio, siempre y cuando no sea en su propia área de servicio (para evitar que alguien sea juez y parte). Un funcionario técnico puede realizar proyectos en su área de servicio solamente como un trabajo incluido en sus cometidos normales (y en su sueldo). Lo más habitual (de la Cruz y del Caño, 2001) es que el papel de Mo/TC sea desempeñado por los tres tipos de profesionales / empresa referidos, para dar más agilidad al sistema. Todo lo anterior tiene cierta similitud con el sistema español.

La dirección del proyecto

La Ley MOP define el papel del MO/GP (*maître d'ouvrage* / gerente de proyecto), como la persona (persona jurídica; cargo público) para la cual se construye la obra pública, y que manifiesta por ello su voluntad por escrito. Esta Ley:

- establece un listado de personas (cargos públicos) que pueden ser MO/GP,
- fija las obligaciones de los mismos,
- organiza las figuras necesarias para poder desarrollar adecuadamente la MO/GP, en particular, estableciendo
 - la existencia legal de la figura del *conducteur d'opération* (asesor o asistente del MO/GP), que ya habíamos traducido aquí como director de proyecto.
 - y la posibilidad que tiene el MO/GP de delegar (*maîtrise d'ouvrage déléguée*)

- y detalla las relaciones entre la MO/GP y la Mo/TC (*maître d'oeuvre* / técnico competente), estableciendo la misión detallada de ésta última.

La Ley MOP también establece que, en caso de que el proyecto sea muy complejo y suponga la participación (Art. 2) de diversos MO/GP, por razón de competencias legales o de otro tipo, éstos pueden decidir (y nombrar), por acuerdo, cuál de ellos será el MO/GP del conjunto, denominado *maître d'ouvrage de l'opération*. En opinión de los autores, este es un punto débil de la Ley MOP, ya que también deja abierta la posibilidad de que no haya un responsable máximo, lo cual es garantía de problemas de autoridad y responsabilidad.

Las obligaciones del MO/GP, según la Ley MOP, son las siguientes:

1. Asegurarse de la viabilidad del proyecto (*faisabilité*; técnica, económica-financiera y social), si bien con el alcance de un estudio de oportunidad o de pre-viabilidad; no se trata de un estudio de gran profundidad, tal como prevé la Ley. Debe asegurarse también de su oportunidad (*opportunité*; decisión política, en el mejor sentido de la palabra). Al documento resultante se le suele llamar *étude préalable*.
2. Determinar la localización del proyecto.
3. Definir los objetivos del proyecto (que la Ley MOP denomina *programme*) y la cantidad máxima que el MO/GP quiere invertir en el proyecto (que la Ley MOP denomina *enveloppe financière*).

a. Con respecto a los objetivos, la Ley MOP solicita explícitamente del MO/GP la definición documental de objetivos cualitativos y cuantitativos, las necesidades a satisfacer y las restricciones y exigencias de calidad social, urbanística, arquitectónica, funcional, técnica y económica, de inserción en el paisaje, de protección del medio ambiente, de ejecución del proyecto y de utilización del producto final.

b. Dicho documento suele contener también, antes que todo, una introducción al proyecto (génesis, naturaleza, actores y su papel), y una descripción del entorno físico y urbano (incluyendo lo jurídico) del terreno a construir.

c. Con respecto a los objetivos y al montante máximo existe en Francia, al igual que en España, una cierta tendencia de determinados políticos a no ser objetivos e, incluso, sinceros, a la hora de definir esta información (que en Francia debe elevarse a más altas instancias), estableciendo objetivos poco claros y, sobre todo, estimaciones de costes no realistas. De todos modos, la mera obligación de reali-

zar esta documentación con el alcance referido y de que deba ser elevada a más altas instancias que en España, mejora en algo la situación que existe en nuestro país.

4. Asegurar la financiación del proyecto.
5. Escoger el proceso según el cual se desarrollará el proyecto: tipologías de contrato, modalidades de licitación, y la organización necesaria para el proyecto, en el sentido de si va a dirigir en solitario, si lo va a hacer con un asesor o si va a delegar sus funciones.
6. Realizar las contrataciones necesarias.

Se sobreentiende que el MO/GP debe también administrar correctamente todos los contratos que realice y gestionar las garantías (de buena ejecución, de funcionamiento y decenal) del Mo/TC y del contratista o contratistas.

Como se ha introducido, todo lo anterior puede realizarlo el MO/GP en solitario (MOP *directe*) o con ayuda (MOP *assistée*), o puede delegar (MOP *mandatée*), lo cual no le exime de ninguna responsabilidad.

Por un lado, la Ley MOP prevé la posibilidad de que el documento de objetivos (*programme*) y la determinación de la asignación presupuestaria estimada (*enveloppe financière*) sea realizado por un técnico de la Administración diferente del MO/GP, o por una empresa o profesional libre (Art. 2 de la Ley MOP).

Por otro lado, el MO/GP puede delegar algunas de sus funciones en una persona pública o en determinados tipos de empresas y establecimientos públicos (Arts. 3 y 4 de la Ley MOP). El delegado (*mandataire*) no tiene poder propio, sino que actúa en nombre y por cuenta de la Administración y, en particular, del MO/GP; sólo es responsable de la buena ejecución de las tareas que se le encomiendan. El delegado parte de los objetivos (*programme*) y del presupuesto (*enveloppe financière*), aspectos sobre los que no puede actuar, pero puede (Art. 3), entre otros aspectos:

- Definir las condiciones administrativas y técnicas según las cuales el proyecto será diseñado y construido.
- Contratar todo lo necesario para el diseño y la ejecución y asistir a las comisiones o jurados en su nombre, e incluso actuar en su nombre ante los tribunales.
- Aprobar los anteproyectos (*avant-projet*).
- O realizar la recepción de las obras.

Ser MO/GP es incompatible (Art. 4) con el desarrollo de cualquier otra tarea técnica (Mo/TC) en el mismo proyecto:

- Si se trata de una MO/GP directa, los técnicos (profesionales libres) que se contraten no pueden estar ligados familiarmente al funcionario público que desarrolla dicha MO/GP, ni tampoco se puede contratar dichas tareas con empresas ligadas a ese funcionario.

- Por otro lado, si se trata de una MO/GP asistida, lo anterior se aplica a los funcionarios públicos que ayudan al MO/GP.
- Por último, si se trata de una MO/GP delegada (*mandatée*), la empresa que desarrolla el mandato no puede ser contratada para otras tareas en el mismo proyecto, ni tampoco empresa alguna ligada a ella.

Finalmente, el MO/GP puede actuar sin delegar pero con la ayuda de un asistente (*conducteur d'opération*; Art. 6 de la Ley MOP), que aporta un asesoramiento administrativo, económico-financiero y técnico al MO/GP (sin tomar decisiones), y que suele ser un funcionario de carrera, arquitecto o ingeniero, si bien pueden ser también determinadas empresas y establecimientos públicos e, incluso, otros tipos de empresas a determinar mediante decreto legislativo. De nuevo, existe incompatibilidad para realizar, simultáneamente en el mismo proyecto, este y otro papel cualquiera, incluidas las consideraciones ya expuestas sobre empresas ligadas al funcionario o empresa que se contrate para esta misión.

El ciclo de vida del proyecto según la Ley MOP y el Decreto 93-1268

La Ley MOP (*République Française*, 1985) establece también las fases de un proyecto de obra pública a efectos del MO/GP, que son diferentes (aunque similares) en función de que sea una construcción de nueva factura o una rehabilitación. Se van a comentar aquí las fases del caso normal de construcciones de nueva factura. El Decreto 93-1268 (*République Française*, 1993a) también se refiere a las mismas fases del proyecto.

La primera actividad será la de determinar la viabilidad (*faisabilité et opportunité*) por parte del MO/GP, con ello se tomará una primera decisión de seguir o no adelante. En caso positivo el MO/GP debe abordar la localización definitiva del terreno, definir los objetivos y restricciones (*programme*), asegurar la financiación del proyecto y establecer el proceso según el cual se desarrollará el proyecto.

En este momento se toma la decisión definitiva de acometer o no el proyecto y, si es positiva y el proceso es llave en mano, se realiza la correspondiente contratación.

Si el proceso es tradicional, se realiza la contratación del Mo/TC. Las principales misiones que se pueden encargar a un Mo/TC están reguladas en el Art. 7 de la Ley MOP y en el Decreto 93-1268. Así, la misión del Mo/TC (*maître d'oeuvre* / técnico competente), según la Ley MOP (Art. 7), es "aportar una respuesta arquitectónica, técnica y económica a un programa (de necesidades)". Por su parte, Bouchon y Cossalter (1999), citando a otros

autores franceses, definen la Mo/TC como el conjunto de prestaciones intelectuales necesarias para la concepción, realización y puesta en servicio de una obra para satisfacer plenamente las necesidades y restricciones expresadas por el MO/GP. En este sentido, el derecho francés, en su Código Civil (Art. 1984), establece que el Mo/TC no es un representante de la propiedad, no actúa en nombre y por cuenta del MO/GP; el contrato suscrito con el Mo/TC no le hace titular de un contrato de mandato por el cual el MO/GP le da poder para hacer algo en su nombre y por su cuenta, sino que es titular de un contrato de empresa en el sentido recogido por los Arts. 1779 y 1787 de aquél Código Civil (Bouchon y Cossalter, 1999). Se trata de un encargo del MO/GP para que el Mo/TC conciba y haga ejecutar, con total independencia, una obra.

En el caso de ser un edificio, el Mo/TC será un arquitecto o una empresa de servicios con este tipo de titulados. El Mo/TC realizará primero un estudio preliminar (en general, denominado *études de projet* y, específicamente, denominado *études d'esquisse* en edificación); normalmente lo realizará para ofertar, ya que lo más frecuente es que la petición de ofertas incluya la solicitud de una propuesta de diseño, como se ha visto con anterioridad. Tras la aprobación del estudio preliminar (con cambios, si fuesen necesarios), realizará un anteproyecto inicial (*avant-projet sommaire*) y, tras su aprobación, un anteproyecto definitivo (*avant-projet définitif*).

En el caso de una infraestructura diferente de un edificio, el Mo/TC, que será un ingeniero o empresa con este tipo de titulados, realizará un estudio preliminar (en este caso llamado *études préliminaires*). Tras su aprobación elaborará un anteproyecto (en este caso no hay dos fases de anteproyecto). A partir de aquí los pasos son iguales se trate de una edificación o de infraestructuras de otro tipo.

Tras la aprobación correspondiente se realizará el proyecto (*projet*) para poder contratar, en el que los sistemas constructivos quedan implantados y predimensionados; se trata, más que de otra cosa, de lo que se suele entender por proyecto básico en ingeniería.

En el esquema tradicional, tras ello se selecciona al contratista por parte del MO/GP, para lo cual puede contar con la asistencia del Mo/TC. El Decreto 93-1268 establece que el Mo/TC, en esta fase (Arts. 6 y 22):

- Debe colaborar en la elaboración de los documentos para solicitar ofertas a los contratistas, tanto en cuanto a lo técnico como en cuanto a lo administrativo (sólo cláusulas administrativas particulares).
- Debe preparar la selección de candidatos, si ha lugar, y examinar las candidaturas obtenidas.

- Debe analizar las ofertas y, si ha lugar, las variantes propuestas por los contratistas.
- Además, suele ser invitado, como persona competente en la materia, a la comisión de contratación para el análisis de las ofertas.
- Y, por último, colabora en la realización de las puestas a punto finales, antes de la firma del contrato y del arranque de la obra, con el contratista o contratistas adjudicados.

Se pueden contratar varios contratistas, en una contratación por paquetes que está prevista en la Ley MOP, estableciendo la posibilidad de un sistema del tipo *construction management* anglosajón, en el que un consultor gestiona la obra y coordina a los múltiples contratistas que han firmado un contrato con el cliente (para más información sobre este sistema, el lector puede consultar Haltenhoff 1999 o Masterman 2002, entre otros).

Una vez contratado el contratista, suele ser éste mismo el que realiza los estudios de ejecución (*études d'exécution*), si bien esto puede hacerse también por el Mo/TC, siguiendo el esquema más tradicional o, incluso, puede repartirse dicha tarea entre el Mo/TC y los contratistas. Lo más normal (de la Cruz y del Caño, 2001) es que sea el contratista el que lo haga, si bien debe contar con la aprobación final del Mo/TC. Es decir, el proyecto de detalle o constructivo lo realiza el contratista con una frecuencia muy alta.

Tras ello se desarrollan las obras bajo la dirección del Mo/TC (*direction de l'exécution du contrat de travaux*). Si se trata de varios contratistas, existirá casi siempre una coordinación (*ordonnancement, pilotage et coordination du chantier*) que puede ser realizada por el Mo/TC o por una empresa consultora. Dicha coordinación no existirá en caso de que la obra sea muy pequeña y su coordinación no plantee necesidades de personal o dedicación adicionales a las normales de la dirección de obra.

Finalmente, el Mo/TC asistirá al MO/GP en la recepción y puesta en servicio y en el período de garantía. El MO/GP puede requerir la presencia del Mo/TC durante un año a partir de la recepción de la obra.

El Decreto 93-1268 (République Française, 1993a) relativo a los encargos confiados a los técnicos competentes en ingeniería y arquitectura, establece el alcance y contenido de los diferentes trabajos a realizar por los profesionales libres y empresas de consultoría (servicios a prestar por el Mo/TC en fase de obra entre otros). Hemos visto cómo los requerimientos son distintos en edificación que en otras infraestructuras, pero además conviene resaltar que estas definiciones tampoco son iguales en ambos casos.

Remuneración del Mo/TC y ajuste a objetivos de costes de ejecución

La Ley MOP (République Française, 1985) y el Decreto 93-1268 (République Française, 1993a) regulan los aspectos de remuneración del Mo/TC trabajando para la Administración.

La Ley MOP (Art. 9) establece que este tipo de servicios sólo se puede contratar a precio fijo, que usualmente se expresa como un porcentaje fijo sobre los costes estimados de ejecución. De todos modos el sistema legal francés (Art. 19-III del Code 2006) prevé la posibilidad de que el precio de contrato pueda sufrir alteraciones para convertirse en definitivo cuando exista una estimación de los costes de ejecución lo suficientemente afinada (anteproyecto definitivo o anteproyecto de infraestructuras) y aceptada por el MO/GP.

Mientras lo que se tiene es la remuneración inicial provisional, se conoce la manera de convertirla en definitiva y se conoce el máximo al que puede llegar (asignación presupuestaria). La estimación definitiva de costes de ejecución que sirve para cerrar el precio de los servicios puede fijarse unilateralmente por el MO/GP, si bien lo normal es hacerlo de común acuerdo entre el Mo/TC y el MO/GP.

La remuneración final del Mo/TC es igual a la remuneración inicial definitiva, más las revisiones que pudiera haber (por cambios en el alcance o por ajuste a los cambios económicos del mercado, previsto en el sistema legal francés), más las primas por incentivos a que se haga acreedor, menos las penalizaciones por incumplimientos que le sean aplicables.

Entre unas cosas y otras las reducciones en los honorarios del Mo/TC pueden ponerle en serios problemas, por lo que el Code 2001, en su Art. 139, establecía una base reglamentaria para que se pidiese al Mo/TC una garantía contractual en este sentido (aval bancario personal y solidario, retenciones, hipotecas, fianzas, etc.), salvo en algunos casos (por ejemplo, en el caso de que se trate de sociedades cooperativas). Ni el Code 2004 establecía esta base, ni el Code 2006 la incluye, pero parece lógico hacerlo en casos de presupuestos importantes; de todas formas, tanto el Code 2004 (Art. 103) como el Code 2006 (Art. 105) establecen la posibilidad de exigir otras garantías no referidas explícitamente por el propio Code.

El Plan de Modernización del Ministère de L'équipement, des Transports et du Logement

El Ministerio de Fomento francés (*Ministère de L'équipement, des Transports et du Logement*) se encuentra, desde hace varios años, inmerso en un plan de modernización de

la "ingeniería pública" (ingeniería, arquitectura), cuya idea central es la mejora de los servicios que presta a lo largo de todo el país y cuya misión y objetivos se plasmaron en un documento (*Ministère de L'équipement, des Transports et du Logement*, 1999). Este documento es un resumen de la planificación estratégica realizada por dicho Ministerio que incluye un análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas, Oportunidades) y que define los retos a los que se enfrenta dicho Ministerio y la manera en que sus responsables piensan enfrentarse a ellos. En dicho documento, ese Ministerio era consciente, entre otros aspectos:

- De que debía evolucionar en diferentes frentes:
 - Uno era la cooperación con el resto de comunidades del país (regiones, provincias, municipios).
 - Otro era el relativo a prestar más atención a aspectos de la demanda social no tradicionales en este tipo de proyectos, como las disfunciones urbanas, el transporte urbano, la calidad del aire, la calidad de los espacios públicos, la accesibilidad de las construcciones públicas, la calidad del agua o el tratamiento de todo tipo de residuos, entre otros.
- De que los proyectos de iniciativa pública de cualquier tipo tienen cada vez mayor complejidad por la cantidad de partes interesadas que existen en ellos. Y de que ello genera determinado tipo de riesgos, entre los que subrayaban los jurídicos. Los litigios son cada vez más numerosos para el Estado y para los técnicos (públicos y privados) que trabajan para él.
- Como consecuencia de lo anterior, era consciente de que necesitaban un enfoque sistémico global para concebir y dirigir los proyectos propios y los que suponen una ayuda a otras comunidades.
- Dentro de dichos enfoques globales reseñaban la importancia del desarrollo sostenible para que sus proyectos no sean perjudiciales para las generaciones futuras, como resultado de tener en cuenta simultáneamente tres condiciones: crecimiento económico, solidaridad social y preservación del medio y de sus recursos.
- De que, dentro del enfoque global, necesitaban un mayor enfoque de dirección de proyectos (y abandonar la postura tradicional en la que lo esencial es concentrarse en la dirección de las obras, por mucho que ésta sea de gran importancia), mejorando en las etapas anteriores a la obra con la colaboración del sector privado, para desarrollar un papel de calidad en dicha dirección de proyecto desde las fases iniciales de diagnóstico hasta la puesta en marcha de la nueva instalación. Reconocían, en este sentido y entre otras cosas, sus problemas para

cumplir plazos. Y se proponían optimizar sus procesos de dirección de proyectos y aumentar la cultura de proyecto ("de equipo de proyecto") y desarrollar herramientas útiles de apoyo en la toma de decisiones.

- Complementando lo anterior, de que es necesario un enfoque del ciclo de vida del proyecto, de manera que la cultura profesional en este campo lleve a sus técnicos a analizar, en profundidad y sistemáticamente, los aspectos de la explotación y mantenimiento posteriores.
- De que es necesario documentar y capitalizar más las experiencias, conocimientos y procedimientos de trabajo del Ministerio (gestión del conocimiento; *knowledge management*), para sacar más provecho de ellas en el futuro, al margen de aumentar la transparencia y facilitar la tarea de los profesionales públicos y privados que intervienen en el proyecto. Para ello:
 - Se proponían construir una base de datos que contuviese este tipo de información.
 - Y están documentando diversos procedimientos sobre metodología de dirección de proyectos, autoridad y responsabilidad de los participantes en el proyecto, organización del proyecto, criterios de explotación y mantenimiento a tener en cuenta durante el proyecto, sistemas complejos de contratación, ratios de costes, accesibilidad y confort de uso de las construcciones y guías generales para técnicos públicos y privados en sus trabajos para la Administración, entre otros.
- De la necesidad de un número cada vez mayor de profesionales especializados y diferenciados (ingenieros, arquitectos, urbanistas, paisajistas, o topógrafos, entre otros), para completar el potencial de técnicos generalistas, que también son necesarios.
- De la necesidad de que el sector público conozca mejor las fortalezas, las debilidades y los problemas de las empresas de consultoría del sector privado y, viceversa, de que el sector privado conozca mejor la problemática del sector público, para descubrir la mejor manera de complementarse. Tras haber endurecido determinadas condiciones para los técnicos privados que trabajan para la Administración, en opinión de los autores, la Administración francesa ve al ingeniero o al arquitecto cada vez más como un colaborador que como un contratista, mientras que en España cada vez se le trata más como a un contratista (empezando por las propias denominaciones que se usan en determinadas ocasiones).
- De que era necesaria una mayor formación de los funcionarios públicos (inicial, al ingresar, y continua,

a posteriori) en todas las materias relacionadas con la concepción, diseño y dirección de proyectos de construcción de iniciativa pública. Y están definiendo una política de formación y un programa nacional de formación inicial y continua.

- Relacionado con lo anterior, de desarrollar una política de gestión de personal que incluya herramientas para reconocer y gestionar la cualificación del personal a lo largo del tiempo, completar y adaptar las competencias actuales de los diferentes cuerpos de funcionarios para facilitar la evolución y el progreso de los mismos, y ajustar los perfiles a usar en la contratación de personal a las necesidades reales.
- De que necesitaban una mayor clarificación técnica, jurídica y deontológica de los papeles de la asistencia al MO/GP y del Mo/TC, globalmente y en cada una de sus facetas o posibles encargos.
- De que necesitaban definir claramente el reparto de autoridad y responsabilidad en los trabajos que realicen en colaboración con otras comunidades y Ministerios.

Desde 1999 dicho Ministerio está tratando de solucionar sus carencias en los aspectos arriba referidos, habiéndose registrado diferentes problemas que llevado a que el plan de modernización no haya tenido el éxito esperado, pero sí una implantación hasta cierto punto satisfactoria; dichos problemas se han estudiado (y se ha realizado una evaluación del plan; Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, 2004b) y se están tratando de solucionar (existe para ello, entre otras cosas, un proyecto de ley de modernización de la función pública; République Française, 2006b).

Por último, y en otro sentido, parece que la fuerte tendencia intervencionista francesa continuará, ya que el plan de modernización no hace referencia a las concesiones administrativas de servicios y obras (proyectos Construir-Operar-Transferir). En este sentido, las concesiones en Francia se plantean en base a la consideración del peaje como una tasa pública, mientras que en España y en la mayoría de los países europeos se plantean en base a la consideración del peaje como un precio privado del concesionario.

Conclusiones

El entorno legal en Francia tiene ciertas similitudes con el español, pero en algunos campos la actual legislación francesa y la práctica habitual en aquel país suponen procedimientos de trabajo que evitan problemas específicos que existen en España. Es imposible resumir en estas conclusiones todas las diferencias entre los dos sistemas, si

bien hay unas cuantas muy positivas de las que se podría tomar nota para su adopción o adaptación en España. De ellas, quizá, las más reseñables son:

- El uso de conceptos y metodologías de dirección de proyectos.
- Y de las figuras del gerente de proyecto por parte de la propiedad, y de las personas que le asisten: el director de la operación o director de proyecto y los asistentes al director de proyecto para cada fase del proyecto.
- Con respecto al proyecto técnico, su producción supone la obligatoriedad de redacción de sucesivos documentos, cada vez con más detalle, con sus correspondientes evaluaciones y aprobaciones, constituyendo un proceso progresivo muy completo que evitará muchos cambios innecesarios en fase de obra.
- Normalmente, en el sistema de contratación tradicional (separación de diseño y ejecución; proyectar-contratar-ejecutar), el proyecto de detalle es desarrollado por el contratista, de una manera similar al sistema anglo-sajón de contratación denominado "desarrollo y ejecución" (*develop and construct*), incluso cuando la obra se divide en paquetes. Esto elimina una serie importante de riesgos que llevan a retrasos y sobrecostos importantes.
- La posibilidad de contratar la obra por lotes es total en Francia y además a partir de ahora (Code 2006) va a ser el modo normal de contratar.
- El sistema de pagos es más rápido, en general, y está especialmente bien concebido el de pagos a subcontratistas, que pueden cobrar directamente de la administración.
- El sistema de organismos de la administración que prestan servicios a las autoridades regionales, provinciales y municipales para desarrollar sus proyectos, en un enfoque de cooperación entre las diferentes comunidades nacionales.

Pero lo anterior no quiere decir que el sistema francés sea la panacea. A lo largo de este capítulo se han visto algunos problemas como, entre otros:

- El excesivo peso que suele tener el precio en las contrataciones de servicios, y el hecho de que el coste en el ciclo de vida no se tenga en cuenta, en vez del precio.
- El hecho de que la Ley MOP establezca que, en caso de proyectos muy complejos con participación de diversos directores de proyecto, éstos puedan (o no) nombrar un gerente de proyecto del conjunto (*maître d'ouvrage de l'opération*). Esto deja abierta la

posibilidad de que no haya un responsable máximo, lo cual es garantía de problemas de autoridad y responsabilidad.

Como resumen de todo, podríamos decir que la contratación pública en construcción en Francia supone una combinación de lo tradicional con la incorporación de algunas tendencias nuevas, aunque sin llegar a los extremos de innovación a los que se está llegando en algunos países

anglosajones y nórdicos, como es el caso del Reino Unido (de la Cruz et al, 2006).

Agradecimientos

Al Ministerio de Fomento y a la Xunta de Galicia, por su apoyo en el proyecto del que forma parte este análisis. ♦

Referencias

- BOUCHON, D., COSSALTER, P (1999), "Marchés de maîtrise d'oeuvre dans la construction publique", Ed. Le Moniteur, Paris, France.
- BOUCHON, D., COSSALTER, P (2003), "Les marchés de maîtrise d'oeuvre dans la construction publique (3e édition)", Ed. Le Moniteur, Paris, France.
- DE LA CRUZ, M.P., DEL CAÑO, A. (2001), "Dirección de proyectos de construcción de iniciativa pública: análisis del sistema francés y posibles aspectos de mejora para el sistema español", Revista de Estudios de Construcción y Transporte (Ministerio de Fomento, Madrid, España), N° 93, octubre a diciembre de 2001, pp. 39-68.
- DE LA CRUZ, M. P., DEL CAÑO, A., DE LA CRUZ, E. (2006), "Contratación pública en construcción: análisis de los entornos británico, estadounidense y japonés. Reflexiones sobre la posible aplicación de algunos de sus aspectos en España.", artículo aceptado provisionalmente en la Revista de Estudios de Construcción y Transporte (Ministerio de Fomento, Madrid, España).
- Direction Départementale de l'Équipement de la Haute-Garonne (2000), Service Constructions Publiques et Bases Aériennes, Bat. A, Cité Administrative, boulevard Armand Duportal, 31074 Toulouse Cedex, Francia (sin fecha, entregado a los autores en el año 2000).
- HALTENHOFF, C.E. (1999), "The CM contracting system. Fundamentals and practices", Prentice-Hall, New Jersey, USA.
- MASTERMAN, J.W.E. (2002), "Introduction to building procurement systems", Spon Press, London, UK.
- Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement (1999), "Ingénierie publique. Plan de modernisation", Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction, Service de la qualité et des professions, Sous direction des métiers de l'aménagement, Bureau de l'ingénierie publique, La Grande Arche, Paris sud, 92055 Paris - La Defense Cedex 04, France.
- Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement (2000), "Ingénierie publique. Référentiel de compétences du conducteur d'opération en bâtiment public", Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction, Direction du Personnel et des Services
- Ministère de l'Équipement, des Transports, du Logement, du Tourisme et de la Mer (2004a), "Ges-

- tion de projet appliquée à la conduite d'opération", Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports l'Urbanisme et les Constructions Publiques (consultado en la Web http://www.logement.equipement.gouv.fr/pu-bli/accesbat/gp_methode/index.htm, en octubre de 2004).
- Ministère de l'Équipement, des Transports, du Logement, du Tourisme et de la Mer (2004b), "Rapport sur l'Évaluation concomitante de la mise en oeuvre du plan de modernisation de l'ingénierie publique" Conseil Ministeriel de l'Évaluation, Paris, France, 22 janvier 2004, consultado en la Web <http://www.logement.equipement.gouv.fr/>, en junio de 2006.
- Ministerio de Economía y Hacienda (2005), "Anteproyecto de Ley de Contratos del Sector Público", documento electrónico obtenido en la página web del Ministerio, en junio de 2006, en www.meh.es/portal/servicios/contratacion.
- Ministerio de Hacienda (2000), "Real Decreto Legislativo 2/2000, de 16 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas", Boletín Oficial del Estado n° 148, miércoles 21 de junio de 2000, Madrid, Spain, pp. 21775-21823.
- Parlamento Europeo y Consejo Europeo (2004), "Directiva 2004/18/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 31 de marzo de 2004, sobre coordinación de los procedimientos de adjudicación de los contratos públicos de obras, de suministro y de servicios", Estrasburgo, Diario Oficial de la Unión Europea, 30-04-2004, pp. L134/114-L134-240, ES.
- République Française (1985), "Loi 85-704 du 12 juillet 1985, relative à la maîtrise d'ouvrage publique et à ses rapports avec la maîtrise d'oeuvre privée", Journal Officiel de la République Française (JORF), 13 juillet 1985. Modifiée par la Loi 88-1090 du 1er décembre 1988, JORF 3 décembre 1988; par la Loi 91-662 du 13 juillet 1991, JORF 19 juillet 1991; par l'Ordonnance 2000-549 du 15 juin 2000, JORF 22 juin 2000; et par l'Ordonnance 2004-566 du 17 juin 2004, JORF 19 juin 2004.
- République Française (1993a), "Décret n° 93-1268 du 29 novembre 1993 relatif aux missions de maîtrise d'oeuvre confiées par des maîtres d'ouvrage publics à des prestataires de droit privé", Journal officiel de la République Française, 1 de diciembre de 1993, Paris, France.

- République Française (1994), "Arrêté 21 décembre 1993 précisant les modalités techniques d'exécution des éléments de mission de maîtrise d'oeuvre confiés par des maîtres d'ouvrage publics à des prestataires de droit privé", JORF 13 janvier 1994, consultado en www.legifrance.gouv.fr en enero de 2005.
- République Française (2002), "Décret n° 2002-232 du 21 février 2002 relatif à la mise en oeuvre du délai maximum de paiement dans les marchés publics", Journal officiel de la République Française.
- République Française (2005a), "Code des marchés publics", Journal Officiel de la République Française, Direction des Journaux Officiels, Paris, Francia. Ministère de L'Économie, des Finances et de l'Industrie, 2004; Décret 2004-15 du 7 janvier 2004, JORF n° 6 du 8 janvier 2004 pages 37007-37028. Versión incluyendo todas las modificaciones habidas hasta el final del año 2005, tomada de http://lexinter.net/marchespublics/code_des_marches_publics.htm, consultada en junio de 2006)
- République Française (2005b), "Avant-projet n° 2. Projet de Décret portant Code des Marchés Publics", Ministère de L'Économie, des Finances et de l'Industrie, 29/11/05. Tomado de la Web www.minefi.gouv.fr, de dicho Ministerio, consultada en junio de 2006.
- République Française (2006a), "Code des marchés publics", Journal Officiel de la République Française, Direction des Journaux Officiels, Paris, Francia. Ministère de L'Économie, des Finances et de l'Industrie, 2006; Décret 2006-975 du 1er août 2006, JORF n° 179 du 4 août 2006 page 11627, texte n° 20. Tomado de <http://www.legifrance.gouv.fr>, consultada en septiembre de 2006.
- République Française (2006b), "Projet de loi de modernisation de la fonction publique", consultado en junio de 2006 en http://www.legifrance.gouv.fr/html/actualite/actualite_legislative/pl_modernisation_fonction_publicque.htm
- SPITTLER, J.R., MCCracken, C.J., (1996), "Effective Project Management in Bureaucracies", AACE International Transactions 1996, pp. PM.6.1-PM6.10.
- TWORT, AC, REES, JG (2004), "Civil engineering project management", Elsevier Butterworth Heynemann, Oxford, UK
- VUILLERME, B, RICHAUD, H. (1999), "Chantiers de bâtiment. Préparation et suivi", Nathan Technique, Paris, Francia, ISBN 2-09-176631-3.

Historia y técnica del camino

Road History and Technique

José María Fonseca García. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid. josemaria.fonseca@upm.es

Jesús Alonso Trigueros. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Madrid. chus.alonso@upm.es

Resumen: El siguiente artículo recoge un resumen del estado del arte de una investigación de varios años, llevada a cabo por los autores, tras el análisis de los restos de caminos empedrados y el conocimiento histórico de los tramos analizados. Este trabajo se orienta hacia el abandono de ciertos paradigmas que venían asignando la paternidad romana a aquellos restos relictos cuyo carácter de viejos caminos empedrados hacía reconocer estos tramos como genuinos representantes de la red viaria romana. El trabajo abre una vía de investigación sobre el carácter científico de la datación de las vías en base a la caracterización superficial de los caminos y a su estado de evolución superficial, en concreto la existencia de roderas en las losas o piedras de estos viejos caminos enlosados o empedrados.

Palabras Clave: Historia, Calzadas, Toponimia, Empedrados, Trazado

Abstract: The article provides a summary of the state of the art of ongoing research carried out by the authors related to the analysis of cobblestone road remains and the historic knowledge of the roads sections studied. The work centres on the reconsideration of certain assumptions considering remains of Roman origin where their nature as old cobblestone roads establish these sections as genuine representatives of the Roman road network. The work opens a line of investigation into the scientific nature of the dating of roads in accordance with their surface characteristics and the state of surface development and, particularly, the presence of ruts in the slabs or stones of these old paved or cobblestoned roads.

Keywords: History, Roads, Toponymy, Cobblestone, Alignment

1. Proemio

Quiérese expresar en el título, la relación entre historia y técnica. La historia como base del desarrollo de la red caminera, y la técnica como reflejo permanente de criterios de diseño y proyecto.

Hay un aforismo clásico que, hablando de la vivencia espiritual más allá del entendimiento, nos dice que las verdades evidentes son las más difíciles de discutir o demostrar.

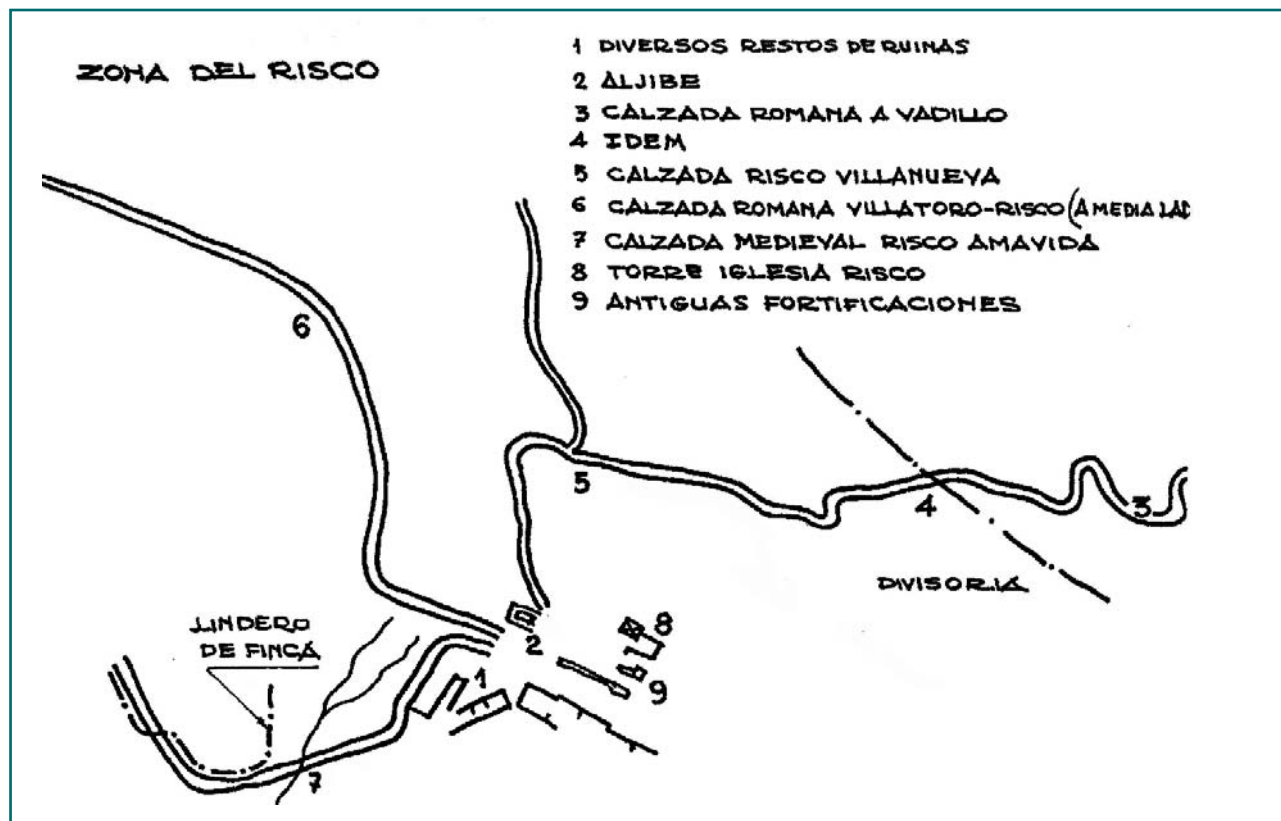
Todo el mundo parece entender o saber de caminos y hasta a los propios profesionales les resulta difícil defender el camino como una especialidad. Parece, al más puro sentir bíblico, que el camino es como el "resto" es decir el residuo por utilizar una terminología matemática o urbanística.

Y, sin embargo, el camino se nos aparece como una entidad permanente en su silenciosa presencia, resaltando la belleza del paisaje que lo envuelve.

¿Desde dónde se ve o hay que ver el camino? Hay una preciosa publicación que es "el miliario extravagante" de Gonzalo Arias, que recoge una exhaustiva enumeración de todo lo relacionado con los caminos antiguos. Aquí, en el título se observa dos conceptos: "el miliario" como piedra o hito referencial de las vías romanas (recordemos la hitación de Wamba que nos aporta algunos datos al respecto) y "extravagante" que significa literalmente el que se sitúa desde fuera del camino, es decir el espectador considerado al más puro estilo orteguiano.

El camino es para ser visto desde fuera y desde dentro, al pisarlo, al transitarlo, al vivirlo. Conocemos caminos anchos y angostos, de trazado suave y de trazado difícil, camino pedregoso o camino terreno, camino fangoso o camino empedrado, camino de suave rodadura o camino enlosado, camino que se adapta al paisaje y que se imbrica en las anfractuosidades de la angustiosa geografía por la que discurre. Discurrir, término que se acuña en el pasado como itinerario (de iter itineris), al distinguir

Dibujo 1.
Esquema en
planta de la red
itineraria de
Ntra. Sra. del
Risco en Ávila.
(Fuente:
Elaboración
propia).



camino (via, viae) e itinerario, utilizando este término como sinédoque de aquél, tropo del discurso para elevar el camino a la categoría de vertebrador o piedra angular del proceso de vida (diríamos hoy, desarrollo) de los pueblos.

¡El camino! Su importancia es tal que se eleva al nivel espiritual. Camino nos sugiere el itinerario hacia Santiago de Compostela. Camino junto a verdad y vida nos conecta con la eterna existencia del Creador.

La inmutabilidad del camino se nos aparece como resurrección gloriosa del pasado cuando nos sumergimos en la historia del camino. La investigación de los relictos restos del pasado nos viene aportando interesantes conclusiones sobre la construcción de las vías, y sus detallados análisis de secciones estructurales y servicios auxiliares del camino nos conduce a conclusiones que resultan sorprendentes y que nos hace ver que ciencia y técnica siguen una evolución sin solución de continuidad.

No existen caminos abandonados. El camino es y sigue siendo vivo y permanente. Hablamos en derecho de servidumbres de paso. Las cañadas, como caminos de la Mesta, siguen permanentes en su eterno devenir.

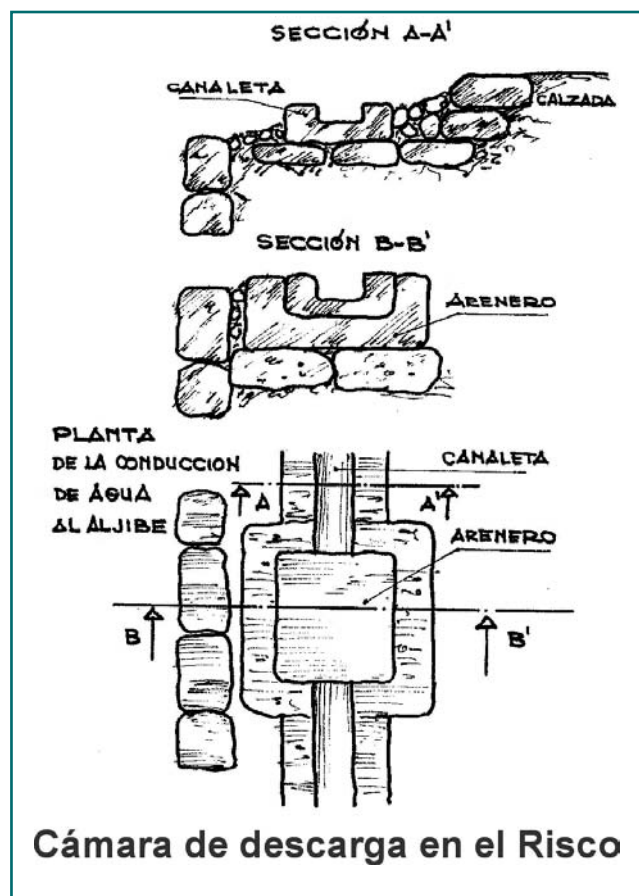
El camino ha existido siempre y sigue existiendo ahora recuperándose su esencia así como el sentimiento estético y espiritual que la envuelve.

En el corazón de la Sierra de Ávila se encuentra el monasterio de Capellanía de Ntra. Sra. del Risco (dibu-

jo 1) cuya red itineraria reconoce la importancia que llegó a tener en los siglos XVI y XVII. Las vías de acceso al Risco presentan una colección de espléndidos detalles que dan fe de su relevancia histórica: alcantarillas, muros de sostenimiento (dibujo 2), cámaras de descarga y un detallado escaparate de disposiciones constructivas de sus caminos (dibujo 3). Es un ejemplo paradigmático del desarrollo del camino, observándose distinta tipología que puede asignarse a épocas distintas.

En medio de los grandes itinerarios europeos, vías rápidas de tránsito acelerado, aparecen como brotes, los ramales de salida que conducen a los caminos "ad viam" con la preposición latina de acusativo: hacia el camino. ¡qué sorpresa! Reconocer en la vuelta al camino la referencia epigráfica de los miliarios romanos, de las naturales referencias de la Mesta (descansaderos, abrevaderos) de los primeros hitos kilométricos, los PK's de las primeras carreteras modernas con su alba talla pétrea y su rubra corona cuasipiramidal como queriendo apuntar al eterno infinito y siempre etéreo y azul celeste, orientando al que transita el camino y delineando la serpenteante silueta de la vía.

Caminos protohistóricos, iberos, prerromanos (cartagineses) romanos, tardorromanos, altomedievales, de la Mesta, renacentistas, románticos y decimonóni-

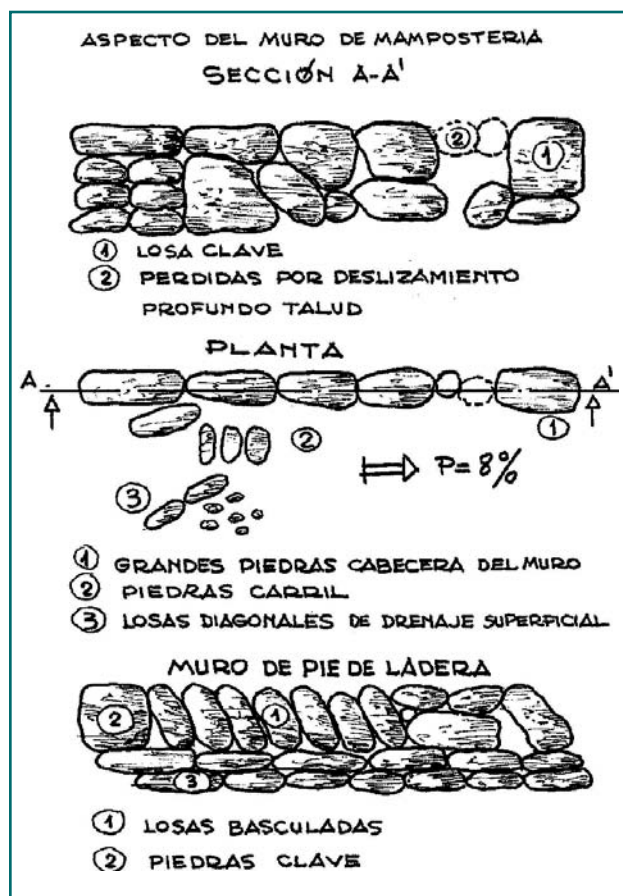


Dibujo 2. Secciones y planta de las soluciones de drenaje.
(Fuente: Elaboración propia).

cos. Todos ellos, absolutamente todos responden a una nota común. Tienen trazados semejantes, secciones estructurales tipificadas, capas superficiales claramente determinadas y elementos auxiliares del camino parecidos en cuanto a factura de obras de fábrica, canchales, drenaje superficial y drenaje profundo. ¿qué podemos inferir de ello? Tras meditar, contemplando estos restos antiguos, no nos parece difícil llegar a datar las vías. Nos aventuramos a hacerlo porque la permanencia de los valores últimos del hombre, no excluye la apariencia cultural que caracteriza, en tiempo y lugar, la esencia propia de quien lo expresa.

En nuestra más reciente investigación, observamos que el camino, a lo largo de la historia, reconoce principios de diseño y tratamientos de conservación de las vías que enlazan fielmente unas épocas con otras y que sólo pequeñas diferencias técnicas hacen reconocer períodos determinados.

La caracterización de empedrados o enlosados nos conecta con un diseño de los caminos que trasciende las épocas y la civilización que los contempló nacer (dibujo 4).



Dibujo 3. Secciones de planta y muro. (Fuente: Elaboración propia).

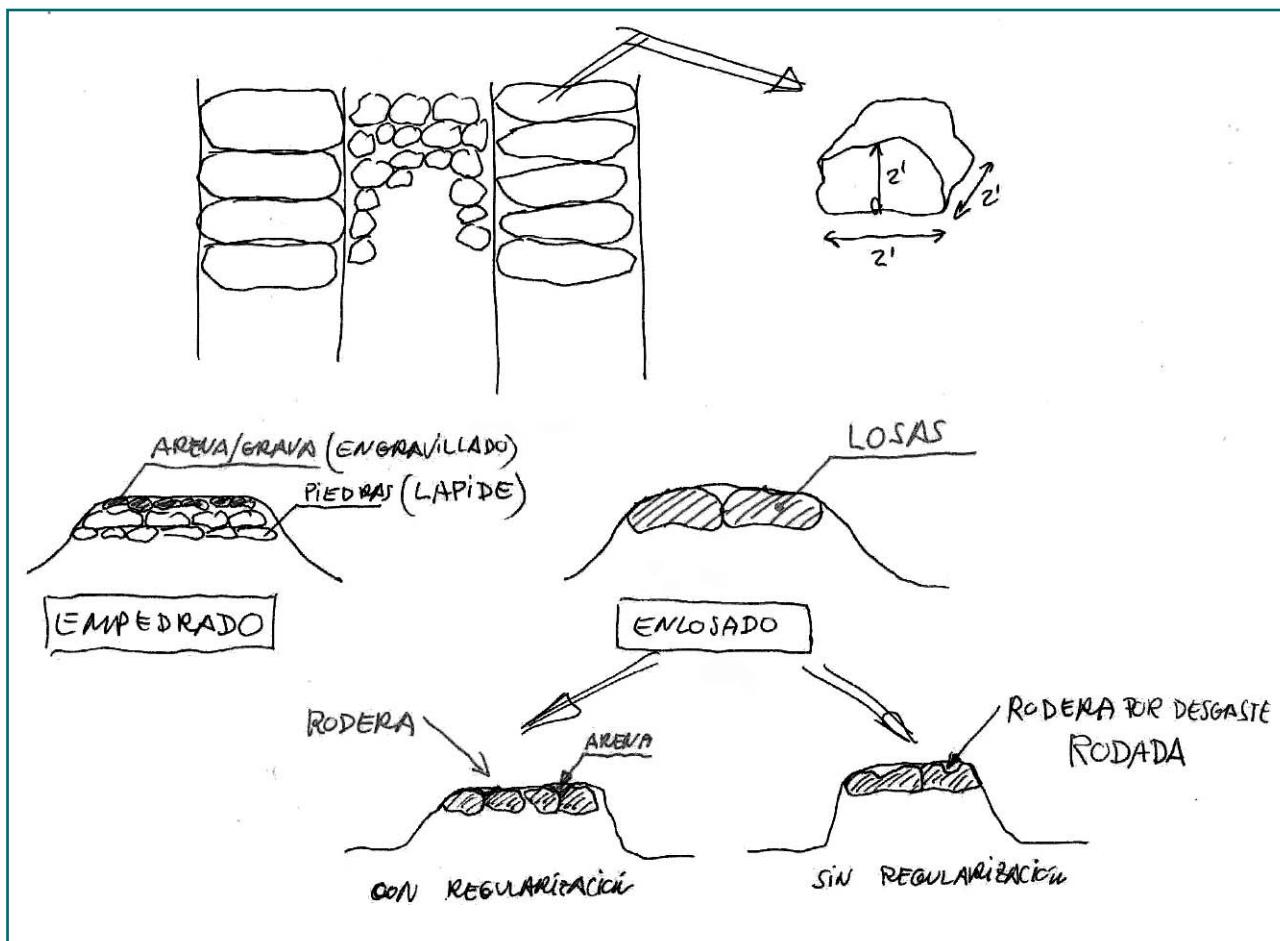
También los caminos empedrados de la Mesta podrían sugerirnos vías romanas al ver lo que queremos sin mirar con atención lo que vemos. Dice el libro de la Sabiduría "nihil novo sub sole". Así ocurre con el camino. Los principios de diseño en trazado y la sección estructural del camino parece haber variado poco a lo largo de la historia.

Aquí vemos un claro croquis de tipología de la sección del camino, lo que llamamos su sección estructural (dibujo 5).

Ha cambiado el rendimiento de los trabajos de las vías públicas, la extraordinaria rapidez de cálculo informatizado, la precisión de los instrumentos topográficos de medida y la eficacia económica del proceso pero los principios que rigen el diseño de las vías parecen tener una entidad inmutable.

Poco ha cambiado el arte del camino, utilizando el término "texne", tecné, que en griego significa arte, y no se ha olvidado el carácter histórico del camino de cuya belleza al contemplarlo integrado en el paisaje que lo envuelve, nos devuelve al reconocimiento de nuestra más profunda e histórica raíz.

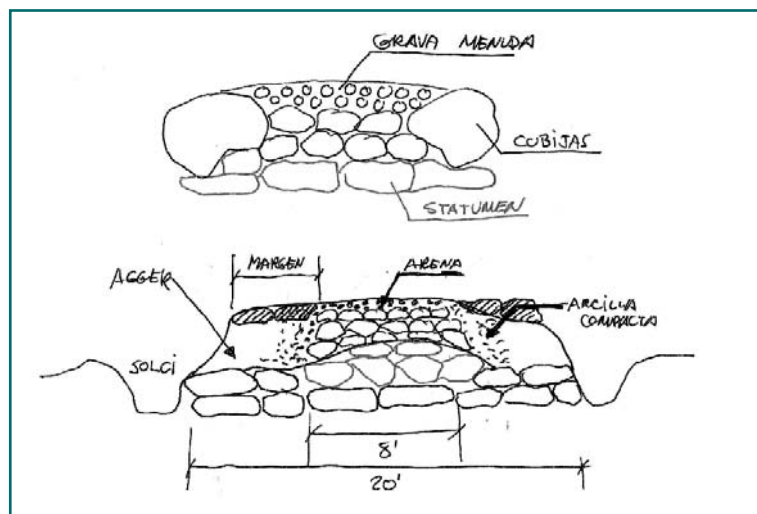
Dibujo 4.
Tipología de la
capa de
rodadura de los
caminos de
piedra. (Fuente:
Elaboración
propia).



Dibujo 5.
Secciones
estructurales de
los caminos
empedrados.
(Fuente:
Elaboración
propia).

2. Toponimia y trazado

La investigación in situ de los itinerarios de la red de caminos reconoce la importancia de los restos arqueológicos de poblamientos antiguos pero también se apoya



en la denominación de pueblos, comarcas, parajes y accidentes geográficos: valles, ríos y sitios históricos. La catalogación de puntos de interés cultural completan un abigarrado sistema de nombres en donde no está exento el conocimiento lingüístico y cultural de los pueblos. En este sentido destruir consciente o inconscientemente nombres o referencias culturales por un mal concebido concepto de la modernidad hace que se pierda para siempre unos datos riquísimos para la investigación histórica. Dejando a parte la ignorancia intelectual de las desgraciadas intervenciones en restos antiguos por un mal entendido concepto de la historia y de la belleza cultural deja vacío para siempre un importante punto de referencia para la investigación. La iconoclasia que ha sido históricamente un mal endémico de ciertos momentos históricos hace perder datos que son ya irre recuperables in eternum.

He aquí una recuperación por consolidación de la vía Domitia en Ambrussum (Nîmes -foto 2-) verdadero ejemplo de una cuidada acción arqueológica. Consolidación, el primer estadio de toda actuación. Limpieza de la vía, otra posible actuación, la más sencilla. Conservación o mantenimiento, periódicas acciones que van más allá



Foto 1.
Capsacosta.
Tramo
empedrado el
el pirineo
oriental.
(Fuente:
J.M. Fonseca,
J. Alonso).

de generaciones y culturas. Acciones de reconstrucción, siempre prohibidas por la legislación y la sensibilización ante la recuperación de los restos arqueológicos.

Cerca de Valladolid, a pocos km del Santuario de Nra. Sra. del Henar, cuyo nombre reconoce la formación geológica de la zona y proporciona el hidrónimo al arroyo cercano, se descubre una pequeña obra de fábrica cuya factura nos hace retroceder en el tiempo. Muy cerca, como hitos, fieles testigos de la historia de Castilla se descubren, dispersos por la geografía castellana, numerosos puentes de un solo ojo que enlazan viejos trazados, muchos de la Mesta, en la época de la trashumancia. La vía Segovia-Pintia presenta un magnífico ejemplar cerca de Santiago del Arroyo. Una variante ha arrinconado el puente, perdiendo la extraordinaria perspectiva que ofreció durante siglos. Hoy, el puente renace como un grito de esperanza apuntando al infinito horizonte de Castilla. Muchas veces, antes de la construcción de la variante, se denunció su existencia para que no fuera definitivamente olvidado.

La sensibilización por el arte y la cultura supone resaltar la estética de las obras públicas y su conservación y recuperación.

¡Los puentes!, hitos del camino que enlaza la trayectoria, abrazando al río que lo cruza.

Sabemos de la importancia de la toponimia que nos permite diseñar puntos de referencia así como lugares de cuya conexión caminera nos va a hacer definir casi con certeza itinerarios antiguos. Es éste un punto muy importante porque referencias al trazado per se del camino no aparece claramente en los textos salvo el origen y destino más o menos cercanos que se infiere de los itinerarios

del mundo clásico (itinerario de Antonino) o de los libros de viaje medievales.

En consecuencia los trazados de caminos y sus alternativas es uno de los puntos más difíciles de concretar a la hora de plasmar una red con ciertos visos de certeza y de cuya comprobación práctica pueda hacernos definir un trazado adscrito a una época de la historia.

Así, ha sido posible cambiar paradigmas en relación al trazado en planta y perfil longitudinal de los viejos caminos. Ha sido corriente decir, en un afán de perfección que se atribuye "ad libitum" a los ingenieros clásicos, que caminos de época romana tenían trazados suaves, desechando itinerarios de fuerte pendiente. Esto, que podría ser cierto para algunos trazados, no desde luego las vías militares, no resulta en modo alguno verdad cuando del estudio de red viaria en grandes periodos de relativa bonanza socio-cultural, se trata.

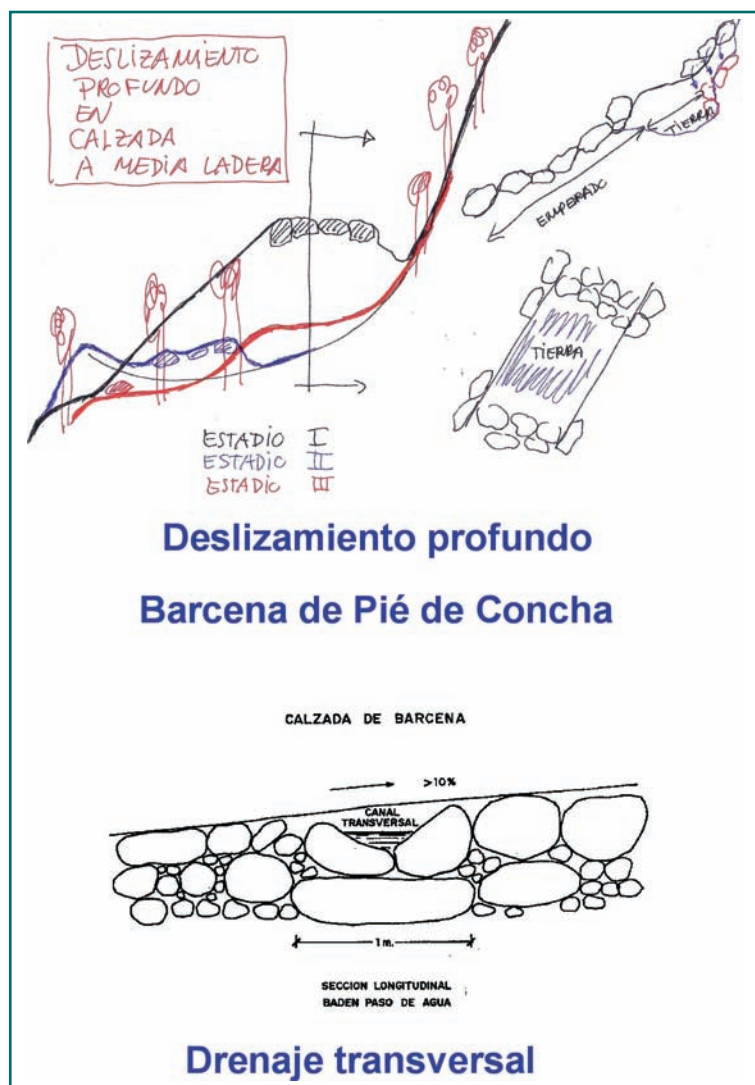
Al más puro estilo estadístico, podremos decir que un camino puede ser romano, pero no podemos asegurar que lo sea, aunque sí que no lo es.

La existencia de itinerarios paralelos (ejemplo muy expresivo el de la calzada de Bárcena de Pie de Concha, es decir Bárcena al pie de la calzada, por el río Besaya en Cantabria, y el camino real que discurre del otro lado del río) nos va a permitir datar con relativa precisión los caminos de la zona, al diferenciar claramente uno de otro y en consecuencia, la edad histórica que los define.

El conocimiento del drenaje profundo y su patología nos puede explicar, por ejemplo, la inexistencia de piedras en superficie en un tramo de cierta longitud y sin aparente justificación. Ello puede aclararse al observar en el lado terraplén de una sección a media ladera, unas piedras dispersas que han sido arrastradas por la esorrentía (dibujo 6).

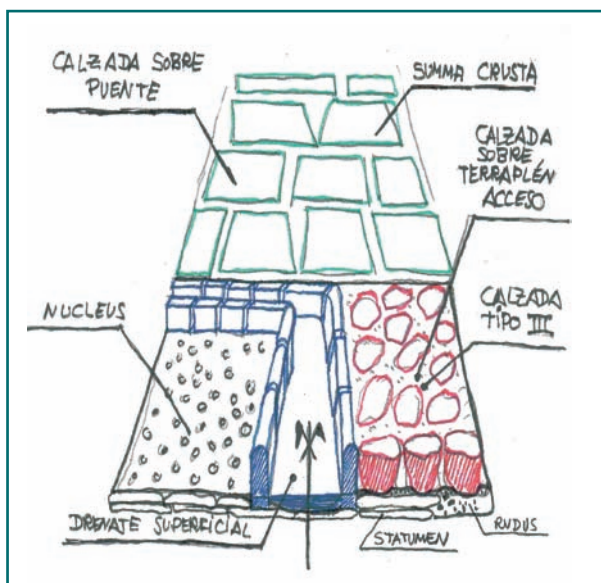
Foto 2. Vía
Domitia en
Nîmes.
Detalle del
empedrado.
(Fuente:
J.M. Fonseca,
J. Alonso).





Dibujo 6.
Hipótesis de
evolución de la
calzada y
disposición del
drenaje.
(Fuente:
Elaboración
propia).

Dibujo 7 y foto 3.
Zamayón.
Distintos tipos de
firmado con
una singular
solución de
drenaje.
(Fuente:
Elaboración
propia).



Concluir, entonces, que debido a un movimiento de tierras por deslizamiento profundo, ha desaparecido la continuidad de la calzada empedrada, no parece una conclusión aventurada.

Es importante analizar todo detalle "in situ" y recogerlo en los cuadernos de campo. Ya no resulta extraño concluir que no es condición ni necesaria ni suficiente fuertes giros o pendientes abruptas para determinar la no paternidad romana de una vía o la adscripción de determinados caminos a época medieval. Creemos que la edad media fue también prolífica en construcción y reacondicionamiento (no reconstrucción) de viejos trazados que hace poder decir que calzadas empedradas y viejos puentes de medio punto pertenecen al período de la Mesta y, muchos de ellos eran desconocidos en épocas anteriores. Su referencia identificadora como "puente de las ovejas" no deja lugar a dudas de su existencia medieval.

He aquí un típico escaparate de variopinta apariencia, propio de una calzada altomedieval cercana a la vía de la Plata al norte de Salamanca, en Zamayón (dibujo 7, foto 3).

3. Un repaso a la historia documental

Un repaso a la historia documental nos conduce a leer y releer preciosos epítomes de las últimas centurias así como documentos transcritos a lo largo de la edad media de textos grecolatinos, también algunas recensiones de autores romanos sobre referencias textuales del mundo clásico griego, que nos aportan datos sobre la caminería antigua en relación a itinerarios, estado de los caminos, situación legal de la construcción y conserva-



ción de las vías así como relaciones conceptuales del camino cuando se habla de filosofía o estudios del pensamiento antiguo, que recogen referencias a los caminos de variada índole.

Así, se cita a Anaximandro de Mileto (610-546) como el autor de la primera carta terrestre para uso de navegantes. Ya se conocían algunos roteros pero la referencia reconoce el primado en la redacción de un mapa de itinerarios.

Cita, asimismo que la divinidad que gobierna todo, Afrodita, eleva a Parménides en un carro con caballos alados que interpreta el poeta como el ascenso por dos caminos, uno que conduce a la verdad y otro al error.

El camino está presente como figura alegórica de la literatura más antigua, lo que lo eleva a su más alta dignidad, aun cuando desciende hacia el camino real cuando se dice que el progreso de la técnica de estos siglos anteriores a la venida de Cristo (estamos citando a autores latinos) viene representado por "el tallado de la piedra, la perspectiva, el trabajo de los metales y los aparatos de medida" todo lo cual se utilizaba para el desarrollo de las obras públicas. Y tan es así, que tres grandes hombres van a aunar ciencia y técnica: nos referimos a Empédocles de Agrigento, Anaxágoras y Demócrito; todos ellos hacen tratados sobre la naturaleza en el s. V a.C. edad de oro de la Grecia Antigua. "De natura" es el título de varios libros clásicos de autores varios que, a modo de enciclopedia etimológica isidoriana nos aportan numerosos datos, también sobre los caminos.

Lao-Tsé cuando habla del taoísmo, recoge expresamente la necesidad de conservación de los caminos. Todo el mundo antiguo reconoce no sólo la importancia del camino sino la imperiosa necesidad de su conservación, lo que supone el conocimiento práctico de las obras a realizar para que el camino no perdiera su funcionalidad.

Que tengamos que conocer la retórica, considerándola como la "teoría del embellecimiento del discurso" según Kant, para extraer conclusiones o leer entre líneas, nos hace llegar a decir que el conocimiento de las figuras retóricas o tropos, sinécdoque, metonimia y metáfora, ayuda a sacar datos de textos aparentemente de pura expresión literaria. No en vano, los retores romanos nos han dejado referencias claras al respecto y su lectura entre la florida redacción del texto no sólo nos aporta datos sobre el camino sino que se nos aparece como esencia vertebral de los acontecimientos. Así Xenofonte, nuestro historiador, biógrafo de Sócrates y que participó al final de la guerra del Peloponeso, en su Anábasis o expedición de los 10.000 nos habla del camino en cuanto a trazado y funcionalidad. Xenofonte, con la grafía X que se corresponde a la (ji) griega y de ahí que digamos también Jenofonte según se lea en



Foto 4. Camino Real del Besaya. (Fuente: J.M. Fonseca, J. Alonso).

griego o en latín, pudiendo asignar al período clásico ático la j que es k en el arcaico jónico. Julio César en su Guerra de las Galias (De Bello Gallico), apunta: "Pons, qui fuerat tempestate interruptus paene erat reffectus" (manda reparar el puente) Y antes dice: "erant omnino ITINERA DUO quibus itineribus domo exire possent, UNUM per Sequanos, ANGUSTUM ET DIFFICILE inter montem Iuram et flumen Rhodanum, vis qua SINGULI CARRI ducerentur.... ALTERUM per provinciam nostram, MULTO FACILIUS atque nonnullis locis VADO TRANSITUR" es decir: dos caminos por los que podían salir los suizos, uno estrecho, otro por el Ródano, en algunos puntos vadeable. Julio César, del que se escribió que "fue vituperado después de muerto con la misma baja que alabado en vida".

Publio Cornelio Tácito en "Germania" nos apunta que no se usa la piedra labrada ni las tejas "ne caementorum quidem apud illos, aut tegularum". Estamos en el s. II a. C. "excusatio non petita, accusatio manifesta" Si no se usaban, válgase decir que en otros caso sí, por eso se hace esa referencia. Y, en efecto, el ladrillo machacado y los restos de cerámica constituían el núcleo de los caminos romanos.

Será en la época imperial y republicana cuando las obras públicas y en concreto el camino adquirirá carta de naturaleza. Sería a partir del s. I a.C. Aumentan también los documentos referenciales. En Hispania la calzada



Fotos 5 y 6.
Puente de la
Perdiz y detalle
del arco
central.
(Fuente:
J.M. Fonseca,
J. Alonso).

de la Plata de Astorga a Mérida constituirá un paradigma de las grandes rutas romanas (grabado 1).

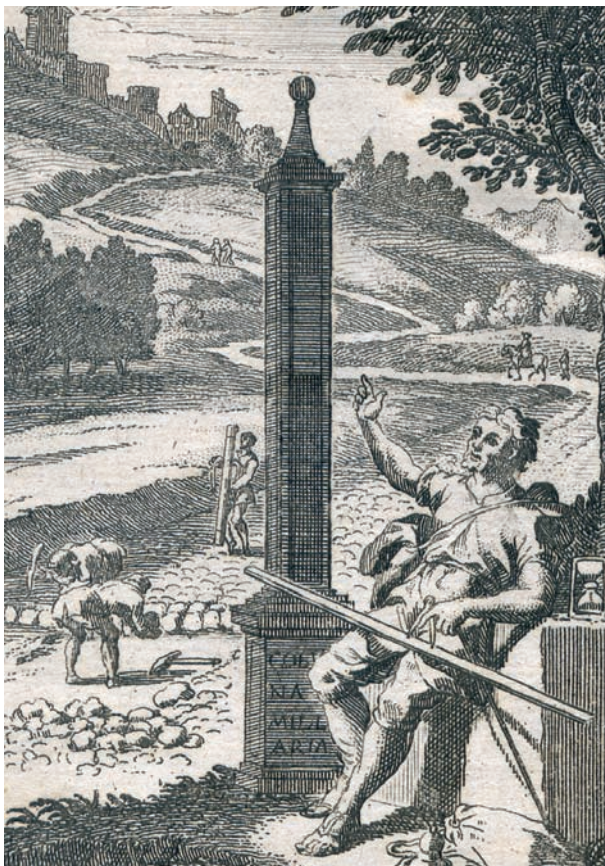
Plata se ha interpretado como llana, si bien parece que plata proceda de "albalá", el camino, por transposición de aliteración pero el origen de su denominación hay quien lo apunta como la vía argentaria o argentina, reconociendo no una larga vía de transporte minero sino el carácter blanco (albo) de las piedras utilizadas en la propia superficie de rodadura.

Será esta época a caballo entre el s. I a.C. y s. I a.D. la que marque el inicio de la construcción y rehabilitación, ¡no reconstrucción!, de los caminos que siguiendo viejos itinerarios y sendas se convertiría en la época de Trajano y Adriano s. II a. D. en la época que conoció el mayor desarrollo de la red viaria en España.

A pesar de ello, disponemos de la referencia al importante "itinerario de barro", que nos retrotrae dos siglos antes a la difícil conquista de la cornisa cantábrica. Estas "tablillas" se conservan en el museo arqueológico de Oviedo. En el dibujo 7 se puede ver una interpretación de un paño de calzada. En tiempo de estos emperadores romanos de procedencia hispánica aparece el gran historiador Lucio Anneo Floro, español y uno de los grandes escritores de la latinidad imperial. En su conocido "epitome Rerum Romanorum" en el proemio indica que "terrarum sirtus pingunt", los antiguos pintaban ya sus mapas y reconoce la invención del mapa al rey egipcio Sesóstresis, cuya invención la llevó a Grecia Anaximandro el 550 a. C. Y de Grecia pasó a Roma.

No sería aventurado decir que de esta época serían algunos de los itinerarios cuyos restos reconocemos en el suelo patrio. No así en suelo romano en donde encontramos las dos grandes vías primicia caminera romana: la vía Apia y la Vía Flaminia, la primera creada por el cónsul Appius Claudius Caecus, en torno al 300 a.C. al que se le supone el más antiguo escritor latino creador de un tratado jurídico De Ussurpationibus, relatado en versos saturninos con inspiración pitagórica, caracterizados por la aliteración y la asonancia.

Marco Anneo Lucano (s. I d.C.), sobrino de Séneca en su poema "La Farsalia" nos habla de un puente de piedra de elevados arcos que cruza el Segre en Lérida "Saxeus ingenti quem pons amplectitur ercu", tomado esta cita de los extraordinarios libros del XIX cuyo título reza "trozos selectos de clásicos latinos".



Grabado 1.
Detalles
constructivos.
Gautier,
"Construcción
de caminos".
Año 1750.
(Fuente:
Colección
particular).

Esta cita nos aproxima a la extraordinaria calzada de la subida al Capsacosta (foto 1) que ha conocido, hace poco una recuperación muy respetuosa lo que nos hace verla como paradigmática.

Referencias de puentes, citas de itinerarios, textos que indican los instrumentos de medidas topográficas (el corobate y la groma) y de construcción de las obras, también de los caminos, así como el trazado de mapas constituyen las preciosas fuentes de donde ir entresacando el marco de estudio para la definición y datación de los caminos en la historia.

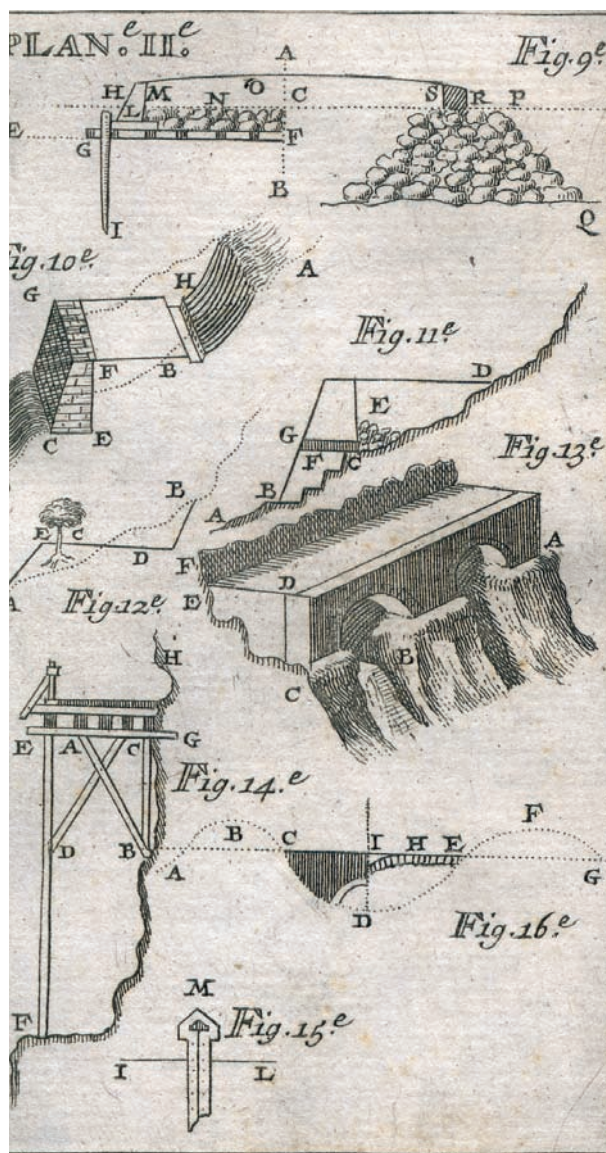
Tres autores latinos conforman, desde diversos puntos de vista el importante acervo documental con referencia al camino. Nos referimos a Plinio, Vitrubio y Stace. El primero en su faceta de viajes a los que habría que añadir a Estrabón y Pomponio Mela, griegos romanos que nos hablan de Iberia.

Vitrubio como referencia obligada al tratar en su libro de arquitectura de los solados de los edificios y que algunos al decir de Bergier y Gautier (grabado 2) han querido ver su transposición al diseño estructural de los caminos. Las figuras que acompañan al texto vitrubiano se han perdido lo que dificulta la unánime interpretación de los textos. A pesar de todo la referencia vitrubiana es un punto de apoyo importante. Stace es el poeta olvidado pero que cita la constitución del terraplén lateral del firme (agger, expresión distinta de ager que significa campo) con el material de extracción del camino para hacer la cuenca o hueco del camino así como el diseño de las solci o cunetas laterales. Es Estace un autor al que no se le suele citar en las referencias del camino. Su nombre Publius Papinius Statius aparece en las antologías latinas por sus silvas hexamétricas de una belleza poética indiscutible. Este autor, napolitano vivió en el s. I a. D.

En cuanto a las cifras de la estadística de km de las vías antiguas varía mucho de unos autores a otros. Conocemos los principales trayectos y sabemos de ramales y caminos secundarios pero de la adscripción tipológica en cuanto a anchura del camino no disponemos más que de referencias relativas: empate y batalla de los carros y carruajes (retablo de Maese Pedro en el Quijote), vías uni o bidireccionales anchos en recta y curva del camino y tipos y materiales y espesores de la sección estructural del firme, esto último sólo es posible determinarlo por medio de las catas de reconocimiento directo en el campo.

4. Sección transversal y estructural del camino

Chevalier aporta una clasificación general de los itinerarios según su ancho a los que se asigna un nombre, algo parecido a la clasificación de las vías de la Mesta en veredas, cordeles y cañadas. En el caso de las vías ro-



Grabado 2. Detalles constructivos. Gautier, "Construcción de caminos". Año 1750. (Fuente: Colección particular).

Dibujo 8. (Fuente: Elaboración propia).

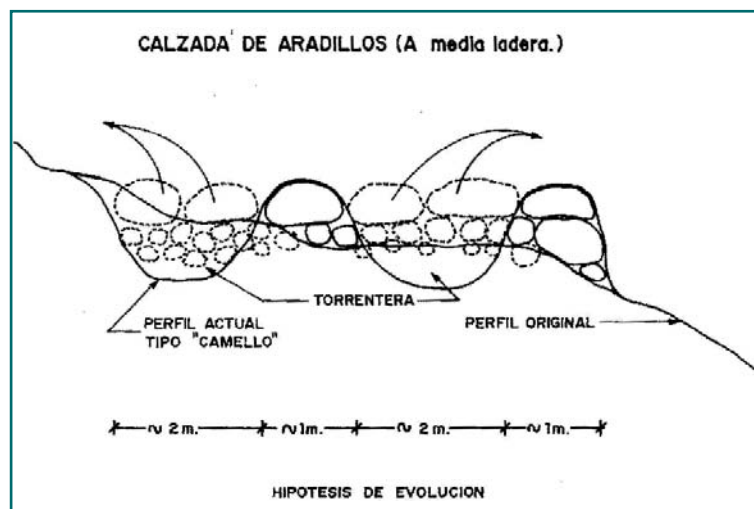


Foto7. Calzada de San Roque de Río Meral. (Fuente: J.M. Fonseca, J. Alonso).



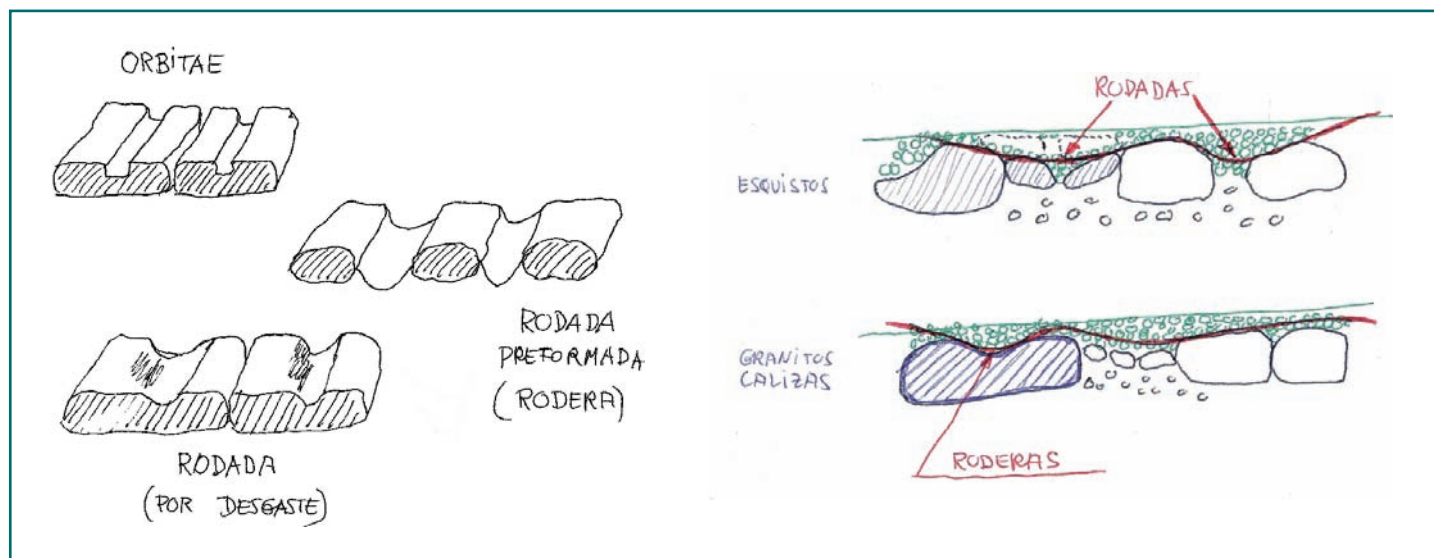
Dibujo 9. Roderas y rodadas en los caminos de piedra. (Fuente: Elaboración propia).

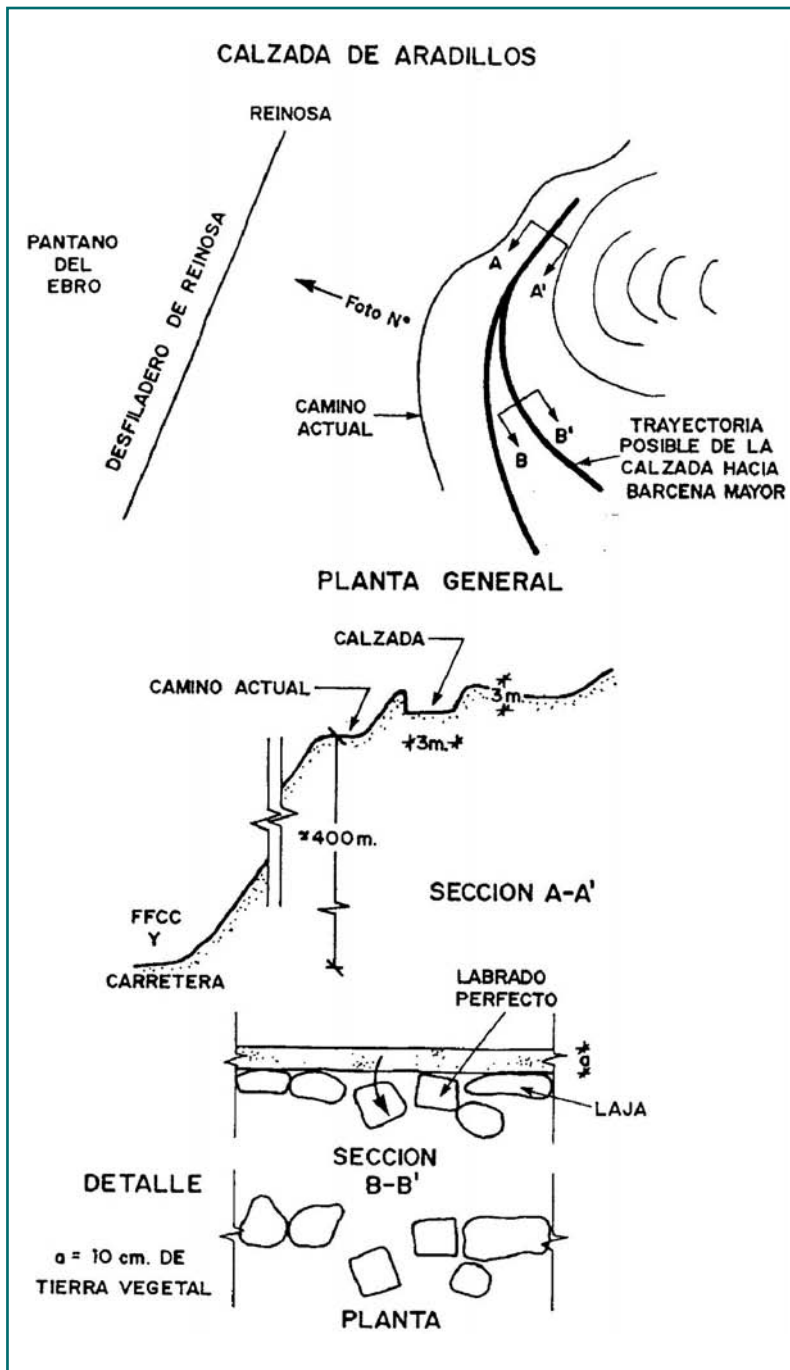
manas se clasifican en vía, actus, iter y semita, con anchos que van de 2.37 m y que disminuyen con razón 1/2, es decir, el iter es la mitad del actus y el doble de la semita ¡las proporciones de nuevo!. Resulta curioso por analogía documental comparada, que la ley de las XII Tablas

indica que el ancho de la vía es de 8 pies en recta y el doble en la curva de acuerdo entre dos rectas. Así, 8 pies reconocemos que es aproximadamente el ancho de la vía de Chevalier. Nosotros hemos encontrado anchos de 4.8 metros aproximadamente que corresponde a 16 pies y que nos indicaría la posibilidad de vías bidireccionales y de hecho hay documentos que hablan de ellas indicando la existencia de una hilera de piedras en el medio como separación de calzadas, produciéndose, una vez más, la relación áurea en la sección transversal.

La ancha calzada de la entrada a Tarazona nos conduce a poder decir que los caminos tendrían mayor anchura en la cercanía de las urbes y es posible, así aparece en algunos tramos que conocemos, que cada cierta distancia se ensanche la vía para permitir el cruce de carros (Cercedilla).

Referencias no suficientemente contrastadas, nos indican que la red viaria romana empezaría a conformarse hacia el 334 a.C. y llegaría a ser de unos 100.000 km. Es el Senado quien crea el sistema legal de las vías y llegamos al 123 a. C. cuando el tribuno Caius Gracchus publica la LEX VIARIA. Pasarán algunas décadas hasta que se publiquen nuevas legislaciones que, fundamentalmente recogen aspectos fiscales como la annona directamente ligada al impuesto de capitación. Todo los autores de la materia parecen coincidir que los restos epigráficos que completan los itinerarios como relación de mansiones y distancias, constituyen en última instancia no una guía de caminos para el curatore viarum sino una referencia catastral para los recaudadores de impuestos. Por lo tanto estas referencias que podrían ser lo primero al citar documentos que refieran caminos, se constituyen simplemente como una ayuda más en la difícil tarea de recopilación de datos históricos al efecto.





Y tan es así que una vía tan importante en las guerras cántabras como la que desde Reinosa se dirige a Aracillum, no aparezca en la referencia itineraria del "Itinerario de Antonino" y las reconozcamos por la profusa documentación de la conquista romana (dibujo 8).

Así, nombres ilustres como Schulten, González Echegaray, y una pléyade de escritores más recientes, hablan con apasionamiento de la batalla de Araci-

llum y recorre el ánimo un profundo sentimiento de cercanía hacia aquellos héroes cántabros que en la hendida calzada de acceso a la altiplanicie de Aracillum cayeron por defender su honor e independencia ante el invasor romano. Es posible que al pisar el camino de acceso a la explanada y antes de divisar las plácidas vacas que miran con descaro al caminante que medita en el atardecer rojizo de cualquier día, se sienta revivir la heroica defensa de Cantabria. Es esta vía de un trazado cómodo a media ladera y cuyas capas granulares y empedradas en superficie se han perdido indicándose una vez más la dureza del tránsito que debió existir en estas vías.

Desde lo alto se divisa hacia el SE las ruinas de Lulióbriga como testigos lejanos de la batalla que, posiblemente decidió el último destino de Cantabria que como dice el poeta Diego Alonso en un precioso poema dedicado a Lulióbriga, grita desde su lejana gloria que no quiere ser romana, porque su nombre es Brigantia.

La sección estructural del camino es uno de los puntos más controvertidos en el estudio histórico de los trazados así como en su posible datación (dibujo 10).

Aun cuando se ha venido hablando de la sección tipo de calzada romana constituida por cuatro capas, la realidad es que existen grandes diferencias en cuanto al número de capas y a su constitución o composición así como a la caracterización de los materiales constituyentes.

Podríamos indicar, según las más recientes investigaciones al respecto que la utilización de materiales locales así como residuales debió de ser una característica muy específica de la construcción romana de los caminos. En este sentido no podemos definir las capas de una manera uniforme en toda la red, pero es que además existe un dato muy importante y es que hay inversión de capas, en ocasiones, lo que permite

Dibujo 10. Detalles de la calzada.
(Fuente: Elaboración propia).

Foto 8. Calzada y muro en la Capsacosta.
(Fuente: J.M. Fonseca, J. Alonso).





Foto 9 y 10.
Accesos a
Ntra. Sra. del
Risco. Estética
del trazado.
(Fuente:
J.M. Fonseca,
J. Alonso).

sugerir la existencia de recargos del firme en períodos de conservación o rehabilitación del camino.

En cuanto a materiales residuales, la existencia de trozos de tejas y cerámica utilizada en la construcción de algunas capas, nos acerca a la paternidad romana de la vía, ya que tales usos y costumbres en la construcción de los caminos, parece claro que pueda asignarse a época romana. No así en el caso de la alternancia enlosado-empedrado, de cierta connotación medieval.

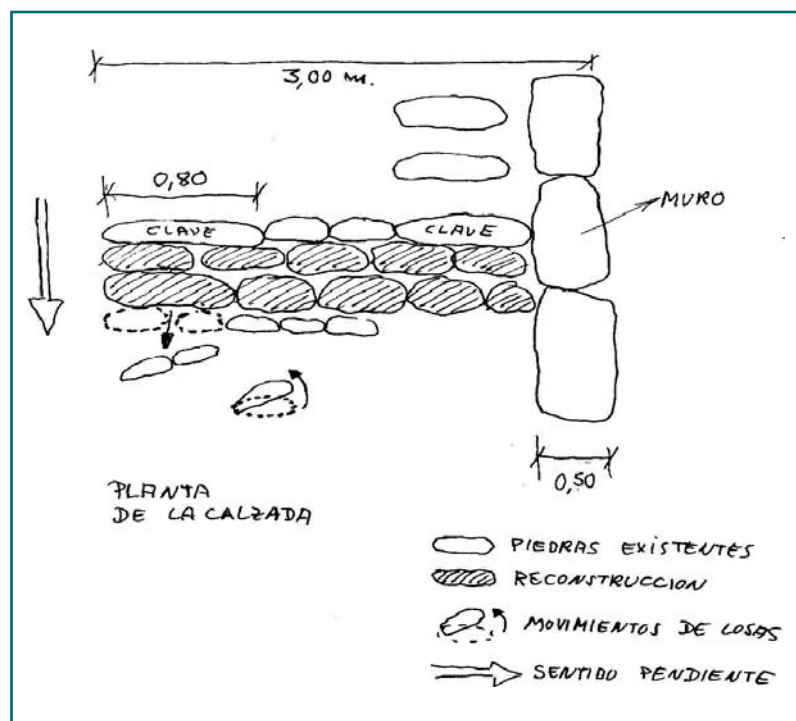
Nicolás Bergier (siglo XVIII) propone una clasificación de las capas del firme del camino con denominación de STATUMEN, NUCLEUS y RUDUS que se corresponderían, a nuestro juicio, con la explanada, subbase y base de la moderna tecnología de carreteras asignándoles el carácter de cimienta, capa drenante y capa portante.

La capa de superficie se definiría como capa superficial anotándola como capa enlosada o empedrada cuando no se tratase de una vía terrena romana, caracterizándola como empedrada o enlosada, SUMMUN CRUSTA O SUMMUN DORSUM, respectivamente. Es curioso indicar que secciones estructurales del camino determinan "in situ" espesores que dentro de la variabilidad pueden encajarse en medidas proporcionales a pies romanos, mientras que de la capa de superficie nada se dice en cuanto a espesor por dos motivos aparentemente claros: la dimensión de la losa en superficie que depende del tallado de la piedra, y el engravillado que recubre las piedras en superficie y que haría la rodadura más cómoda pero con un importante gasto de conservación o mantenimiento lo

que aparece en las inscripciones epigráficas y de lo que tenemos paradigmáticas referencias, también de época medieval y hasta moderna (siglo XIX, discursos sobre la política de los caminos).

Hemos leído en los textos griegos referencias a caminos intransitables, *ανοδία*, ANODIA con su significado de inexistencia de camino, a senderos primitivos (*α πῆ*), *βαδεν*, BADEN, a abrir camino, *οδοποιεσις*, ODOPOIESIS, en el sentido de preparar la concha o en el sentido religioso de preparar los caminos del Señor (S. Juan), *τεκνε*, TEKNÉ, como arte (estética) u obra, diríamos técnico o ingenieril, así como *τεκνέτος*, TEKNETÓS, hecho con arte es decir "artificio" y artífice en contraposición o complementario a pontífice. Y el *οδος*, ODOS, el camino como acceso (teológico) viaje o método. *ψεφίς*, PSEFIS como guijarro o piedrecilla y *ψεφος*, PSFOS como canto rodado. *σωμα*, SOMA como montón de tierra o terraplén (recordar Somaconcha). Cuenca o conca o concha, topónimo de calzada ya que deriva de conia o cueña en su acepción de paso de roca y calzada, en lenguaje local y del que deriva el verbo escueñar (que se utiliza en Cantabria) como acción de despojar los frutos del castaño con lo que la excavación del camino se relaciona con la cavidad envolvente del firme y cuyo origen se aplica al pueblo que poblaban los coniacos, vecinos de los berones. Resulta curioso observar que en las zonas por donde discurren las calzadas existen castaños que tal vez proporcionaban sombra y fruto al caminante.

Unión de arte, ciencia, técnica, filosofía, filología, poesía, teología. He aquí la verdadera interdisciplinariedad de la investigación histórica del camino. Sólo



Dibujo 11. Hipótesis de rehabilitación en planta del deterioro superficial del camino. (Fuente: Elaboración propia).

desde la humilde perspectiva de nuestra personal interpretación del camino, podremos llegar al verdadero conocimiento de la razón de ser del camino, γνῶσις, GNOSIS, y comprender dentro de su carácter técnico su más genuina existencia.

Nos viene a la memoria aquel sencillo cuaderno, denso de contenido de Eduardo Torroja "razón de ser de los tipos estructurales" para poder aplicar a los caminos como "razón de ser de los tipos de caminos"

Si repasamos las referencias textuales cuyas indicaciones cabalgan sobre el tiempo, podemos observar al modo sinóptico característico de la interpretación bíblica de los evangelios, que dichas referencias transpasan civilizaciones y épocas y nos aportan criterios que suponemos muy homogéneos en cuanto al diseño del camino como definición de la sección estructural del mismo. Así, desde Herodoto que refiere las vías regias o "οδοσβασιλική", odosbasilike, alcanzamos la referencia de Polemón en relación a la vía sagrada de Atenas a Eleusis a la que le asigna un ancho de tres metros indicando que no está pavimentada, lo que nos hace suponer que existían otras vías con capa superficial. Asimismo refiere la existencia de funcionarios que medían al paso la longitud de las vías a los que se le denominaba "βεβεμαστικὸν" bebestastimene, o mensurador del itinerario.

Volviendo de nuevo a la ley de las XII tablas, se nos aparece en su tabla 8, al hablar de los derechos prediales donde indica que la servidumbre de vía para

carro tirado por animales, dejará camino de 8 pies de anchura si es en línea recta y de 16 pies si el camino fuera tortuoso.

Siglos después, el Digesto, recoge la siguiente e interesante referencia:

"Si quis in specie refectionis deteriore viam facit, impune vim patietur propter quod neque latiore neque longiore neque altiore neque humiliore viam sub nomine refectionis is qui interdictum potest facere, vel in viam terrenam glaream inicere aut sternere viam lapide quae terrena sit, vel contra lapide stratam terrenam facere"

Es Ulpiano en el libro 18 de los comentarios al edicto del pretor el que lo expresa de esa forma cuya traducción interpretativa del texto latino es así:

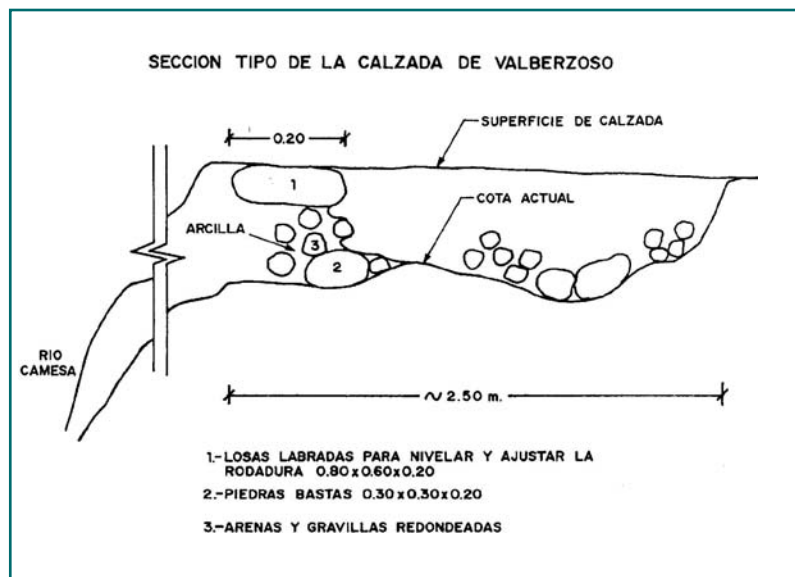
"Si con el pretexto de repararla, alguien deteriora la vía, que sufra un castigo. Porque no puede el que se ampara en el interdicto con objeto de reparar, hacer la vía más ancha, ni más larga, ni más alta, ni más baja, no echar grava en una vía de tierra, ni empedrar una vía que sea terrena, o, al contrario, convertir una vía pavimentada con piedra, en una vía de tierra".

Ulpiano recoge, así, del Digesto una interesante referencia a la conservación de los caminos.

Este párrafo es sumamente rico en conclusiones: No se puede cambiar la tipología estructural del camino; se conservan las vías mediante recargos de grava; el término "lapide" no parece referirse a losas, sino a piedras; los "refuerzos de tierra" son admitidos; no se puede variar el ancho de la calzada; parece no se hacen rectificaciones de trazado; no se puede elevar el "terraplén" del camino (el agger romano o el soma griego), ni se puede reducir el espesor de la sección estructural del firme. Habida cuenta de la crítica de estas conclusiones así como su confirmación mediante los trabajos de campo, se ve claramente la importancia del conocimiento de todos aquellos textos que indiquen "algo" sobre el camino incluyendo en ese algo referencias que pueden pasar desapercibidas para el espectador poco avisado y avezado.

La datación de cierta tipología en superficie del camino como calzada tardo-romana/altomedieval acaba definitivamente con el paradigma de identificar camino empedrado con camino romano (dibujo 11).

Quizá, de todo cuanto antecede la más importante conclusión es que "no todas las calzadas empedradas son romanas ni todas las calzadas romanas son



empedradas" y además "el término empedrado no es sinónimo de enlosado", pudiendo añadir que no es exclusivo de una época ni el empedrado ni el enlosado y que es el diseño en superficie (el aparejo) quien inclinará la balanza en un sentido o en otro.

En el siglo XVI un autor poco referenciado (Alberti) en sus diez libros de arquitectura habla de los caminos, indicando que son de ancho mayor o igual a 8 codos lo que recoge en su libro cuarto que titula "la grandeza, forma y razón de los caminos así reales como de la ciudad y también de las otras cosas". Como se ve es un título sugestivo que va más allá de la mera descripción del camino la que por otra parte, se ciñe casi en exclusiva a datos geométricos muy generales, de las vías.

Sabemos, pues, que la denominación de las capas según Bergier se apoya en la referencia vitrubiana que dedica tal sección a los enlosados de las casas romanas y de las calles de las urbis y civitate. Este aserto adolece de dos defectos importantes: el primero que dedica a las vías interurbanas un criterio de diseño igual que el de los suelos que soportan esos extraordinarios mosaicos del que tan rica es la arqueología romana de España. Pero es que, además da una tipología de cuatro capas poco menos que sistemática y a la que bajo el término de summum crusta o dorsum le supone una calificación de empedrado e incluso enlosado cuando lo que pudiera inferirse de la denominación es simplemente la existencia de una capa de cuya composición a veces no se dice lo suficiente en la bibliografía del tema y que está muy lejos de ser una capa superficial tipo y, así, existe capa de gravilla en superficie con sucesivas reparaciones lo que hemos querido adivinar en los escritos de Larraz del XIX y en

Dibujo 12. Análisis del deterioro superficial del camino. (Fuente: Elaboración propia).

algunas vagas referencias mucho más antiguas. Valga cuanto antecede para indicar el estado actual de cambio de paradigmas en la definición de la sección estructural de los caminos antiguos.

No podemos olvidarnos y recordar de nuevo a Chevalier que también recoge algunos párrafos mal traducidos de Vitrubio en lo referente a caracterización geométrica del camino, ni tampoco al atractivo libro de Fourier "la rueda", así como a los tratados de Tresaguer y Mac Adam cuyas conclusiones conectan con la lectura crítica de textos anteriores y que representan el salto a la modernidad de los criterios de diseño del camino que, en nuestra opinión, conecta de una forma clara con principios de construcción, conservación y rehabilitación de los caminos, entendiendo por tales términos la puesta a punto de los servicios auxiliares del camino (cunetas, drenaje y vados, fundamentalmente) lejos del término "reconstrucción" que, prohibido por las leyes "ad hoc" creemos debe ser también proscrito cuando de la recuperación de restos arqueológicos tratamos.

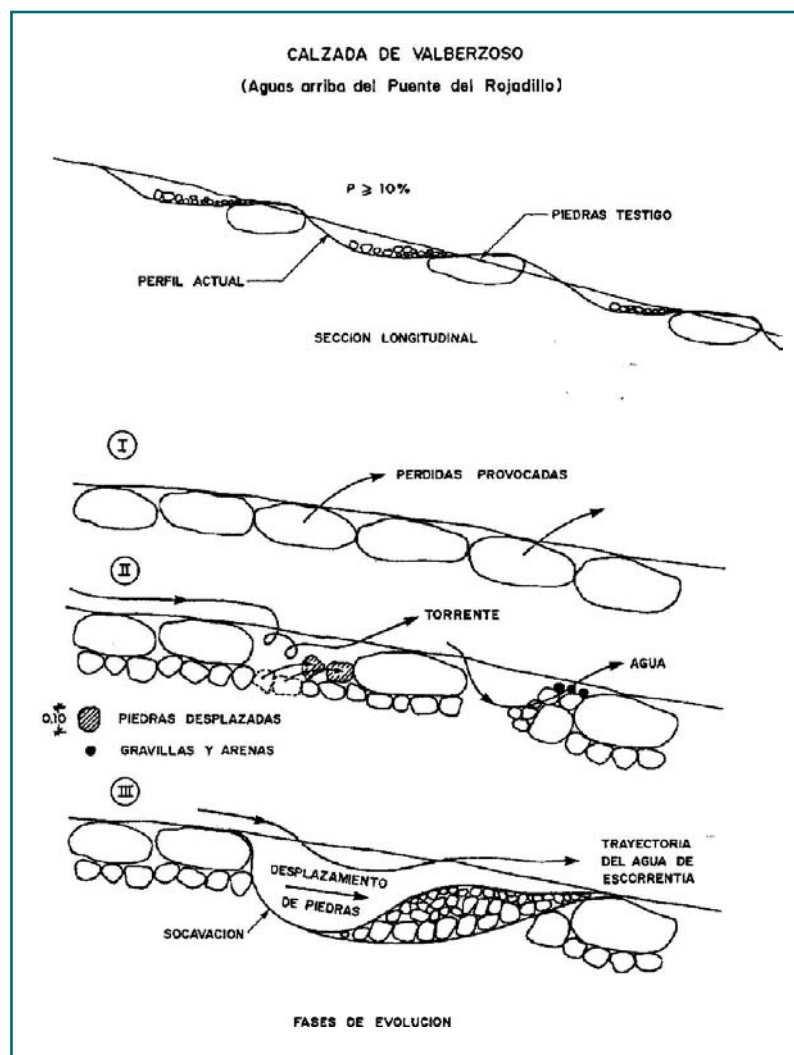
Finalmente, no podemos dejar de reconocer el importante hito que supuso en el estudio de los caminos, la descripción, a mediados del XIX de la vía Uxama-Augustóbriga, del ingeniero de caminos Saavedra, descubridor de Numancia y que aporta unos datos, que, aun hoy en día son fiel reflejo de una acertada investigación del camino.

Los estudios de la Junta Superior de Excavaciones de principios del XX van a conectar maravillosamente con la profusión de trabajos que, a partir de finales del XX ha supuesto la creación de un verdadero cuerpo de doctrina sobre el estudio de los caminos antiguos. Tales estudios pueden seguirse en la documentación del Museo de Arqueología de Madrid, la Biblioteca Nacional y la sección de Historia del Consejo Superior de Investigaciones Científicas así como en la numerosa documentación de las instituciones provinciales y regionales.

5. Restos relictos de la geografía hispana

Una metodología científica del estudio del camino y su relación histórica nos ha permitido elaborar un plano de la península con los tramos existentes de restos de vías con diferente estado de evolución desde tramos aparentemente muy bien conservados, hasta restos anárquicos de difícil delimitación.

Observamos tramos en trinchera que nos ayuda a seguir itinerarios y a vislumbrar "in situ" detalles sobre la existencia de capas del firme con su espesor y tipología de materiales y degradaciones que pueden tipi-



Dibujo 13. Estadios de evolución del camino en pendiente. (Fuente: Elaboración propia).

ficarse como si de un "catálogo de defectos del firme" se tratara. Hitos señalados como diferentes obras de fábrica nos aporta datos sobre la capa superficial del camino (dibujo 12).

Aquí se ve la sección tipo de calzada en el norte de Palencia, en Valberzoso, donde se observan pérdidas de material, arrastres y basculamientos de las piedras (dibujo 13).

Este croquis, aun cuando se le asigna a las calzadas de acceso a Cantabria, supone un ejemplo paradigmático de evolución de caminos en otras latitudes. Se observa numerosos detalles: piedras clave, engranado de las piedras, drenaje superficial que hace de encofrado de los paños del camino, así como fundamento estructural del muro de contención.

Existen tramos en donde se observa meramente el terraplén que conforma la traza de la vía, pero también tramos de dos, tres, cuatro y hasta mayor número de capas. Los arrollamientos de las capas por la esco-

rrentía de las aguas superficiales, nos deja ver el esqueleto del firme y contemplar la consolidación de capas internas que han resistido el paso del tiempo. En otras ocasiones, el fallo del drenaje profundo, como hemos tenido oportunidad de querer reconocer "in situ", ha supuesto pérdidas del trazado ocasionando un aparentemente injustificada ausencia de capas pétreas y un desplazamiento de este tramo en zonas más bajas de los trazados a media ladera, como ya hemos indicado.

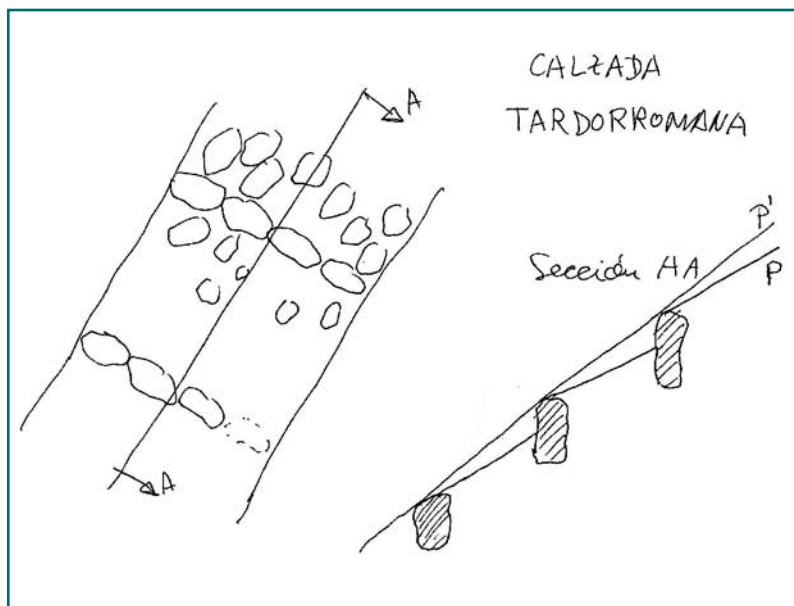
Existen tramos que debido a las inundaciones han quedado para siempre sumidos en el olvido (Prádena). En algún caso la incuria o el pillaje o el abandono del camino ha supuesto la pérdida de un patrimonio arqueológico que no fue siempre valorado y cuya sensibilidad en cuanto a su conservación no llegó como en el caso de otras obras públicas, a tener la consideración, el respeto y el interés que los caminos se merecían.

Cuanto antecede lo hemos observado con detalle en la vía de acceso a Aradillos, en las calzadas del N. de Palencia de acceso a Cantabria (Quintana y Collado de Somaoz, tramo que fue respetado cuando se realizó la carretera a Población de Suso), En la meseta coincidiendo con el camino de Santiago (Calzadilla de la Cueva, en el tramo denominado felizmente "la parva"), en zonas anejas al puente de Néstar (fotos 5 y 6) cerca de donde se encontró, según Schulten un miliario, y en la tantas veces mencionada calzada de Bárcena de Pie de Concha.

Tramos en su aspecto natural se reconoce en S. Martín de Trebejo (foto 7) cuyos restos se aparecen en medio del amplio campo castellano y que se citan en un precioso opúsculo del P. Morán que realizó en los años cuarenta el documentado libro "reseña histórica artística de la provincia de Salamanca"; las vías pasiegas como la de S. Roque de Riomiera y un sinfín de restos a lo ancho y largo de la geografía hispana.

Pozazal y Somaoz caracterizados porque su reconocimiento en los restos dispersos nos retrotraen a las guerras cántabras. Paradigmática es la vía 18 del Itinerario de Antonino estudiada por Nardiz y Durán. Los restos intactos de Chaves y Serpa en el norte y sur de nuestros vecinos portugueses y que se puede admirar cerca de la Pax Julia romana, Beja.

En todos ellos se detecta no sólo situaciones semejantes sino relaciones temporales en base a su soporte histórico, su grado de conservación y la maravillosa integración en el paisaje. En todo ellos se reconoce técnicas de trazado y construcción que nos permite sugerir la idea de un conocimiento común del diseño de los caminos. Nos ha permitido la investigación al efecto determinar procesos de degradación de cuyo



análisis inferimos el dibujo concienzudo de lo que debió de ser el camino en su estado de correcta funcionalidad.

Otros aspectos relacionados con la evolución del camino (roderas y rodadas –dibujo 9-) completan el extenso abanico de datos interesantes que nos permite cada vez con mayor detalle la definición del camino y la posible datación de los tramos.

La técnica de carreteras nos indica que un firme se compone de, al menos, cuatro capas: la capa de rodadura, la capa de base, la subbase y la explanada a las que se le asigna respectivamente la función de impermeabilidad durabilidad y comodidad de tránsito, capacidad soporte, capacidad drenante y cimiento del firme. Este sistema se puede trasladar en la determinación de las capas de los caminos antiguos y ello, según los casos atendiendo a su modelización como firme rígido o firme flexible o incluso semirrígido. En el caso de caminos antiguos, en general tendrán la consideración de flexibles o semirrígidos en todo caso. El cálculo multicapa para la determinación fundamentalmente de la tensión de tracción en la primera capa y la compresión sobre la explanada nos aporta en el caso de los caminos históricos unos datos de cuyo análisis de sensibilidad deducimos el carácter estructural correcto del camino, es decir, la justificación racional del método empírico que debió informar (no había otra solución) la actuación de los ingenieros romanos, de los medievales, de los renacentistas y de los primeros ingenieros del XIX los que aplicaban ya algunos métodos matemáticos de definición.

En medicina se sabe qué aplicar ante un estudio sintomatológico (empírico) pero, en ocasiones no se

conocen las causas de la aparición de la enfermedad o patología (científico). He aquí el concepto estructural de la investigación arqueológica e histórica.

En cuanto al trazado, hay que añadir que los itinerarios seguían el trazado obligado a orilla de los ríos y sólo el paso de las montañas (lo que realmente divide a los pueblos al decir de Herodoto) haría la unión de itinerarios un poco más difícil, dando origen a esos muros ciclópeos de gran factura que delinean en el paisaje la impresionante silueta del camino (foto 8).

Aquí las pendientes se elevaban (hemos podido observar pendientes del 15% y puntualmente algo mayores) y no era extraño cruzar suavemente las curvas de nivel y aumentar la pendiente en el acuerdo de tramos rectos y curvos, situación que se ha venido produciendo hasta bien entrado el siglo XX. Imaginemos la solución de corregir una pendiente real inferior a la teórica virtual de un trazado escalonado (dibujo 14).

En relación a los servicios del camino, las vías antiguas tienen prominencias al sesgo para evacuación de las aguas de escorrentía, vados en ocasiones a distancias cortas, pontones para evacuación de riachuelos, arroyos, regatos y ramblas, cunetas laterales con depósitos de descarga, cunetas de guarda y canales centrales; éstos más propios de caminos medievales, en términos generales lo que no excluye otra procedencia.

En cuanto a la capa de superficie, la existencia de gravilla de regularización parece una práctica generalizada en cuanto a tiempo y lugar dejando el empedrado para el paso de terrenos difíciles o más transitados (vía de Alba de Tormes a Salamanca) y, sólo en contadas ocasiones, el enlosado, posiblemente en las ciudades y en sus cercanías. Así se ha visto esta tipología en las vías principales y transversales (cardus y decumanus) de las urbes romanas. Recordar la Pasión del Señor cuando nos dice “en el sitio que llaman enlosado”. En consecuencia planteamos la terminología de engravillado, empedrado, atendiendo al tamaño y forma de las piedras y enlosados cuando de bloques prismáticos o cúbicos de cierto tamaño tratamos, del orden de 50 cm de arista, sobre poco más o menos. Hay que tener en cuenta que no existe solución de continuidad, es decir piedras de 30 cm de diámetro aparente constituye el tamaño máximo del empedrado, 5 cm el del engravillado y a partir de 50 cm el enlosado. Debajo del engravillado suele existir un empedrado “recebado” al estilo de las secciones de Mac Adam lo que constituye la verdadera capa portante del firme, y que lo podemos considerar como un preclaro precedente de la técnica carretera del XIX.

Dibujo 14.
Aspectos constructivos:
reducción de
pendiente.
(Fuente:
Elaboración
propia).

6. Naturaleza, geometría y diseño

Desde hace años, mucho antes de que el proyecto de impacto ambiental se considerara como parte integrante de los proyectos de infraestructura, se publicaron varios artículos de opinión relativos al paisaje y la carretera que con tanta profesionalidad y acierto se han venido realizando a lo largo de muchos años (Ángel del Campo Francés) y a la definición geométrica de las playas y su relación con el régimen de los vientos dominantes y reinantes a lo que dedicó una interesante investigación Federico Macau Vilar.

Una idea que veníamos acariciando hace tiempo nos llevó a investigar si los caminos en su visión estética, podían tener una definición geométrica de su sección y trazado que fueran la aplicación de la relación áurea al diseño geométrico del camino. Estudiando la definición geométrica de Las Meninas (A. Del Campo) o el estudio de líneas de las iglesias visigóticas de Arias en Asturias o la "epacta" para la determinación del nº áureo en la previsión de las mareas, nos lleva a modelizar los caminos antiguos en relación a la disposición de las losas, y las proporciones del tallado de las piedras, su disposición transversal y el trazado longitudinal. Así hemos llegado a la conclusión de que el replanteo de la traza del camino sigue unos criterios de relación pitagórica y armónica que proporciona una disposición de las piedras en superficie que siguen criterios distintos, según la época histórica y que nos puede permitir determinar la asignación o la datación de las vías.

Algunas medidas de los márgenes en relación con la semianchura del firme nos aporta una relación de media proporcional, cuya extensión homotética de línea en perspectiva nos da una visión del camino que nos produce una visión estética que no se da cuando no existe dicha proporción (razón áurea). Tal vez, el ingeniero viario diseñó geométricamente el camino al estilo del poeta que transcribe su sentimiento en forma de poema y cuyo posterior análisis proporciona unos hemistiquios y cesura, así como medida y acentuación que aparece sin querer que hace distinguir al gran poeta que, sin pensarlo logra un precioso discurso literario que induce en el que lo lee el más profundo sentimiento.

Resulta oportuno recordar que la matemática, la geometría y los conocimientos artísticos, económicos, sociales o ecológicos no pueden estar ausentes en la formación del ingeniero que tiene que conocer, apreciar y entender la historia de la ingeniería y en concreto la de la caminería por lo que aporta desde el punto de vista técnico y humanístico.

El estudio geométrico de las proporciones en arquitectura e ingeniería nos aporta unos criterios de defini-

ción de distancias que hacen que una obra se considere y se aprecie como bella. La estética del camino en cuanto a su trazado y características geométricas de la vía nos sugiere la posible existencia de criterios de diseño que determinan la definición del camino. Hemos podido observar la belleza de un trazado en planta sin los quiebros de un proyecto anárquico, lo que nos confirma que los constructores de caminos conocían la tríada vitrubiana de economía, funcionalidad y estética. La investigación de la sección transversal del camino nos aporta una relación entre el tamaño de los márgenes o piedras marginales, la dimensión de las piedras en superficie y la disposición longitudinal de los paños que guardan unas proporciones de medias geométricas o armónicas, en ocasiones orlados con la fila de losas al biés que constituyen el drenaje superficial y que evita no sólo los arrollamientos en superficie sino el basculamiento de las piedras y su desplazamiento. Por eso es por lo que en pendientes elevadas se procede a la disposición de losas con aparejo "a sardinel" lo que proporciona un murete transversal de sostenimiento de las capas superficiales del firme. Tales muretes presentan dimensiones que no son en modo alguno arbitrarias. La proporción 3,4,5 se cumple fielmente en las distancias transversales totales así como en las parciales, observándose en su conjunto una apariencia superficial de las losas o piedras en superficie de cuyo sentimiento estético no nos deja lugar a dudas.

Aun cuando se producen diferencias en el ancho de los caminos, las proporciones en cuanto a las piedras y su disposición se reconocen también en la importante red caminera medieval. Ello, unido al empedrado del camino, cuanto éste existe, nos hace suponer que el conocimiento del diseño medieval de los caminos está muy lejos del concepto de una edad media oscura y tal vez injustamente olvidada. De ahí que la pregunta ¿son romanas las calzadas romanas? nos lleva a una investigación pormenorizada del reconocimiento caminero de largas épocas posteriores a la caída del imperio romano. Es paradigmático en este sentido el seguimiento del camino milenario de Santiago que presenta tramos empedrados claramente medievales.

7. Colofón

La contemplación de restos de caminos con diferentes tipologías, estado de degradación, evolución, caracterización geométrica, obras auxiliares e identificación y composición de los materiales constituyentes, nos conduce a reconocer en la historia y en el análisis de la técnica del camino, la importancia de la

vía a lo largo del tiempo y el carácter permanente de los itinerarios, testigos mudos de cultura.

Jamás debemos olvidar que la investigación histórica aporta al conocimiento y justificación de nuestra técnica, el sentimiento estético de la obra caminera.

El humanismo no es en modo alguno ajeno a la vocación ingenieril y el máspreciado quehacer del camino seguirá perennemente estructurando la actividad de los pueblos y la caracterización medioambiental de esa obra lineal que es el camino y que permanece en el corazón del ingeniero como una obra bella, útil y permanente.

La dedicación poética al discurso del camino, recoge entre líneas, como hacía Stace, nuestro poeta

latino, las tenues referencias a las vías, lo que nos conduce a reconocer que la poesía bien pudiera dedicarse a quienes expresan su sentimiento profundo y vocacional de la estética e historia del camino o a la historia y arte que envuelve su trayectoria, la senda ibérica, la vereda cartaginesa, el odós griego, la vía romana, la cañada, la idea universal del camino más allá del tiempo y del espacio.

Aunar el sentimiento que proporciona la poesía a la descripción del estado del camino, es una forma de sentir la presencia y existencia del camino, con la musicalidad del discurso literario, la contemplación del paisaje y nuestra más profunda vivencia espiritual (fotos 9 y 10). ♦

Referencias:

- ABASCAL PALAZÓN, JOSÉ MANUEL. *Vías de comunicación romanas de la provincia de Guadalupe*, 1982.
- ABÁSULO, J.A., *El estudio de las vías romanas en Hispania*, XIV Congreso Internacional de Arqueología Clásica, Tarragona, 1994.
- ADAM, JEAN-PIERRE, *La construction romaine*, París, 1984-ARIAS BONET, G. Artículo *Una visión global de la red viaria de la Hispania romana*. Revista OP. Caminos I. 1993
- ARIAS, GONZALO. *Significado de los casos gramaticales en los itinerarios romanos*. Actas do 3º Congresso de Arqueologia Peninsular. Volume VI, "Arqueologia da Antiguidade na Península Ibérica". Porto, ADECAP, 2000
- BERGIER, V. *Histoire des grands chemins de l'empire romain* T.1, lib. II
- CHEVALLIER, R. *Les voies romaines*, París 1972.
- CUNTZ, *Itineraria romana*, Berlín 1929
- IGLESIAS GIL, J.M. y MUÑOZ CASTRO, J.A. 1992, p. 97 y ss.. *Las comunicaciones en la Cantabria romana*.
- FONSECA, JOSÉ MARIA. *La tipología de las calzadas romanas*. Symposium de Ingeniería Civil romana. Tarragona, 1992.
- FONSECA, JOSÉ MARIA. *El drenaje en las calzadas romanas*. Seminario de la Ingeniería, el agua y el terreno. Sociedad Española de Mecánica del Suelo. Málaga, 1990.
- FONSECA, JOSÉ MARIA. *Las calzadas romanas de acceso a Cantabria*. Revista Arqueología nº 49. Mayo de 1985.
- FONSECA, JOSÉ MARIA. y ALONSO, JESÚS. *Plaustro, tabulae y calzadas*. Symposium de Ingeniería Civil romana. Tarragona, 2006.
- MAÑANES, T. y SOLANA SAINZ, J.M., *Ciudades y vías romanas en la cuenca del Duero*, Valladolid 1985.
- PLINIO EL VIEJO, *Naturalis Historia*. Libro XXXVII, 203.
- ROLDAN, J. M., *Sobre los acusativos con ad en el Itinerario de Antonino*, Zephyrus XVII, Salamanca, 1966.
- SICULO FLACCO, *De condicionibus Agrorum*. Edición de R. Lachmann.
- SILLÉRES, P., *La búsqueda de las calzadas romanas: desde la fotointerpretación hasta el sondeo*. Simposio sobre la red viaria en la Hispania romana, Zaragoza, 1990.
- Los diez libros de la obra de Marco Lucio Vitruvio Polión: *De Architectura*.
- Cod.Theo.,XV, 1,24 yXV, 1,32.
- ULPIANO, Digesto, XLM, 1.3 y XLM.
- ULPIANO, Digesto, XLIII, 8, 21 y 22).
- WESSELIHG, P. *Wetera Romanorum Itineraria*. Itinerario de Antonino, 427.4-429.4 (Ámsterdam 1735)

EN MEMORIA DE D. IGNACIO GONZÁLEZ TASCÓN “Ingeniero Joven, Ingeniero de Caminos”

Fernando Moreu Alonso, Presidente de la Asociación Nacional “Ingeniero & Joven”

La suerte de haber estudiado la carrera de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos en la Universidad de Granada se transforma en honor y signo de distinción en aquellos que han sido alumnos del Catedrático de Estética e Historia de la Ingeniería D. Ignacio González Tascón, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. O como el preferiría, en un tono natural y espontáneo, por el hecho de haber estudiado con Ignacio.

Ignacio ha impartido las clases de Estética en la Escuela de Caminos desde los primeros 90, poco después de los comienzos de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Granada. En el primer día de clase, se dirigía desde su mesa, entonces en el segundo semestre, a los alumnos del último curso del entonces vigente plan de estudios, quinto de carrera; como muchos de sus alumnos simultaneábamos asignaturas de otros cursos mientras escuchábamos aquella primera clase de Estética de la Ingeniería, solíamos traer la mayoría horarios ajustados por el número de asignaturas, el proyecto fin de carrera, diferentes convocatorias, y otros compromisos naturales de los estudiantes universitarios. En ese primer día de clase, casi todas las filas del aula del Monasterio de los Jesuitas de Cartuja, que es donde algunos de nosotros estudiamos parte de la carrera, estaban repletas de alumnos. Alumnos que acudían en masa, al menos ese día, a conocer los parámetros de la asignatura. Entonces Ignacio, nos presentaba la Ingeniería de Caminos de forma completamente diferente al resto del plan de estudios durante 4 horas seguidas, de una forma revolucionaria para nosotros, Ingenieros de Caminos Jóvenes hoy, estudiantes entonces. En esa primera clase recorría un poco de historia y mucho de Ingeniería, de Ingeniería de Caminos. Algunos de nosotros nos quedamos, quizás por la curiosidad de oír algo diferente a las otras asignaturas, más rigurosas en los contenidos, más técnicas, más predecibles. Y los que tuvimos el honor de compartir esa



pasión suya por la Ingeniería de Caminos, descubrimos que Ignacio siempre estuvo convencido/empeñado en educarnos en Estética e Historia, sin rendiciones, sin sometimientos, con fundamento y entrega total a su idea de la educación, y en Ingeniería de Caminos. Estética e Historia en el sentido pleno, con todas las consecuencias, con convencimiento y rigurosidad. E Ingeniería de Caminos total, inmensa, completa. Los que tuvimos la suerte y el honor de ser sus alumnos, no pudimos, ni podremos, olvidar sus lecciones, ni a él. Gracias a sus clases, la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Granada tiene una generación de Ingenieros de Caminos Jóvenes que han aprendido y heredado esa pasión por la Ingeniería de Caminos, claramente marcados por el espíritu de Ignacio. Para aquellos que las recibimos, las clases de Estética de la Ingeniería de Ignacio han sido una base fundamental en nuestra profesión como Ingenieros de Caminos, tal como predecíamos entonces. Con 13 promociones salientes de esta Escuela de Caminos, podemos decir que estamos hablando de Ingenieros de Caminos Jóvenes

con una forma particular de entender la profesión, propia de la Escuela de Ingenieros de Caminos de la Universidad de Granada.

Clases de Ingeniería de Caminos

En las clases de Estética e Historia había mucha práctica: no sólo a la hora de decidir, a lo que muchos de nosotros nos enseñó Ignacio (la evaluación de la asignatura era sobre un tema a elección propia(!)), también en hacer realidad nuestras ideas y proyectos. Ignacio era libre y alegre, y nos contagiaba a los demás estos dos pilares de su persona a través de sus conversaciones, de sus frutos, de sus protectos. Ignacio desarrollaba un cúmulo de actividades que pretendían formar esa conciencia de Ingenieros de Caminos en los alumnos; que lo pretendían y lo consiguieron, de una forma totalmente novedosa, única e inolvidable. Pero quizás, al fin y al cabo, las clases de Ignacio no eran tan revolucionarias. Y es que eran clases con apuntes, libros, fotocopias: los manuscritos de Juanelo Turriano, las capitulaciones de Santa Fé, los microfilms del palacio de los Córdova, por los que más de uno tuvimos que ir para descifrar la Ingeniería de Caminos de Granada; había también cálculos, planos y diseño, los cálculos de astronomía medieval, los planos de la Catedral de Alonso Cano, el diseño hidráulico del matadero de la Calle S. Antón; lecciones de mecánica y aritmética, la mecánica de los molinos de viento y las norias, los números de Averroes; muchos temas de gestión y producción, como los de la azucarera de Salobreña, o la de los puertos de España en la época medieval, a los que navegabas con Ignacio, y en los que Ignacio se mostraba un especial interés, pero siempre igual de apasionado. Pero si hay algo en las clases de Ignacio que destacan por su aporte a la formación de Ingenieros de Caminos, lo eran los problemas y las clases prácticas.

Los problemas de clase variaban cada semana. Algunos consistían en escuchar

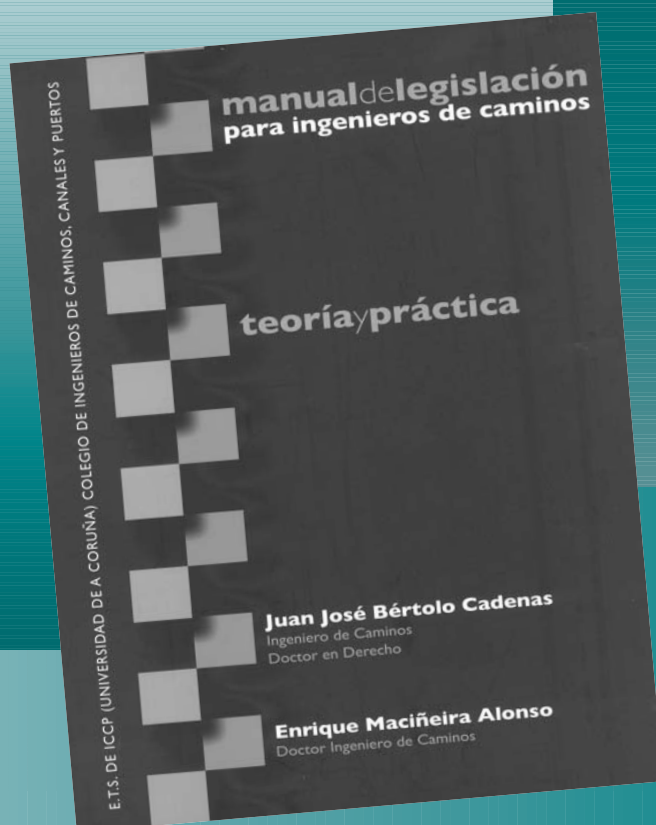
música clásica o poesía (Ignacio nos convenció de que los Ingenieros de Caminos estamos diseñando la armonía, el equilibrio, la estética de nuestro medio, de nuestras ciudades y nuestros paisajes. Y que el desarrollar nuestra formación artística nos permitiría proyectar mejores puentes, carreteras, ciudades, puertos, presas, parques y espacios libres). Razón tenía Ignacio, y muchos de nuestros proyectos hoy se esfuerzan por llevar este sello, el que aprendimos en las clases de Ignacio. Y es que Ignacio insistía en el beneficio de aprender de nuestros mejores poetas para poder ser mejores ingenieros. Otros ejercicios nos llevaron a descifrar jeroglíficos egipcios (algún compañero primero debía aprender a escribirlo en la pizarra), para desarrollar nuestras virtudes que no podían ser cubiertas en otras asignaturas; como la capacidad arqueológica, entre otras carencias. Ignacio nos educó en pintura, escultura, caligrafía, arquitectura, biología, jardinería,... por citar algunas de sus clases más brillantes.

Las sesiones prácticas traerían más acción e intensidad de la que un estudiante de Ingeniería de Caminos podía imaginar. La agenda de aquellos viajes era comentada

después por los alumnos como extremadamente medida, y es que Ignacio quería dar tanto que no podía pasar por un puente sin parar a compartirlo con los alumnos, y comentarlo; o dejar de observar una presa a la que había que ir en persona, para entenderla, para conocerla, para interiorizarla. Ignacio nos llevaba por toda España a contemplar las maravillas de la Ingeniería de Caminos, que muchos no habríamos conocido sin él. Experto en casi todo, natural y espontáneo hasta la médula, por vocación, incombustible en su papel de profesor; Ignacio nos descubrió la España de Felipe II, la del Renacimiento, la de la Reconquista, también la conquistada, y pre-conquistada. Enamorado de los ingenios medievales de gestión de las aguas, entendía la importancia del urbanismo en el sentido más ambicioso posible, Ingenieros de Caminos para ordenar el territorio. Nos enseñó los almendros de Cáceres, y los jardines de Aranjuez. Nos llevó al Escorial y al Prado, también a una de sus exposiciones en el jardín botánico de Madrid. Seguidor peregrino de los caminos de los romanos llevó a los hoy Ingenieros de Caminos Jóvenes al puente de Alcántara, también a los de Mérida, a no sé cuántos más, y como

en una máquina del tiempo nos trasladaba a la construcción y necesidad del momento histórico para los que fueron construídos, cada uno de ellos. Participar en una actividad de Ignacio significaba una aventura en el espacio y en el tiempo. Su actividad práctica local favorita era la visita a la Alhambra, a la que nos guió por la cuesta de los Chinos, desconocida por muchos de nosotros; Ignacio nos hizo más granadinos. Disfrutaba Ignacio desvelándonos los secretos del palacio nazarí, y el de Carlos V, y por supuesto, los jardines, relacionados con conducciones de agua; y traducía todas estas intervenciones ingenieriles en necesidades locales del entonces, que de nuevo, reforzaban la idea que el mantenía, poder entender nuestra labor de Ingenieros de Caminos como servicio a una necesidad social e histórica.

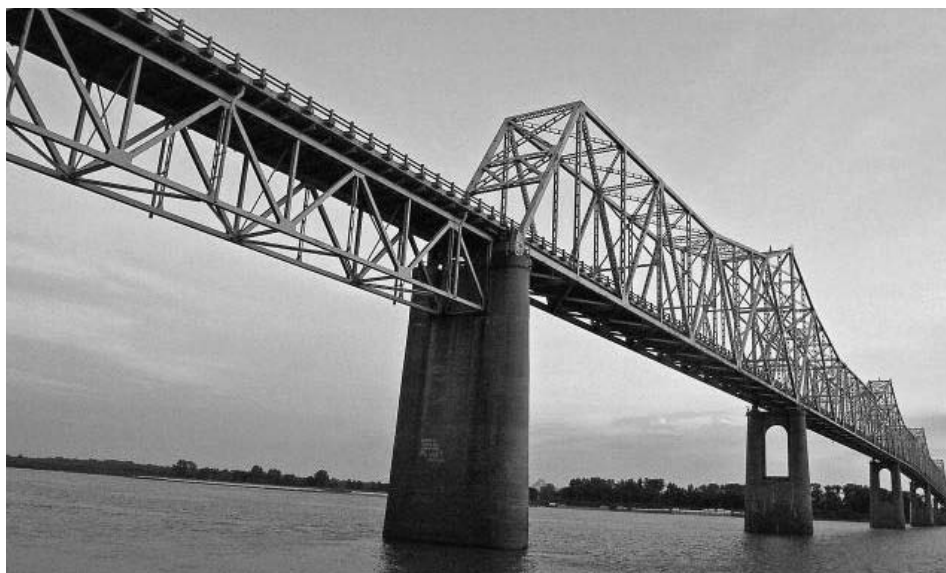
Ignacio destacaba en sus seminarios y conferencias en Ingeniería e Historia por hacernos reflexionar sobre todo, por hacernos preguntas en el momento menos esperado, y sobre lo menos predecible. Nos trajo el teatro a la Escuela de Caminos, llevándonos a la época de Felipe II, en la plaza de la Catedral de Granada, para subastar las obras de la construcción de un puente:



A LA VENTA EN LA LIBRERÍA
DEL COLEGIO DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Tel.: 91.308.19.88 (Ext. 272-298).
Fax: 91.319.95.56.
libreria@ciccp.es

DISPONIBLES EN PRÉSTAMO
EN LA BIBLIOTECA DEL COLEGIO
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS
Tel.: 91.308.34.09 (Ext. 271-242).
Fax: 91.319.95.56.
biblioteca@ciccp.es



“por orden del señor corregidor y de los comandadores de esta ciudad, se hace saber...!”, pregonábamos por las calles, anunciando la subasta pública, horas antes de nuestra comparecencia ante las autoridades realicias, con soldados, monjes, mozárabes, pujantes,... y ante un público sorprendido por ver la ciudad transformada en medieval por una orde de estudiantes de Ingeniería de Caminos, reivindicando su profesión entre trompetas y tambores. Recuerdo como Ignacio, una vez más, nos sorprendió a todos en el vestuario, el día anterior a la puesta en escena, mientras nos repartíamos los trajes de época de Felipe II, cedidos por el Ayuntamiento para la ocasión; le ofrecimos a Ignacio elegir uno, en tono de broma (vamos a retarle, pensamos los más atrevidos): su respuesta fue que él ya tenía el suyo propio desde hacía tiempo; como comprobamos al día siguiente, pasmados al verle venir ya vestido por la Calle Reyes Católicos, mientras nosotros todavía dudábamos si vestirnos o no. Ignacio amaba el festival de música y danza y nos invitaba a ir con él a los conciertos, para después invitarnos a cenar en cualquier terraza y seguir nuestras conversaciones sobre ingeniería, historia y sociedad. Cuando le pedimos sugerencias para celebrar un seminario internacional en un aula de la Escuela, nos ofreció el Carmen de la Victoria, de la Universidad de Granada, con el que los visitantes quedaron prendados. Nos publicó notas de prensa sobre Ingeniería de

Caminos en El País, con una llamada de teléfono de su despacho, en 2 minutos, ante nuestra sorpresa por su capacidad resolutive y su ambición para idear (y completar) proyectos de la mejor forma posible, siempre de manera ambiciosa y generosa, sin límites. Con Ignacio, los Ingenieros de Caminos Jóvenes de Granada aprendimos que nada es imposible.

Ingeniero de Caminos ejemplar, investigador reconocido y profesor admirado

Es obligado el destacar la virtud investigadora y de divulgación lograda a través de sus libros, artículos, exposiciones y congresos en historia, ingeniería y tecnología. A lo largo del año ambos su cargo como Director Técnico en la Fundación Juanelo Turriano y la Cátedra de Estética e Historia en la Ingeniería ocupaban su atención en cantidad y calidad, habiendo sido comisario y coordinador de los más significativos congresos en Ingeniería, Tecnología e Historia a nivel Nacional e Internacional. Prueba de ello es que los más destacados Ingenieros de Caminos del país felicitan a los Ingenieros de Caminos Jóvenes de Granada al conocer que estudiaron con Ignacio, y es que su tarea y sus actividades eran seguidas y apoyadas dentro de la profesión. El gremio de Ingenieros de Caminos, se unía y asociaba a Ignacio, la admiración que generaba en las aulas no era aislada.

Y es que para los que fuimos sus alumnos, con Ignacio no había un día igual al anterior. Cada conversación con o sobre Ignacio traía un dato más al puzle de su persona. Ignacio ha participado, coordinado y protagonizado incontables actividades de la actualidad de España en Ingeniería, Historia y Tecnología, al igual que en otras áreas menos ingenieriles pero sí de rabiosa actualidad (para Ignacio, todo era Ingeniería). Cada vez que compartía alguna anécdota pasada con los alumnos, descubría un nuevo personaje que también era amigo suyo, un nuevo dato sobre la España reciente que él vivió en primera persona que sólo aquellos realmente ilustrados tienen el privilegio de entender, por haber participado, y no oído o leído. Siempre contado en clave de humor (otra faceta mágica de Ignacio, siempre estaba alegre), descifraba aventuras sobre Ingenieros y no Ingenieros ante el asombro y carcajada de los que lo oíamos. Disfrutaba Ignacio satisfaciendo nuestra curiosidad, pero siempre guardaba más para la siguiente charla. Ignacio ha sido testigo, amigo y director de tanto que no se haría justicia al enumerar algunas de sus aventuras en este espacio; estas privilegiadas confidencias quedarán en el recuerdo de los alumnos con los que las compartió.

Ignacio era un Ingeniero de Caminos único, ejemplar, para todos los que lo conocimos. Destacaba por su forma de entender la profesión como una aventura apasionante, al igual que el resto de la vida. Y eso nos lo transmitió a sus alumnos, haciéndonos sentir sus amigos y compañeros, por su trato directo y sincero. Nos invitaba a sus casas, la de Granada y la de Madrid, y nos presentaba a su mujer y a su hija como cualquier amigo lo haría, de igual a igual, como un compañero más. Acudía a nuestras fiestas siempre, sin querer ser nadie especial, con su mujer si podía. Siempre alegre, siempre con ideas, proyectos, sugerencias. Y esa forma de presentarlas, de hacerte parte de su proyecto, en el que te hacía un compañero de esa aventura que proponía; y con esa forma de relacionarse con los demás, haciéndote su amigo, nos enseñó a todos los que estudiamos la carrera con él, a querer ser un poco más, y mejores, Ingenieros de Caminos. Ingenieros de Caminos Jóvenes, como Ignacio. ◆

◆ La ROP hace... 150 años ◆

Año IV • Octubre de 1856

El túnel bajo el Canal de la Mancha

La cuestión ha vuelto a renacer después de treinta años en que por primera vez se planteó; la sociedad de trabajos para el estudio del túnel se formó el 1º de febrero de 1875 y la ley del 2 de agosto del mismo año declaró la utilidad pública de una línea que partiendo de un punto a determinar sobre la línea de Boulogne a Calais, se dirigiese hacia Inglaterra.

La perforación de Simplón, con las dificultades que ha sido necesario vencer, da alguna esperanza en el éxito del túnel submarino: la longitud de éste, 50 a 60 kilómetros, es más grande que la del Simplón; pero los terrenos encontrados (capa de creta gris) son bastante mejores; el paso tendrá lugar a 50 metros bajo el fondo del mar, la temperatura de 10 a 12 grados y pocas filtraciones a contener. Más difícil será la extracción de productos, que exigirá una elevación vertical.

La Compañía tiene abierta, a 55,20 m. Bajo el nivel del mar una galería de estudio de 1.839 m de longitud, con ayuda de la máquina perforadora del Coronel Beumont.

Las investigaciones geológicas indican que se podrá perforar el túnel en la segunda capa, arcillosa, azulada e impermeable en su base de *Cenomanieuse*, que tiene afloramientos en las dos costas. La marcha de esta creta es muy regular, en toda la extensión del estrecho, y sin grietas; pero tiene plegamientos e inclinaciones que será preciso que el túnel las siga para mantenerse en la capa impermeable de 43 m. de altura, suficiente para que una galería de 5 a 6 m. de diámetro resista a la presión del techo y se mantenga a una distancia suficiente de las capas acuíferas del Gault situadas por debajo.

La experiencia de pozos abiertos hace esperar que el caudal de agua a extraer no pasará de 100 m³ por minuto. En resu-

men, se cree que se encontrará en toda la longitud del estrecho una capa continua, espesa, dura e impermeable conveniente a la construcción del túnel, sin temor de encontrar sorpresas como en la perforación del Simplón.

La tracción eléctrica permitirá radios de 300 a 400 m. e inclinaciones de 15 a 20 mm. la galería única con perfil rebajado, será quizás peligrosa. Se prefieren dos galerías circulares paralelas de 5 a 6 m. de diámetro, y separadas 15 m. Si hubieran de servir a la vez para dar salida a las aguas de filtración, será preciso darles un perfil longitudinal con dos pendientes contrarias; lo que no es posible, puesto que hay que seguir las inflexiones de la creta; por eso se proyecta una galería especial de desagüe de 3 m. de diámetro, que servirá también para la extracción de los productos de las excavaciones y en la construcción de las otras dos, de las que se separará según las circunstancias. Se calcula para esta galería un avance de 20 m. por día, o sea para la construcción de la línea francesa, 25 k entre la estación de Wissat y el centro del estrecho, un lapso de cuatro años y medio. La perforación del túnel podrá acabarse en seis o siete años, o sea cinco años después de los trabajos preparatorios.

Como explotación, el túnel no parece pueda ser utilizado más que el tráfico de viajeros y ciertas mercancías; al principio se puede contar con 20 o 30 trenes de viajeros y 30 o 40 trenes de mercancías por día al máximo, sumados en los dos sentidos; es una explotación de intensidad media que deja un margen considerable.

En resumen, según M. Sartiaux, la construcción del túnel bajo la Mancha es una obra no sólo posible, pero relativamente fácil. ◆

◆ La ROP hace... 100 años ◆

Año LIV • N° 1.619. Octubre de 1906

Rotura y pérdida del cable telegráfico submarino del Mediterráneo

Se sabe por los periódicos del mes pasado la rotura y pérdida del cable submarino que había de completar la línea electro-telegráfica de Francia a la Argelia; pero no se han dado pormenores acerca de las circunstancias de este suceso ni sus causas inmediatas. Las interesantes noticias que trascribimos han sido dadas por la *Correspondencia italiana*.

Es sabido que la línea submarina de que hablamos está ya establecida desde el litoral del Mediterráneo hasta la punta meridional de la isla de Cerdeña, y que falta aun la parte que queda hasta la costa de África cerca de Bona. El año pasado se desgració el primer ensaya para la colocación de este inmenso conductor, se per-

dió el cable, y se hundió en un momento un valor de un millón de francos. Esta misma operación emprendida de nuevo bajo la dirección de Mr. Brett, lo mismo que antes, ha tenido el mismo resultado; el cable se ha roto por segunda vez, y se ha perdido en el momento en que ya se habían salvado las mayores profundidades, y casi al tocar la costa de África.

El vapor inglés *Dutchman* de 900 toneladas conducía el cable construido en Inglaterra con el mayor cuidado y a la vista de Mr Brett, concesionario de la empresa, y cuya longitud total era de mas de 200 millas marinas. El 30 de julio llegó a Cagliari, en el golfo de Cerdeña: M. Brett que por azar del año último era mas previsor

◆ La ROP hace... 100 años ◆

había hecho disponer mucho mejor los aparatos necesarios para la operación.

El gobierno francés había mandado que un buque de vapor de la marina imperial concurriese a la operación remolcando al *Dutchman*, por lo el *Tartare* hacía días que esperaba en el puerto a la disposición de Mr. de la Marche, comisario oficial que debía presidir en la operación.

Ambos buques dejaron a Cagliari el día 5 de agosto para ir a Croce de Chia punto de la costa de Cerdeña de donde había de partir el conductor, el día siete a las cinco de la mañana empezó su inmersión y continuó sin accidente durante catorce horas; marchando el *Tartare* que remolcaba al otro a razón de dos millas por hora. A las siete de la tarde sin saber por qué, el cable escapó de repente con asombrosa rapidez, pero fue detenido al instante por los frenos. Después de esto se advirtió que se había interrumpido la comunicación con Cerdeña. En lugar de detenerse, se continuó aun la operación por dos horas; pero se acabó de ver que la correspondencia estaba del todo cortada, y que era menester sacar del mar cerca de 8 millas de cable para encontrar la avería.

Esta operación, que hubiera sido sumamente fácil con un aparato de salvamento, era imposible no habiendo otra maquinaria que el cabestrante que sirve para llevar el ancla; y era evidente que al arrollarse el cable en un cilindro de diámetro tan pequeño debía al fin aplastarse y romperse por su propio peso: de todos modos hubieran sido necesarios ocho días para recoger las 8 millas sumergidas. En efecto, apenas se empezó a retirar el cable, se rompió de repente y cayó al mar. Los buques se encontraban a 37 millas de Cerdeña, y ya se habían dejado 61 de cable, porque en las 17 últimas se habían puesto 30, acaso por error de cálculo náutico. Volvieron al punto de partida, el *Tartare* fue a Cagliari para procurarse material, y el otro vapor a Croce de Chia para prepararse a sacar del mar el trozo de cable que quedaba.

A esto se dio principio el 13 de agosto. Para extraer el cable y sumergirlo al mismo tiempo, el *Dutchman* se colocó en la punta de Croce de Chia cabo de la línea submarina: la operación consistía en hacer pasar el cable sobre este buque en sentido de su longitud, de modo que marchando lo levantase por delante y lo dejase caer por detrás, y de este modo se llegaron a ganar 15 millas del conductor.

Pero a las seis de la tarde fue imposible continuar, pues el cable telegráfico estaba sujeto en el fondo por una fuerza insuperable, probablemente por hallarse enganchado debajo de algunas rocas que se podían arrancar. El buque se había inclinado sobre la quilla por la tracción y tensión extrema del cable, y se renunció a continuar porque no se rompiera: se cortó cuidando de asegurar el cabo posterior abandonado al agua el resto, que no tenía menos de 36 millas marinas (48.000 metros) de longitud y 180.000 francos de valor. Pero este sacrificio era indispensable para no perder lo hecho.

El día 14, después de haber reunido sólidamente el cable estraido a que estaba a bordo, se siguió la operación en buenas condiciones. Esta se continuó como de ordinario, remolcando el *Tartare* al *Dutchman* y largando este el conductor con precaución: no se

colocaban mas que dos millas y media por hora por temor a averiar segundo ves el cable.

Todo marchaba perfectamente, en la noche del 14 a 15 se pasaron con el mayor éxito las mayores alturas que se encuentran en el trayecto, y el 15 a las 5 de la mañana se divisó a Galita, isla distante 50 millas de la costa de África; tierra prometida, pero que se había de lograr.

En efecto, a las cuatro de la tarde se había llegado a 18 millas de la costa de África, y no quedaban a bordo mas que 6 de cable. Se vio entonces con dolor que el *Tartare*, no solo se había equivocado en la dirección desviándose cerca de 30 millas, sino que por la noche, mientras que había señalado dos millas y media por hora no había andado en realidad mas que una y media, ocasionando así una pérdida enorme de conductor.

El comandante del *Tartare* pasó a bordo del *Dutchman* en que estaba Mr Brett y espreso todo el pesar que le causaba este contratiempo. Añadió que la noche anterior se había felicitado toda la tripulación del éxito con que se habían pasado las mayores profundidades y que esperaban todos tocar por la mañana en la costa de África. Por desgracia, estas esperanzas se habían frustrado por el error sensible cometido en la apreciación de la velocidad del desenvolvimiento del aparato, y por la acción de las corrientes que habían hecho separar al buque de su camino.

Celebróse consejo entonces entre el comandante del *Tartare*, Mr. Kell capitán del *Dutchman*, Mr. de la Marche y Mr. Brett. Habiendo augurado el primero que seria casi imposible hallar en Bona una chalana o boya a propósito para mantener el extremo del cable en aquella profundidad, marchó inmediatamente a buscar estos objetos a Argel, de donde podía volver al quinto día.

Entonces se pasó el cable de la popa a la proa, amarrándolo de modo que no hubiera que temer ninguna avería para el buque. En los días primeros hizo buen tiempo, el cable estaba en muy buen estado y se pudieron cambiar muchos despachos hasta Londres.

Los días 16, 17 18 y 19 de agosto del *Dutchman* estuvo quieto esperando con ansiedad la vuelta del *Tartare*; pero este, que hubiera podido procurarse la barca en la Cala que distaba de 50 millas; en Bona que estaba a 80, en Cagliari que estaba a 100, había preferido ir a Argel que estaba a 260, sin tener en cuenta que en tales casos puede ser fatal perder una hora.

Los sucesos justifican estos temores. En los primeros días nada sufrieron el buque ni el cable, pero el 18 bajó el barómetro súbitamente, estalló una tormenta y el buque sufrió una fuerte agitación. Esta tempestad duró todo el día y la noche siguiente; al otro día, cuarto de la llegada, el cable transmitía los despachos a París y Londres hasta las nueve de la mañana.

Como el buque continuaba agitándose con violencia, el capitán ordenó encender fuego por temor de un accidente; pero a las nueve y media el mar sacudía con furia el casco y se balanceaba terriblemente la proa, lo que hizo recelar que el cable se rompiese en el fondo el mar.

Habiendo aplicado al extremo del cable el aparato eléctrico, Mr. Brett conoció con dolor que se había roto. Todo estaba en buen estado, excepto el punto de rotura, y esta se había verifica-

◆ La ROP hace... 100 años ◆

do rozando sobre rocas durante los vaivenes del buque en los dos días de tormenta. Horas después el *Tartare* llegó a Argel con una buena barca de 100 toneladas provista de boyas, cordage y demás necesario: por desgracia ya era tarde.

Resulta de esto que no puede hacerse responsable a Mr. Brett de esta desgracia. Si se exceptúa la falta de haber preparado en el *Dutchman*

Un aparato para sacar el cable en caso necesario, es preciso reconocer que no hay nada que tachar en sus disposiciones y

que el azar ha provenido de circunstancias que no se podían prever, como son las indicaciones erróneas y la acción de las corrientes. A pesar de todo, la operación hubiera terminado a no haber perdido un tiempo precioso en ir a buscar a Argel lo que se hubiera podido encontrar más cerca.

El cable telegráfico que se ha perdido estaba asegurado por una compañía inglesa, y Mr. Brett, va a hacer otro que se colocará en la misma dirección, y es de esperar que por esta vez sea con buen éxito. ◆

◆ La ROP hace... 50 años ◆

Año CIV • Nº 2.898. Octubre de 1956

Descripción somera de algunas obras de puentes construidas recientemente en Portugal

por Domingo Mendizabal,
Ingenieros de Caminos

En el Primer párrafo reseña el autor el contenido del presente artículo, que pone de manifiesto la importancia de las últimas realizaciones en obras de puentes en Portugal

En el número 2.896 de esta Revista se ha publicado una crónica acerca del V Congreso celebrado en Lisboa y Oporto por la Association Internationale des Ponts et Charpentiers, y en ella, al hablar de las visitas realizadas a determinadas obras dignas de ser conocidas, anunciaba que redactaría un segundo artículo en el que se describirían someramente algunas de las obras más interesantes visitadas y menos conocidas, así como también algunas otras que no tuvimos ocasión de visitar¹.

Considero muy conveniente para los técnicos españoles el conocimiento de las principales obras terminadas o en construcción aludidas, para lo cual haré una breve reseña de las más interesantes, sin entrar en grandes detalles para no hacer demasiado larga esta descripción.

Ante todo estimo interesante dar a conocer de un modo rápido la organización del trabajo, a cargo del Ministerio de Obras Públicas, por la Dirección del Servicio de Puentes del Departamento de la Junta Autónoma de Caminos.

Al frente de esta Dirección se encuentra el reputado especialista Ingeniero Carlos Couvreur, autor de muchos y muy elogiados proyectos ejecutados con verdadero acierto.

Con gusto cito igualmente, y de un modo muy merecido, a los Profesores de Puentes de las dos Escuelas Superiores de Inge-

niería de Portugal, que son el Instituto Superior Técnico de Lisboa y la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Oporto, Ingenieros D. Edgar Mesquita Cardoso y D. Francisco Correia de Araujo, respectivamente.

Los trabajos se ejecutan bien por contrata o directamente por administración aplicándose este sistema igualmente en los casos de adaptación o reparación.

A continuación se citan las obras más interesantes terminadas recientemente:

1.º Puente Mariscal Carmona

Está situado sobre el Tago en Vila Franca de Xira. Consta de tres partes: la central, sobre el río y las dos laterales, de acceso (figs. 1ª y 2ª).

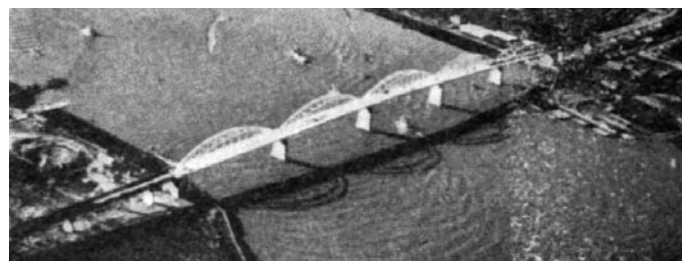


Figura 1ª.

(1) Buena parte de los datos que se exponen en este artículo, están tomados del Boletín núm. 15 publicado por la Association Internationale des Ponts et Charpentiers.



Figura 2ª.

La primera parte consta de cinco tramos metálicos tipo Langer, de 103,50 metros de luz, y dos viaductos de 460 y 240 metros sobre las orillas izquierda y derecha, respectivamente, formados por pórticos de hormigón armado con vigas continuas, salvando cada uno tres vanos de 20,25 y 20 metros, respectivamente.

La longitud total de la obra es de 1.700 metros. Tiene 9 metros de calzada y dos aceras de 1,50 metros.

El autor del proyecto ha sido el citado Sr. Courreur.

Se dio servicio el año 1951.

2.º Puentes sobre los ríos Cavado y Caldo

Se encuentran situados sobre el embalse de Canigada, con presa de 76 metros de altura, en bóveda, con capacidad de 136 millones de metros cúbicos. Teniendo ambos puentes análogas características, solo me ocuparé del primero (fig.3ª).

Para dar paso a vías de comunicación muy interesantes y de gran circulación existente en la zona anegada se ha construido muy importante obra que se describe, teniendo como circunstancia digna de mención la gran altura de las pilas, por alcanzar las aguas en la zona en la que la obra está construida 60 metros, lo que ha obligado a adoptar para aquellas una disposición original.

Las pilas son de sección romboidal, huecas, de sillería con piedra muy resistente, obtenida en la proximidad de la obra, con espesores de 0,40, enlazadas con losas de hormigón armado, cada 4,40 metros, con un aligeramiento elíptico, teniendo en su parte inferior pequeñas aberturas que sirven para que el agua entre dentro de las pilas para evitar las presiones hidrostáticas.

La longitud total de la obra es de 206 metros, con ocho tramos de hormigón armado, siendo original la de los apoyos sobre las pilas, con cilindros de hormigón armado.

Las vigas principales están unidas por losas de hormigón armado y los tramos tienen 26 y 19 metros de luz.

Se terminó la obra el año 1954.

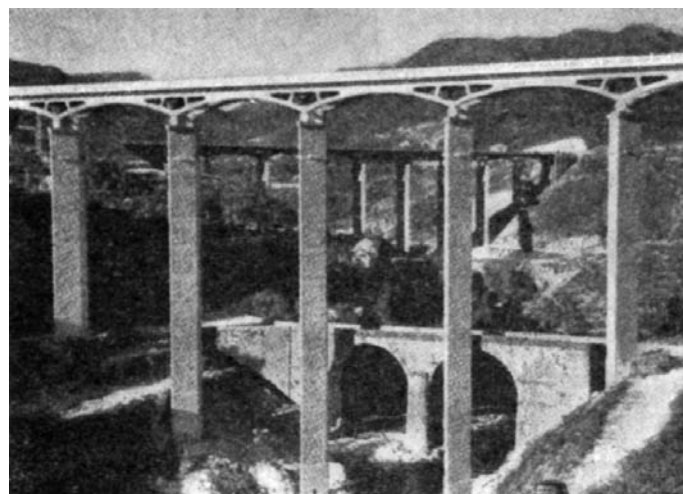


Figura 3ª.

3.º Puente de Vala Nora

Es la primera obra construida en Portugal de hormigón pretensado (fig.4ª). Consta de tres tramos de 36 metros de luz, compuestos por ocho vigas de 1,60 metros de altura, con sección en doble T, habiéndose construido en talleres separados de la obra.

Los cables correspondientes están formados por 12 alambres de 5 mm. de diámetro, de acero especial muy resistente, envuelto en papel bituminoso.

Se ha utilizado el sistema Freyssenet para el presado.

Hubo grandes dificultades para la cimentación por estar ubicada la nueva obra en el mismo lugar donde existían restos de tramos metálicos que fueron hundidos en un temporal, y que no podían elevarse.

Se puso la obra en servicio el año 1954.

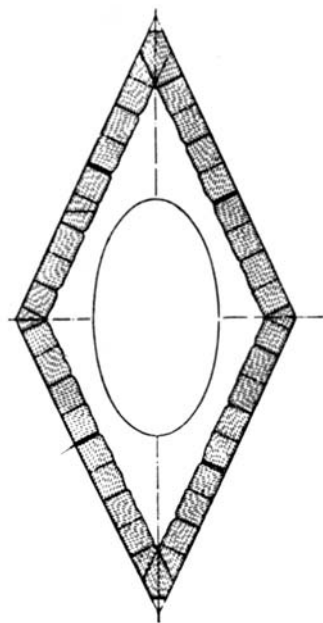


Figura 4ª.

4.º Puente sobre el río Duero, Barca de Alba

Había que salvar las fuertes crecidas que presenta el río, colocando la calzada a gran altura para evitarlas.

Consta de arcos de gran esbeltez, de hormigón armado, unidos a un tablero formado un solo conjunto (fig. 5ª).

Los arcos tienen 37,50 metros de luz con ancho 1,20 metros y espesor de 0,40, con doble articulación.

Las pilas y estribos son de hormigón en masa.

Su longitud es de 232 metros, distribuida en seis tramos.

Terminada el año 1955.

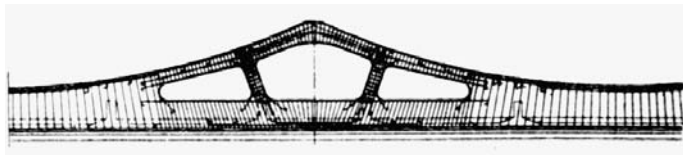


Figura 5ª.

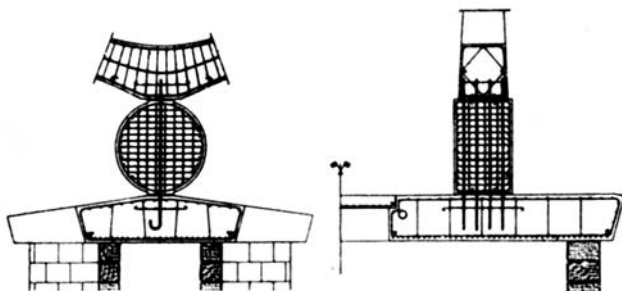


Figura 6ª.

5.º Puente de Santa Clara, sobre el río Mondego

Este río es el más importante de Portugal, nacido en el interior del país, en la Sierra de la Estrella.

Está situada esta obra en Coimbra, siendo de hormigón armado (fig.6ª), y formada por un pórtico de cinco tramos con articulación disimétrica, situada en uno de los de la orilla.

Dichos tramos tienen 35 y 40 metros de luz, respectivamente, en los tramos laterales centrales.

Consta de cuatro vigas de altura variable, de 1,30 metros en el centro, siendo la longitud de la obra de 214 metros, con ancho de calzada de 12 metros.

Se puso en servicio también en el año 1954.

6.º Puente sobre el río Sousa

Este río es afluente del Duero. La obra ha sido inaugurada en 1952 (fig.8.ª).

En el número 2.894 de esta Revista se publicó muy interesante artículo de los Ingenieros portugueses Roche, Borges y Mareco, sobre experiencias en estructuras de hormigón armado, en cuyo artículo se aludía a esta obra y al nuevo puente de Vala Nora.



Figura 7ª.



Figura 8ª.

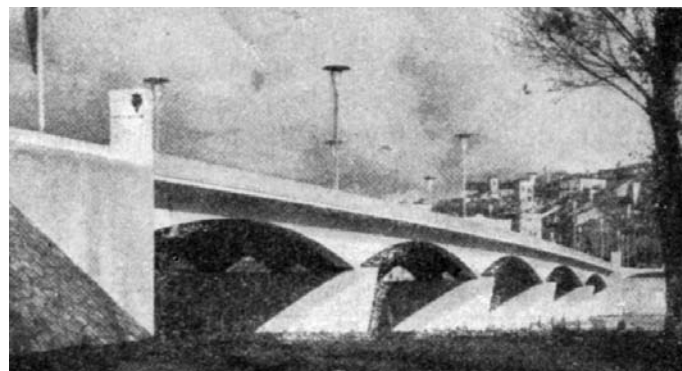


Figura 9ª.

Está formada por dos arcos gemelos de 115 metros de luz y 14,75 de flecha. Columnas muy ligeras de hormigón armado soportan el tablero.

Tienen aquellos sección en H, y están empotrados en las masas de cimentación.

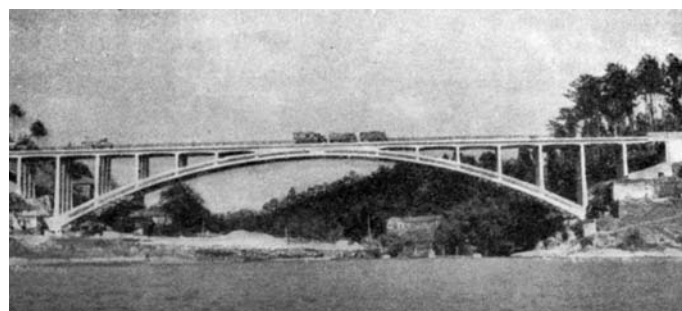


Figura 10ª.

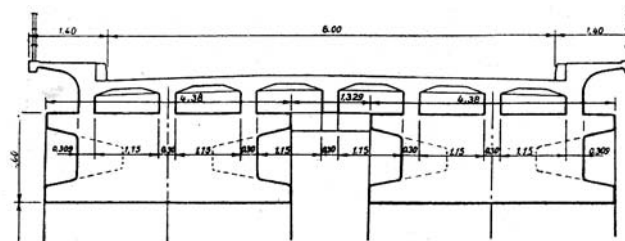


Figura 11ª.



Figura 12ª.

La longitud total es de 164 metros, con ancho de calzada de 8 metros y dos paseos de 1,50 metros.

7.º Puente en construcción sobre el río Duero, en Oporto

Me ocuparé ahora de una obra en ejecución que por su importancia ha de llamar en el porvenir la atención de un modo extraordinario. Se trata de un nuevo puente sobre el río Duero, en Oporto, población que ha aumentado considerablemente en los últimos años, con escasas comunicaciones hacia el Sur de la nación, utilizándose sólo el puente de Luís I (figura 12), con dos tableros a distinta altura, obra conocidísima y verdaderamente acertada.

Está formada por un arco de 180 metros de luz y longitud total de 395 metros, con anchura de 7 metros de calzada y 5,50, con dos articulaciones en los estribos.

Fue construido en 1882 por el Ingeniero Segring.

Esta obra, como consecuencia del aumento de población y de la importancia de las sobrecargas, es actualmente insuficiente y no es de fácil refuerzo ni mejora, por lo cual se ha

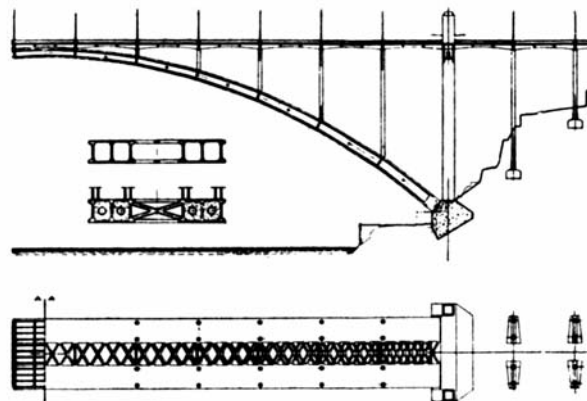


Figura 14ª.

proyectado la nueva obra a que aludo, situado en la zona denominada Arrabida.

La figura 10 que se publica es una fotografía del proyecto.

Constará de un arco de hormigón armado con luz de 270 metros; es decir, el de mayores dimensiones de los construidos hasta ahora.

Se construirán dos arcos gemelos de sección cilíndrica (fig.14), uniéndose dichos arcos por arriostramientos de sección romboidal. El tablero, formado por losas, se apoyará sobre los arcos por columnas aisladas.

Para las avenidas de puente se construirán dos viaductos de disposición parecida al tablero principal.

Su longitud será de 493 metros, flecha de 52 metros, con espesor en la clase de tres metros y cuatro en los apoyos.

Se prevé su terminación su terminación para 1959.

El autor del proyecto es el reputado Ingeniero y Profesor Edgar Cardoso.

Terminada esta rápida exposición de las obras construidas en estos últimos años en Portugal, me complazco en rendir merecido homenaje a nuestros colegas portugueses, bien dignos de ello por su categoría técnica. ◆



Figura 13ª.

El Viaducto del Arroyo de las Piedras

El puente de mayor altura y uno de los de mayor longitud del AVE Córdoba-Málaga

The Viaduct over Piedra Creek
The highest and one of the longest bridges on the Cordoba-Malaga high-speed railway line

Por la Redacción de la ROP

Resumen: El viaducto sobre el Arroyo de las Piedras es uno de los elementos más relevantes dentro de la línea de alta velocidad Córdoba – Málaga, perteneciente al subtramo XIV. La tipología del viaducto corresponde a la de un viaducto de tablero mixto de 1.208 m de longitud, 20 vanos, con luces tipo de 63,5 m y altura de pila máxima de 95 m. El tablero mixto está compuesto por dos almas de acero cortén y losas superior e inferior de hormigón armado. La sección del tablero es de 14 m de ancho por 4 m de canto. Su ejecución se ha realizado por empuje del tablero desde los estribos, con una pequeña nariz de avance para efectuar el paso de pila. Para la realización de esta infraestructura se han utilizado más de 30.000 m³ de hormigón y más de 9.177 toneladas de acero. La obra ha sido dirigida por el A.D.I.F. y construida por la empresa ALTEC, EMPRESA DE CONSTRUCCIÓN Y SERVICIOS. El presupuesto de la obra ha sido 41.347.238,74 euros.

Palabras Clave: Viaducto, Alta Velocidad, Tablero Mixto

Abstract: The viaduct over Piedra Creek, located in sub-section XIV of the Cordoba-Malaga high-speed railway line, is one of the most relevant civil works on the line. The 1208 m long viaduct is a composite deck bridge with 20 spans of 63.5 m and maximum pier height of 95 m. The composite deck is composed of two webs of Corten steel and upper and lower reinforced concrete slabs. The decks section is 14 m wide and 4 m thick. The viaduct was constructed by launching the deck from the abutments, with a small advance nose to pass over the piers. 30,000 m³ of concrete and over 9,177 tons of steel were employed in the construction of the infrastructure. The work was directed by the Spanish Railway Infrastructure Administration (ADIF) and built by the construction and service company ALTEC. The work cost 41,347,238.74 Euros.

Keywords: Viaduct, High speed, Composite Deck.

Presentación de la Obra

Esta obra se encuadra dentro del tramo XIV "Túnel de Abdalajís Álor-Viaducto de Arroyo de las Piedras", que se construye en el término municipal de Álor (Málaga). El tramo consta de 3.980 metros, de los cuales 1.208 corresponden a este viaducto. Dicho tramo tiene una anchura de la plataforma de 14 metros, con un radio mínimo de 7.250 metros. El peralte máximo es de 140 mm., y la pendiente máxima, de 24 milésimas. Además del viaducto, el tramo incluye la construcción de un paso inferior de 16,56 metros, una estructura de transición de 23 metros por estribo. Las obras fueron adjudicadas a la empresa Altec por

importe de 41.347.238,74 euros y un plazo de ejecución de 48 meses. Los trabajos se iniciaron el 4 de junio de 2002 y concluyeron el pasado 3 de junio de 2006. Para la realización de esta gran infraestructura se han utilizado más de 30.000 metros cúbicos de hormigón y más de 9.177 toneladas de acero.

Características del Viaducto

La tipología del viaducto del Arroyo de las Piedras corresponde a un viaducto de tablero mixto de 1.208 metros de longitud (frente a los 1.220 metros del original) con 20

vanos (25 vanos en el original), el primero de 50,40 metros, 17 vanos de 63,50 metros, 1 vano de 44,00 metros y el último de 35,00 metros, siendo el tablero mixto con dos almas acero cortén y losas superior e inferior de hormigón armado. La sección del tablero es de 14 metros de ancho por 4 metros de canto (se obtiene una esbeltez de 1/16 en los vanos de 63,5 metros) consistente en dos almas de acero cortén y losas inferior y superior de hormigón armado. Su ejecución se ha realizado por empuje del tablero desde los dos estribos con una pequeña nariz de avance para efectuar el paso de pila. Este Viaducto consta de 19 pilas de hormigón armado de sección rectangular hueca de sección variable, iniciándose en coronación con un perímetro exterior de 2,50 x 6,70 metros, ejecutadas con encofrado trepante. La altura de pilas oscila entre los 18 y los 94 metros. Esta infraestructura se ha ejecutado mediante una cimentación profunda con pilotes de 1.800 y 2.000 mm. las pilas 17 y 18. En el resto de las pilas la cimentación es superficial. Los estribos son de hormigón armado, con estructuras de aparato de dilatación de vías, cimentados superficialmente con zapatas de 2,50 metros de canto.

Razones técnicas justificativas de la alternativa mixta

Las especiales y muy singulares condiciones del Viaducto, que se resumen seguidamente, limitaban muy seriamente la viabilidad de las posibles alternativas tipológicas en hormigón, habituales en las L.A.V.:

1. Una gran altura de pilas, con varias de ellas en el entorno de los 95,0 m., lo que constituye un verdadero record en el ámbito de la alta velocidad.
2. Una gran longitud de viaducto de 1220 m., lo que hace inviable disponer un punto fijo único en un estribo, dada la magnitud excesiva que ello generaría en las aperturas/cierres de los sistemas de dilatación de vía en el estribo opuesto;
3. La gran altura de las pilas en la zona central del viaducto impide, por otra parte, la disposición de un punto fijo indesplazable en la zona intermedia del viaducto, así como la disposición de un tramo inerte central para reducir la carrera de las juntas;
4. La situación del viaducto en zona sísmica de elevada intensidad (aceleración de cálculo @0,12 g.), penaliza enormemente la recogida de las flexiones de origen sísmico por las pilas y cimentación, acentuada por la gran masa del tablero de hormigón y la gran altura de las pilas.

Las condiciones recién enumeradas invalidaban el recurso a la mayor parte de las alternativas de hormigón, tal y como se analizaba con detalle en el estudio de tipologías del proyecto.

5. Las soluciones isostáticas no resultaban posibles por la gran deformabilidad de las pilas para recoger los esfuerzos de frenado;

6. Las soluciones prefabricadas continuas no resultaban viables ya que la gran altura de pilas invalidaba el proceso de montaje de las artesas/cajones prefabricados, ya fueran con grúas o por izado;

7. Las soluciones en voladizos sucesivos de hormigón postesado requerían un número inviable, técnico y económicamente, de carros de avance para mantener unos plazos adecuados.

8. Las soluciones empujadas de hormigón, además de presentar ciertos problemas geométricos, por ser trazado no estrictamente empujable, resultaban técnicamente desaconsejables, como se explicaba detalladamente en la Memoria de Proyecto, por los problemas resistentes y deformacionales de las pilas de gran altura bajo la acción de los rozamientos de los teflones durante el empuje;

9. Finalmente, la solución proyectada, con montaje tramo con tramo con cimbra autoportante, obligaba a plantear cimbras de 50,0 m. de luz, en el límite de los rangos admisibles por el mercado de esta tecnología para viaductos pesados, como son los de alta velocidad. Una reducción de la luz de los vanos no resultaba económicamente adecuada, ya que aumentaba significativamente el número de pilas altas.

Así pues, la solución del proyecto constituía, prácticamente, la única alternativa razonable en hormigón para resolver, técnica y económicamente, los singulares condicionantes antes citados.

Las soluciones mixtas son el recurso habitual para casos como el que nos ocupa, en las LAV europeas, principalmente francesas, donde la Administración (SNCF) avala técnica y económicamente esta tipología dado el gran número de viaductos ya construidos y en funcionamiento en nuestro vecino país, con dichas soluciones mixtas frente a las tradicionales alternativas de hormigón. El Viaducto de Orgón, en dintel continuo mixto, con sección transversal biáxica, de 63,0 m. de luz, tipo constituye el record actual en Francia de dicha tipología, y se halla actualmente en servicio en la LAV del TGV Méditerranée, en una zona de sismicidad análoga a la que nos ocupa.

Así pues, la solución mixta planteada como alternativa técnica a la solución de hormigón postesado del proyecto de licitación permite, en este caso, dar una respuesta estructural más adecuada, técnica y constructivamente, a las limitaciones inherentes a las soluciones de hormigón antes citadas:

10. Su menor peso reduce significativamente las sollicitaciones derivadas de los efectos sísmicos, tanto en pilas como cimentaciones,



11. Permite un montaje por empuje de la subsección metálica, cuyo peso resulta significativamente inferior al de la sección completa de hormigón del proyecto licitado, lo que permite solventar técnicamente los problemas antes citados que desaconsejaron claramente la adecuación de la solución de hormigón al sistema de empuje, dada la altura y flexibilidad de las pilas de 95,0 m.;

12. El sistema de empuje de secciones mixtas resulta muy sencillo de realizar, dada la flexibilidad y ligereza de las subsecciones metálicas empujadas, lo que simplifica drásticamente las servidumbres propias del empuje de largos viaductos de hormigón: indeformabilidad del parque de empuje, sobresolicitaciones de flexión en las pilas, actuaciones correctoras con gato al paso sobre las cabezas de pilas, etc. El empuje de tableros metálicos/mixtos reduce drásticamente las complicaciones del paso sobre pilas, aumentando y simplificando por tanto las condiciones de seguridad de las plataformas a disponer en las coronaciones de las pilas, de hasta 95 m. de altura.

13. La limitación de luz a 50,0 m, condicionada por la cimbra autoportante de la sección del hormigón, per-

mite plantear una solución con vanos tipo de 63,5 m., más acorde con el óptimo técnico-estructural para esta altura de pilas y condiciones de cimentación en la línea del Viaducto de Orgón francés.

Finalmente, la solución alternativa ejecutada se adapta perfectamente a tipologías perfectamente conocidas y sancionadas técnicamente en las líneas europeas, principalmente francesas, tanto desde el punto de vista resistente, como en su respuesta dinámica y en sus cualidades de mantenimiento y conservación. La incorporación de la doble acción mixta, según la técnica y experiencia españolas en el ámbito de los puentes mixtos, no supone sino una cualidad técnica añadida, tanto estática como dinámicamente, frente a la clásica solución francesa.

Sistema constructivo

La construcción del viaducto comenzó por la fabricación de las dovelas metálicas de acero cortén en tramos de aproximadamente 30 metros. Se procede también a la

fabricación de las prelasas de hormigón armado en fábrica. Estas prelasas sirven de encofrado perdido colaborante para la losa superior e inferior del tablero. La segunda fase comenzó con el transporte de las piezas a obra, el montaje de las dovelas metálicas en el parque de empuje y comprobación de las soldaduras. La longitud de montaje es función de las fases de empuje del tablero. Posteriormente se realizó el montaje de las prelasas y ferrallado y hormigonado de la parte inferior del cajón. Seguidamente se procedió al empuje del tablero desde los dos estribos sobre apoyos provisionales deslizantes, empleando una nariz de avance para efectuar el paso de pila. El empuje se realizó mediante gatos hidráulicos situados en la parte trasera del tablero. Más tarde tuvo lugar el cierre del tablero entre las pilas 9 y 10 y se procedió al desapeo del tablero hasta los apoyos definitivos y fijación a los mismos. Los últimos trabajos consistieron en la colocación de los amortiguadores de los estribos, el hormigonado de la losa superior, colocación de barandilla, canaleta etc. e impermeabilización de la losa superior.

Empuje del tablero

El viaducto consta de dos estribos E1 y E2, y 19 pilas, de la P1 a la P19, para completar una longitud total de 1.120 m. El estribo E1 se sitúa en la ladera del lado Córdoba, avanzando las pilas de la 1 a la 19 en dirección a Málaga, en cuya ladera se sitúa el estribo E2.

Se tiene previsto empujar simultáneamente desde los dos estribos, montando sendos parque de empuje, con un solo equipo que irá pasando de estribo a estribo, según las fases del empuje.

Las principales fases del empuje serán:

1. Fabricación de las vigas en fábrica (las vigas que se montan en taller están compuestas por el alma, las platabandas superior e inferior, las células superior e inferior, los rigidizadores y parcialmente los mamparos de pilas o estribo.
2. Transporte de las vigas a obra.
3. Montaje en el parque de montaje de las dovelas en obra (en el estribo E1 de al menos dos y en el estribo E2 de al menos 4.
4. Empuje de las dovelas
5. Cierre de tablero a 4.100 mm de la pila 10
6. Gateo del puente para traspasarlo de los apoyos provisionales a los apoyos definitivos.

La instalación se ha previsto realizar básicamente empujando mediante unos gatos hidráulicos para cable, situados en la parte trasera de la estructura, el punto fijo de



estos cables estaría anclado a los estribos. Estos cilindros mediante emboladas empujarán la estructura metálica hacia la pila Nº 1, la cual desliza sobre unos apoyos provisionales de teflón y es guiada lateralmente por rodillos. Para sobrepasar las pilas se ha previsto una pequeña nariz donde llevaría dos cilindros hidráulicos y un boogie para rodadura.



Las operaciones realizadas han sido las siguientes:

1. Parque de armado y montaje de estructura metálica

Para el armado del Puente se previó depositar las vigas principales sobre unos apoyos provisionales metálicos, elevando estas del suelo 1,5 mts de forma que pudiera caber en altura el elemento de deslizamiento; posteriormente se unieron entre ellas por las celosías de vigas y los mamparos de pilas. Para apoyo de los dados metálicos fué necesario construir una base de hormigón con ancho 1500 y altura según las características del terreno, la longitud de esta base era de 190 mts desde estribo, el peso a soportar es de 313 Tm cada una de parte metálica más el peso de la zona de hormigón, tanto de fondo como de tablero aprox. 470 Tm más, es decir un total de 783 Tm, apoyada en 18 dados metálicos de $1 \text{ m}^2 = 43,5 \text{ Tm}$ por dado.

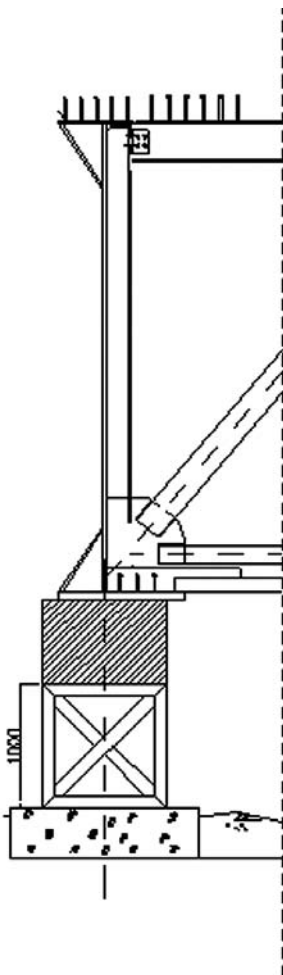


Gráfico 1.

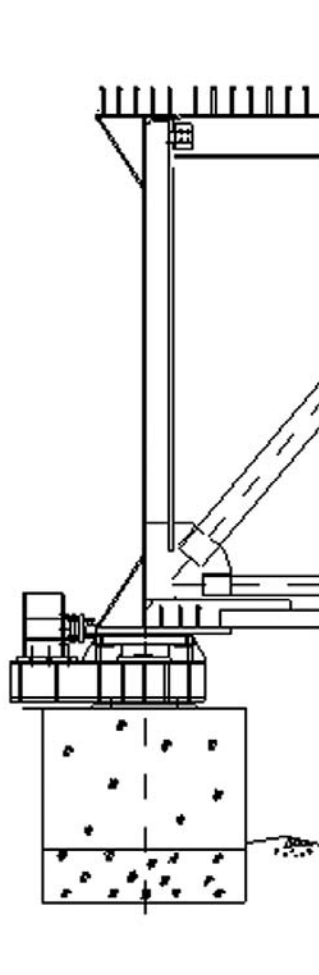


Gráfico 2.

Alineado con las vigas de apoyo de los soportes metálicos se construyeron unos dados de hormigón para situación de los apoyos deslizantes, en número de 4 por alineación es decir, 8 unidades. Estas mismas estructuras además del elemento de deslizamiento lleva el de guiado lateral, con apoyos deslizantes basculantes, un eje en sentido transversal al puente. En la parte superior de estos apoyos se instalaron unas almohadillas de neopreno-teflón, de forma que el ala inferior de la viga y estas almohadillas estuvieran en contacto. Además de este elemento de deslizamiento durante el empuje extendió una grasa especial con silicona para disminuir el rozamiento, consiguiendo un rozamiento en torno al 3%.

En la parte trasera de la estructura montaron unos apoyos con rodillos o boogies, de forma que a cada salida de la estructura sobre el apoyo deslizante no se produjeran movimientos bruscos.

2. Cilindros hidráulicos de tiro

El empuje de la estructura desde el parque de fabricación hasta las pilas se hizo con gatos sobre la parte trasera de tramo a lanzar; estos cilindros son para cables y mediante embolada empujan la estructura y la retenida de los mismos está situada sobre una estructura metálica provisional fijada en el estribo.

Al cambiar el peso de la estructura a lanzar, ya que en un principio se había previsto únicamente lanzar la parte metálica y el fondo de hormigón, y posteriormente se le añadió el tablero superior con un aumento de peso muy considerable, se han empleado 3 gatos para empuje de 500 Tm cada uno y dos gatos para retenida situados también en la estructura auxiliar del estribo. Cada embolada de los gatos de empuje son de 40 cms y cada ciclo tirón recuperación de carrera dura aproximadamente 1 minuto.

3. Guiado lateral de la estructura

Para guiar lateralmente la estructura se utilizará unos rodillos situados sobre la misma estructura de los apoyos deslizantes, que impiden las desviaciones laterales de la estructura.

4. Paso de pilas

La deformación de la estructura según datos facilitados es de 60 a 70 cm, Para absorber esto se construyó una "nariz" donde montados dos cilindros hidráulicos y un boogie para rodadura (ver plano, pico para paso de pilas), La operación consistió en una vez situada esta nariz sobre la pila, bajar el cilindro primero N° 1 y recuperar la flecha empujando hacia arriba sobre la pila. Una vez

conseguido esto se bajó el boogie que rodaba sobre una chapa embebida en el dintel, la estructura hasta que esté situada sobre los apoyos deslizantes. A continuación baja el segundo gato para recuperar la altura primitiva del boogie posteriormente bajar y transferir la estructura a los elementos de deslizamiento.

5. Acceso en vigas próxima a lanzamiento

Se construyeron dos accesos durante el lanzamiento: el acceso a la zona inferior de la viga, para ello se construyeron unos pasillos protegidos para acceder a los gatos y boogies, dando acceso a una plataforma perimetral a la pila que se dejó montada al terminar la trepa de cada pila. Así mismo se podrá acceder a esta plataforma desde la parte superior del tablero mediante una escalera protegida.

6. Acceso a aparatos de apoyo definitivos

Se construyeron unos balcones con escalera con acceso al dintel de cada pila. Estos elementos se anclaron al dintel de cada pila mediante una estructura especial que permite acceder desde el tablero a las pilas por su zona exterior.

7. Alineación y unión de ambos lanzamientos

Como ya se ha comentado, el lanzamiento se hizo por ambos extremos quedando la del estribo N° 2 sobre la pila 10 y la del estribo 1 sobre el vano entre la pila 9 y 10, dadas las flechas por peso propio en este tramo se montó sobre las propias vigas principales un sistema igual a pico o nariz de lanzamiento, es decir una estructura en voladizo con un gato hidráulico y un boogie montado sobre husillo. El gato empujaba sobre la viga 10 e izaba la primera dovela empujada. A continuación se acercaron mediante los husillos el boogie para que rodase sobre la viga 10 igualándose y alineándose ambas cabezas.

Ventajas de la construcción de un tablero mixto

Ventajas de la solución de tablero mixto

Como resumen de la descripción anterior de la propuesta de tablero mixto se indican esquemáticamente las posibles ventajas de la alternativa mixta que se presenta sobre la solución de hormigón del proyecto original:





1. La fabricación en taller de la parte metálica de la sección se realiza en talleres especializados que garantizan un mayor control de calidad y de plazos que la ejecución "in situ" del hormigón. Esto se conjuga muy bien con los objetivos perseguidos en la construcción de las Líneas de Alta Velocidad en España:

- garantía en control de calidad
- garantía en control de plazos

2. La posibilidad de poder contemplar como viable el proceso constructivo de empuje del tablero, dado su menor peso y flexibilidad, que elimina los inconvenientes que dicho sistema tiene en la solución de hormigón, lo que obligó a elegir el sistema de autocimbra para el proyecto original, sistema que tiene implícitos los inconvenientes de menor garantía de control de calidad y de cumplimiento de plazos de una solución "in situ".

El sistema constructivo de empuje de tablero metálico requiere de unos medios auxiliares (gatos y obra civil de parque de empuje menores) menores que los de las soluciones de hormigón, ampliando el abanico de empresas constructoras con posibilidades y medios de ejecutarlo, especialmente también frente al sistema de autocimbra que requiere de un desembolso en la adquisición y diseño de la misma, no fácilmente asumible por todas las empresas constructoras.

3. El sistema de empuje planteado, con la sección metálica y el hormigón inferior ya ejecutado, e incluso las prelasas superiores dispuestas, reduce al mínimo las operaciones posteriores al empuje, mejorando plazos y calidad de ejecución de la obra. Por otra parte, la estructura empujada resulta perfectamente accesible y visitable por el interior, permitiendo un fácil acceso al frente de empuje de operarios y medios auxiliares.

4. La consideración de la tipología de cajón estricto con doble acción mixta conduce a una sencillez en su construcción tanto de las partes metálicas en taller (reduciendo al mínimo las soldaduras en obra), como del resto (prelomas prefabricadas inferiores, y superiores). Esta tipología supone una adaptación muy positiva y favorable, de la solución bijácena francesa, que con la inclusión de la técnica de la doble acción mixta española, abre una nueva tipología de gran futuro y competitividad.

5. La reducción en costes de aparatos de apoyos, armaduras de pilas, cimentaciones y fuerzas de sismo a disipar debido a la reducción del peso propio del tablero.

6. La reducción en las carreras máximas de los aparatos de dilatación de vía a disponer como consecuencia de la reducción en las deformaciones al 60% / 70% de las obtenidas por los tableros pretensados de hormigón, lo que reduce muy significativamente un problema que preocupa a todas las Administraciones de las líneas de Alta Velocidad europeas: las seguridad y costes de mantenimiento de sistemas de dilatación de vía con grandes carreras de apertura/cierre de juntas.

7. Abre la línea para consolidación y futuros desarrollos de una tipología estructural nueva, tecnológicamente avanzada y muy competitiva, de carácter “nacional”, que puede resultar incluso más ventajosa que la mundialmente aceptada solución bijácena francesa y, por lo tanto, potencialmente exportable, fabricada incluso desde nuestro país, en un futuro próximo caracterizado por fuertes inversiones en infraestructuras ferroviarias en Europa del Este, Asia Oriental y Sudamérica.

Adicionalmente a estas ventajas debe señalarse el comportamiento a un nivel tan adecuado como la solución de hormigón en lo relacionado con los siguientes aspectos:

8. Adecuado comportamiento dinámico del tablero frente a las cargas ferroviarias con fenómenos de amplificación dinámica ligeramente superiores a los de los viaductos de hormigón, pero muy alejados de los límites establecidos por la normativa (flechas dinámicas y aceleraciones).

9. Mantenimiento de los estándares de durabilidad y mantenimiento adoptados para la solución de hormigón, con el uso del acero tipo CORTEN que no necesi-

ta de ninguna protección exterior con garantías de autoformación de la capa exterior de óxido protectora por causa de las adecuadas condiciones climáticas en nuestro país.

10. Adecuado comportamiento frente a los riesgos de fatiga que se consiguen mediante un estudio exhaustivo de todos los detalles de uniones y encuentros que, garantizan categorías de detalle elevadas. ♦

FICHA TÉCNICA	
Título del Proyecto:	PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE PLATAFORMA. LÍNEA FERROVIARIA DE ALTA VELOCIDAD ENTRE CÓRDOBA Y MÁLAGA.
Tramo:	Túnel de Abdalajís - Álora.
Subtramo:	Viaducto sobre el Arroyo de las Piedras.
Longitud:	3,98 Km.
Presupuesto:	40.199.224,08 euros.
Estructura:	-1.210 m de longitud. -20 vanos de 50,40 m (vano 1), 44,00 m (vano 19), 35,00 m (vano 20) y el resto de 63,50 m (17 vanos). -Tablero mixto de acero cortén y hormigón, de 14 m de anchura y 4 de canto (esbeltez 1 / 16). -19 pilas de entre 18 y 94 m de altura, 6,70 de ancho y canto variable con 2,50 m en coronación.
Sistema constructivo:	-Pilas ejecutadas por encofrado trepante. -Tablero ensamblado en estribos y empujado mediante gatos hidráulicos hasta su unión a 4 metros de la pila 10, sobre el arroyo, a 97,5 m de altura. -Losas superior e inferior formadas por prelasas de hormigón armado colocadas en estribos (salvo sección central), y completadas in situ según secciones tipo. -Ferrallado, hormigonado de la losa superior, y cierre de la sección central ejecutados in situ sobre la propia losa.
Otras estructuras:	- Muro de contención en desmonte de 700 metros de longitud y 7 metros de altura máxima (desde cota de cuneta de pie) ejecutado con pantalla de pilotes de 1 metro de diámetro y revestimiento de gunita con fibra dramix de refuerzo.
Gerente A.D.I.F.:	Antonio Navas Montes
Director de obra A.D.I.F.:	Jesús de la Fuente González
Delegado del contratista:	Pantaleón Zamora Corchero
Jefe de obra:	Roberto Gómez Ortega
Jefe de producción:	Juan José Salmón Martínez
Jefe de Oficina Técnica:	Vicente León Rodríguez
Encargado general:	Francisco Piqueras Chicharro
Jefe administrativo:	Francisco Parejo Espinar
Mediciones generales:	
Volumen de desmonte	729.713,62 m³
Volumen de terraplén	524.699,94 m³
Acero corten en estructura mixta	3.841.805,39 kg
Acero laminado en estructura mixta	196.648,36 kg
Acero en losas superior e inferior de tablero B500SD	1.199.984,48 kg
Acero en pilas B500SD	2.669.923, 68 kg
Preloma nervada sobre tablero.losa superior	16.962,400 m²
Preloma nervada en tablero.losa inferior	2.338,26 m²
Preloma plana en tablero. Losa inferior	3.353,95 m²

Adjudicación del Proyecto y las obras de la nueva conducción Júcar-Vinalopó

El Consejo de administración de la sociedad Aguas del Júcar S.A. ha aprobado la adjudicación de la redacción del proyecto constructivo y de la ejecución de la obra de los tramos A, B, C, D y E de la Conexión del curso bajo del río Júcar con el Tramo V, Nueva conducción Júcar-Vinalopó.

Esta infraestructura parte desde el Azud de la Marquesa, en Cullera, y llega hasta Fuente la Higuera, donde enlaza con los tres últimos tramos de la conducción Júcar-Vinalopó.

Los tramos V, VI y VII se encuentran en un avanzado estado de ejecución. Concretamente, el tramo V se encuentra a un 95,58% de ejecución, el VI ya está terminado y el nivel de ejecución del tramo VII es del 82,53%. El tramo VI, el último de la conducción, conecta con el post-trasvase, la infraestructura que repartirá el agua entre las comarcas del Vinalopó y l'Alacantí y cuyas obras son competencia de la Generalitat Valenciana.

La nueva conducción Júcar Vinalopó, desde Cullera hasta Villena, permitirá trasvasar hasta 80 hm³ de caudales superficiales del río Júcar hasta las comarcas del Alto Vinalopó, Bajo Vinalopó y Alacantí con objeto de paliar la sobreexplotación de los acuíferos alicantinos.

Tramo A

UTE adjudicataria:

Dragados, S.A.- Cleop, S.A.

Proposición económica y porcentaje de baja con respecto al tipo:

34.332.888,25 € (20%)

Presupuesto tipo: 42.916.110,31 €

Descripción del tramo:

La nueva conducción toma aguas en las inmediaciones del Azud de la Marquesa, en el curso bajo del Río Júcar. Desde aquí el agua pasa a una estación de bombeo que la elevará (a través de la "Impulsión Marquesa-Panser") hasta la "Balsa de Regulación del Panser", de 200.000 m³ de capacidad. En esta balsa se localiza la segunda estación de bombeo, que elevará nuevamente el caudal a través de la "Impulsión Corbera".



Datos básicos de la obra:

Long. total de la conducción: 9.865 m

Long. impulsión Marquesa-Panser: 6.873 m

Long. impulsión Corbera: 2.992 m

Pot. bombeo Azud la Marquesa: 1.149 kW

Pot. bombeo Panser: 10.075 kW

Volumen de almacenamiento balsa Panser: 202.176 m³

Plazo de ejecución: 18 meses

Tramo B

UTE adjudicataria:

Obrascón Huarte Lain, S.A. (OHL, S.A.) - Serrano Aznar Obras Públicas, S.L.-Ocide Construcción, S.A.

Proposición económica y porcentaje de baja con respecto al tipo:

31.960.532,99€ (2,15%)

Presupuesto tipo: 32.662.782,78€

Descripción del tramo:

El caudal bombeado llega hasta el "Túnel Sierra Corbera", de 3 kilómetros de longitud, donde comienza el primer tramo de funcionamiento por gravedad. A la salida del túnel, el agua entra en el "Sifón de Áigües Vive-Simat", al final del cual comienza el "túnel Barxeta", también de 3 kilómetros de longitud. En este túnel el agua vuelve a fluir por gravedad hasta llegar al comienzo del tramo C.

Datos básicos de las obras:

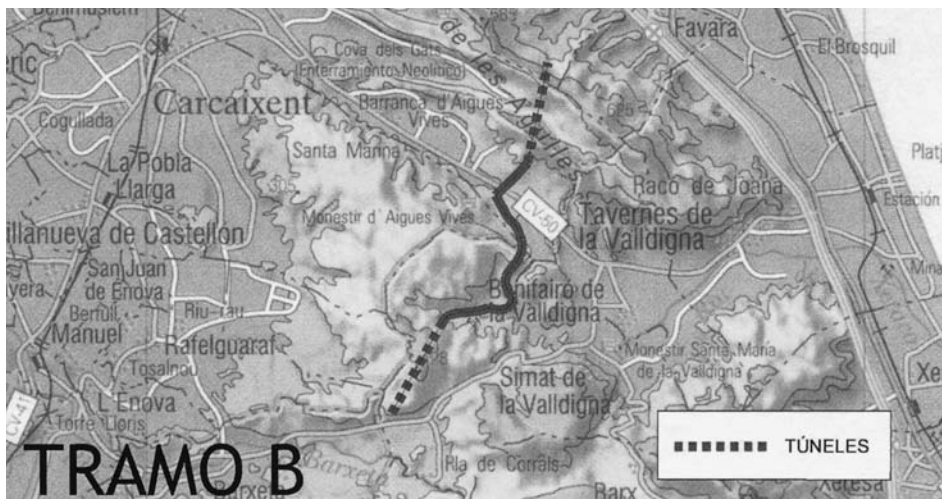
Longitud total de conducción: 12.716 m

Longitud túnel Sierra Corbera: 2.863 m

Longitud túnel Barxeta: 3.057 m

Longitud sifón Áigües Vives-Simat: 6.796 m

Plazo de ejecución: 20 meses





TRAMO C

UTE adjudicataria:

Romymar, S.A.- Vías y Construcciones, S.A.- Electrosur XXI, S.L.

Proposición económica y porcentaje de baja con respecto al tipo: 28.146.607,37€ (20%)

Presupuesto tipo: 35.183.259,21€

Descripción del terreno:

El tramo C está constituido por el largo "Sifón de Barxeta-Xàtiva", que se extiende a lo largo de 20 kilómetros.

Datos básicos de las obras:

Longitud de conducción: 19.948 m
Longitud sifón Barxeta-Xàtiva: 19.948 m
Plazo de ejecución: 16 meses



TRAMO D

UTE Adjudicataria:

FCC Construcción, S.A.- Pavasal Empresa Constructora, S.A. Proposición económica y porcentaje de baja con respecto al tipo: 39.371.766€ (20%)

Presupuesto tipo: 49.214.708,01€

Descripción del tramo:

El caudal proveniente del sifón llega hasta la "Balsa de Regulación de Llanera de Ranes", de 100.000 m³ de capacidad, que cuenta también con su correspondiente estación de bombeo. Desde aquí el agua se elevará de nueva mediante la "Impulsión Costera".

Datos básicos de las obras:

Longitud total de conducción: 17.971 m
Longitud impulsión Costera 1: 17.971 m
Pot. bombeo Llanera de Ranes: 16.182 kW
Vol. almacenamiento balsa Llanera de Ranes: 101.088 m³
Plazo de ejecución: 17 meses

TRAMO E

UTE adjudicataria:

Acciona Infraestructura S.A.- Construcciones Luján

Proposición económica y porcentaje de baja con respecto al tipo: 46.109.320,66€ (18,61%)

Presupuesto tipo: 56.652.316,82€

Descripción del tramo:

Este tramo comprende la parte final de la "Impulsión Costera", que desemboca en la "Balsa de Regulación de Venta del Potro", de 100.000 m³. En esta balsa se ubica la última estación de bombeo del nuevo trazado. Los caudales bombeados desde aquí serán transportados a lo largo de la "Impulsión Venta del Potro" hasta el tramo V de la conducción Júcar-Vinalopó, ubicado en Fuente la Higuera.

Datos básicos de las obras:

Longitud total de conducción: 17.170 m.
Longitud impulsión Costera 2: 17.015 m
Long. impulsión Venta del Potro: 10.155 m
Potencia en bombeo Venta del Potro: 14.651 kW
Volumen de almacenamiento balsa Venta del Potro: 101.088 m³
Plazo de ejecución: 20 meses. ♦

Comienzo de las actividades de la Sociedad Estatal de Infraestructuras del Transporte (SEIT)

SEIT, la sociedad anónima estatal encargada de la gestión y control de la construcción de las infraestructuras del transporte terrestre, ha comenzado su andadura con importantes proyectos en carreteras, con una inversión total de 936,4M€, mientras que la partida destinada a ferrocarriles es de 302M. La constitución de esta sociedad, el pasado 30 de noviembre, persigue una doble finalidad: realizar inversiones de una manera eficiente, adelantando la puesta en servicio de las infraestructuras, y crear un marco para la participación del capital privado,

La Sociedad Estatal de Infraestructuras del Transporte Terrestre (SEIT) es una sociedad anónima mercantil, con la particularidad de que el Estado es el propietario de la totalidad de las acciones. Esto supone que su junta general de accionistas está representada por la Dirección General de Patrimonio del Estado y que su consejo de administración está formado por altos cargos de la Administración General del Estado, siendo su presidente la Secretaría General de Infraestructuras.

El objetivo de SEIT es la promoción y desarrollo de infraestructuras del transporte terrestre en todo el territorio nacional y para todos los modos de transporte terrestre. Por lo tanto, tiene capacidad de intervenir en toda clase de infraestructuras del transporte terrestre, sin limitación alguna, incluidos los centros de transporte y los accesos a puertos y aeropuertos. Para ello, la sociedad tiene plena capacidad de obrar tanto



en las distintas fases de la infraestructura desde su proyección hasta su explotación, como de firmar convenios, promover la creación de empresas mixtas y cualquier otra forma jurídica de colaboración con todo tipo de agentes, tanto públicos como privados, interesados en el desarrollo de las infraestructuras del transporte terrestre.

De hecho, el objetivo principal de SEIT es la optimización de los recursos disponibles (públicos y privados) para la construcción y explotación de infraestructuras del transporte, facilitando la incorporación de estos recursos y de los que se pudieran generar para la financiación de infraestructuras.

También es objetivo de SEIT ganar la máxima eficacia en la gestión, a través de la flexibili-

dad en su capacidad de actuación, mediante el rigor en los procesos y generando la confianza de los mercados y de todos los agentes públicos y privados que intervienen en el proceso de generación y gestión de las infraestructuras del transporte terrestre, de forma que la presencia de esta sociedad estatal sea una garantía de la viabilidad de los proyectos en los que participe.

Puesto que las competencias del Ministerio de Fomento guardan una relación específica con el objeto social de esta sociedad, creada por acuerdo del Consejo de Ministros del 29 de julio de 2005 y constituida el 30 de noviembre de 2005, el citado departamento ha sido designado ministerio de tutela de la SEITT.

Objeto social de SEIT

De acuerdo con lo establecido en sus estatutos, el objeto social de la nueva sociedad estatal abarca, por un lado, el proyecto, construcción, conservación, explotación y promoción de infraestructuras del transporte de titularidad estatal, por cuenta de la Administración General del Estado. En particular, el mandato podrá comprender la gestión y control de la construcción de las infraestructuras del transporte de titularidad estatal, así como de las que pueda construir la propia sociedad. También incluye la explotación de las zonas de dominio público y áreas de servicio, así como de otros elementos funcionales asociados a infraestructuras

del transporte de titularidad estatal.

Por otro lado, forma igualmente parte de su objeto social la realización de convenios de colaboración con Administraciones Públicas, así como con las entidades dependientes de aquellas, para el ejercicio de las competencias que les corresponden en materia de infraestructuras del transporte.

En este sentido SEIT podrá participar en sociedades estatales y privadas y podrá desarrollar cuantas actividades mercantiles estén directa o indirectamente relacionadas con su objeto social, que se desarrollarán por la sociedad en el marco de la encomienda que el Ministerio de Fomento le haga en los correspondientes convenios.

SEIT se configura, pues, como una sociedad instrumental al servicio de la política de infraestructuras del Gobierno. Como tal, no están entre sus funciones la planificación ni la política de infraestructuras que corresponden al Ministerio de Fomento. No obstante, tiene plena capacidad para actuar en el resto del proceso de generación de infraestructuras. Por lo tanto, está capacitada para realizar estudios de viabilidad, tanto técnica como económico-financiera, anteproyectos constructivos, gestión de contratación y ejecución de obras y explotación de infraestructuras generadas.

Merced a su carácter mercantil, SEIT está abierta a todo el que esté dispuesto a colaborar y, por ello, puede establecer las asociaciones con inversores privados, agentes públicos, entidades financieras, beneficiarios de las infraestructu-

Licitaciones previstas en carreteras		
Denominación	Coste total	Fecha fin
Autovía Verín-Frontera Portuguesa (N-532)	44,20M€	2008
Variante de Alcañiz-Acondicionamiento	22,62M€	2007
Variante de Benisa.Acondicionamiento	11,00M€	2007
Puebla de Alcolea.Acondicionamiento	11,60M€	2007
Autovía del Camino de Santiago (A12) Tramo Nájera (E) Homilla (E)	31,02M€	2008
Autovía Cartagena-Alumbres-Escombreras. Acceso a dársena de Escombreras	18,43M€	2008
Autovía del Cantábrico (A-8) Tramo Muros de Nalón-Las Dueñas	146,20M€	2009
Nuevo Acceso a Cádiz. Duplicación de la N-443	6,19M€	2007
La Seu-d'Urgell-Andorra	14,00M€	2007
Autovía orbital de Barcelona (B-40)Tramo Abrea-Olesa de Monstserrat	38,00M€	2009
Autovía orbital de Barcelona (B-40) Tramo. Viladecavalls-Terrassa	57,00M€	2009
Cocentaina-Muros de Alcoy	59,16M€	2009
Puente Internacional de Feces de Abajo	1,82M€	2008
Autovía de Navarra A-15 (Medinaceli-Soria-Tudela) Tramo Almazán-Cubo de Solana	42,05M€	2008
Autovía de Cáceres-Trujillo (A-58). Tramo Santa Marta de Jagasca-Cáceres	17,38M€	2007
Autovía Maqueda-Toledo-Cuenca-Teruel. Tramo Santa Cruz de la Zarza-Tarancón	37,00M€	2008
Autovía Extremadura-Comunidad Valenciana (A-43).Límite Prov. Albacete-Villarrobledo	31,25M€	2008
Autovía Ávila-Salamanca (A-50). Tramo Narros de Castillo Peñaranda de Bracamonte	45,00M€	2008
Nueva ronda oeste de Málaga	302,47M€	2009
Inversión total en carreteras	936,39M€	

Infraestructuras ferroviarias		
Denominación	Coste total	Fecha fin
Variante ferroviaria de Camarillas	102,00M€	2009
Línea ferroviaria Sevilla-Cádiz. Tramo Utrera-Jerez	200,00M€	2009
Inversión total en Ferrocarriles	302,00M€	

ras o de las plusvalías que pudieran generar y, en general, con cualquier agente público o privado que pudiera tener algún interés en la participación en las estructuras de transporte. Además de participar mediante convenios en generación de infraestructuras con recursos públicos, es el instrumento para realizar la inversión extrapresupuestaria en infraestructuras de transporte terrestre y, por tanto, tiene la misión de canalizar la inversión privada en infraestructuras mediante las distintas fórmulas de participación público-privada.

Tanto en España como en países de nuestro entorno exis-

ten y se aplican diferentes fórmulas de participación público-privada. Fórmulas que SEIT, para cada proyecto concreto, puede aplicar entre aquellas más adecuadas a los intereses de los agentes involucrados en la infraestructura, favoreciendo así su participación. Como se recordará, a estos efectos, el Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte (PEIT) prevé la posibilidad de hasta 40,5% de financiación extrapresupuestaria para la ejecución de proyectos de creación de infraestructuras de transporte..

Precisamente, en el desarrollo de su objeto social, SEIT ha suscrito, el pasado 30 de marzo

de 2006, dos convenios de gestión directa con la Administración General del Estado para la promoción y construcción de infraestructuras, uno de carreteras y otro de ferrocarriles. En esencia, estos convenios atribuyen a la nueva sociedad estatal la licitación, contratación y financiación de los concursos de las obras y de las asistencias técnicas para su control y vigilancia, llevando a cabo el resto de las actuaciones las direcciones generales correspondientes del Ministerio de Fomento.

El Convenio de carreteras comprende un total de 21 actuaciones divididas en tres

grandes grupos: vías de gran capacidad, medio urbano y acondicionamiento. Las del primer grupo complementan o cierran autovías que ejecuta el Ministerio de Fomento. En concreto, la conexión desde Verín con el norte de Portugal se ejecuta en su totalidad y se continúa con tramos de autovía que ejecuta la Dirección General de Carreteras, tales como Nájera-Hornilla en La Rioja; Muros de Nalón-Las Dueñas en la A-8 en Asturias; duplicación de la N-443 como acceso al nuevo puente de Cádiz, Cocentaina-Muros de Alcoy en la autovía central en la Comunidad Valenciana; Almazán-Cubo de Solana, dando acceso por autovía a Soria; Santa Marta de Magasca-Cáceres, entre Trujillo y Cáceres; Santa Cruz de la Zarza-Tarancón y límite provincial de Albacete-Villarrobledo en Castilla-La Mancha, y, por último, el acceso a la dársena de Escombreras en Murcia.

Entre las actuaciones en el medio urbano destaca la construcción de los cuatro tramos de que consta la nueva ronda de circunvalación oeste de Málaga, que dará continuidad al acceso norte de Málaga con la red del Estado al oeste de la ciudad. Es también de interés la construcción de dos tramos de la autovía orbital de Barcelona, Abrera-Olesa de Montserrat y Viladecavalls-Tar-rasa, con vocación de continuidad de la autovía A-7 del Mediterráneo por Barcelona.

En el tercer y último grupo de carreteras, el de acondicionamiento, se actuará gracias a la nueva sociedad estatal en cuatro tramos para mejorar la seguridad vial y la fluidez del tráfico. Se trata de las variantes de Benissa, Puebla de Alcolea



y Alcañiz, así como la conexión con Andorra desde la Seo d'Urgell.

Actuaciones en ferrocarril

En materia de ferrocarriles, SEIT ha puesto en marcha recientemente dos importantes actuaciones en la red de interés general: la variante de Camarillas y el tramo Utrera-Jerez de la línea de alta velocidad Sevilla-Cádiz. En el primer caso, supone la mejora de las prestaciones de la línea Chinchilla-Murcia-Cartagena en el tramo ferroviario comprendido entre las localidades de Minateda y Cieza, reduciendo su longitud (y por tanto los tiempos de viaje) mediante la construcción de una variante.

La variante de Camarillas incluye la mejora de la seguridad de la propia línea férrea y de su entorno a través de la colaboración en el Plan de Supresión de Pasos a Nivel, eliminando tres pasos a nivel que ac-

tualmente existen en este tramo y ejecutando las obras necesarias para mantener la permeabilidad transversal en los puntos de cruce actuales y en el nuevo trazado en variante.

Por último, el tramo Utrera-Jerez supone un fuerte impulso a la línea de altas prestaciones actualmente en construcción entre Sevilla y Cádiz. Esta actuación consiste en la construcción de una nueva línea de vía doble y apta para alta velocidad que discurre por el mismo corredor que la línea férrea actual con una serie de variantes para la mejora de su trazado. Esta actuación viene a completar las actuaciones que está desarrollando el Ministerio de Fomento para la mejora de la línea ferroviaria entre Sevilla y Cádiz, convirtiéndose en una línea de altas prestaciones.

Fuentes de financiación de SEIT

Éstas son las fuentes de financiación de la Sociedad Estatal

de Infraestructuras del Transporte Terrestre:

- Los cánones por la explotación de las infraestructuras construidas y explotadas, a pagar por los usuarios de las mismas.
- El canon por disponibilidad de las infraestructuras y los demás ingresos comerciales que pudieran ser atribuidos.
- Los derivados de la participación de la sociedad en los mecanismos de colaboración público-privada en la ejecución de transportes terrestres.
- El producto de las operaciones de endeudamiento que realice para cubrir desfases de tesorería y, en su caso, para financiar inversiones que permitan la obtención de ingresos que posibiliten la devolución de préstamos.
- Las transferencias corrientes y del capital, así como las demás aportaciones del Estado y de otras administraciones públicas, incluidas las de la Unión Europea y las aportaciones del capital procedentes de la iniciativa privada.
- Los ingresos obtenidos como contrapartida a las prestaciones realizadas en virtud de convenios de colaboración suscritos con otras administraciones públicas.
- Los bienes y valores que constituyen su actual patrimonio, así como los productos y las rentas que se derivan del mismo.
- Las donaciones, legados y otras aportaciones de entidades privadas y de particulares.
- Cualesquiera otros ingresos que legalmente puedan corresponderle. ♦

Fuente: Ministerio de Fomento.

La Asociación Española de la Carretera critica la conservación de las carreteras españolas

Según un informe hecho público por la Asociación Española de la Carretera entre 2000 y 2004 las inversiones destinadas a la construcción de carreteras en la Red del Estado han crecido un 44%, mientras que las partidas dirigidas a la conservación de estas vías han experimentado un aumento del 17% en el mismo período. En la Red Autonómica, sin embargo, la tendencia se invierte, de manera que la inversión en construcción crece un 25% durante el quinquenio considerado, y la inversión en conservación se incrementa en un 47%.

Los importantes esfuerzos presupuestarios realizados para la creación de infraestructuras viarias se han traducido en la puesta en servicio de más de 1.000 nuevos kilómetros en la red estatal desde el año 2000 a 2004.

Nuevas vías que mejoran considerablemente los estándares de servicio de estas infraestructuras (en 2004, cerca del 7 % del total de la red de alta capacidad contaba con tres o más carriles por sentido).

Asimismo, el volumen de tráfico total en el conjunto de las carreteras de nuestro país se ha incrementado un 16% en el mismo período, con crecimientos cercanos al 17% en la Red del Estado y de algo más del 15% en las carreteras gestionadas por las Administraciones Autonómicas.

En este contexto de ampliación progresiva de la red viaria y de crecimiento continuado de los tráficos, los mayores esfuerzos que se vienen registrando para mejorar el estado de conservación de las carreteras se han mostrado, hasta el momento, insuficientes¹.

Actualmente, un tercio de las carreteras españolas se encuentra en un estado de conservación "deficiente", con un déficit acumulado de 4.000 millones de euros

Así se pone de manifiesto en los resultados obtenidos en las últimas Campañas de Inspección Visual realizadas por la Asociación Española de la Carretera (AEC), cuyo trabajo de campo fue desarrollado en el verano de 2005, analizándose 3.500 tramos de vías tanto de la Red del Estado como de las Comunidades Autónomas.

El objetivo principal de este estudio, que la AEC realiza cada dos años desde 1985, es conocer el estado de la pavimentación y del equipamiento de la red viaria, así como determinar a cuánto ascienden las necesidades

de inversión para que esta red alcance un estado óptimo.

Una vez realizado el tratamiento de los datos obtenidos durante el trabajo de campo, se ha elaborado un informe en el que no sólo se exponen los resultados del presente estudio sino que, además, éstos se comparan con los del informe realizado en 2003. Se comprueba de esta forma cómo han evolucionado los elementos mencionados.

El firme se deteriora un 5,5% en los últimos dos años.

La conclusión más destacada del estudio es, sin duda, el deterioro del firme en las carreteras de la Red del Estado. Un 35% del total de esta malla tiene el pavimento en un estado "deficiente"².

Similar tendencia se observa en el caso de las carreteras cuya gestión está a cargo de las Comunidades Autónomas. A este respecto, el 32% del total de la red muestra un firme en "deficiente" estado de conservación.

Además, el número de kilómetros calificados de "bueno-muy bueno" en el apartado de firmes se ha reducido a la mitad en el caso de la red estatal y en alrededor de un tercio en el caso de la autonómica entre 2003 y 2005.

No obstante, y si se compara el índice medio alcanzado en 2005 para todo el territorio nacional con el del estudio realizado en 2003, se observa una caída del 5,5% en la calidad de la pavimentación (caída que se cifraba en el 12% en 2003 respecto a la investigación desarrollada en 2001) (Tabla 1).

Desde el punto de vista de costes, mantener el firme en un estado de conservación óptimo requiere actualmente una inversión de 3.696 millones de euros (92,4% de la inversión total). De ellos, la Red del Estado precisa de 1.187 millones, y la Red Autonómica de 2.509 millones.

Señalización vertical: Hay que reponer 325.000 señales³

Con una calificación media de 4,7 y 4,6 respectivamente, la señalización vertical en las carreteras del Estado y en las Autonómicas obtiene una puntuación por debajo del aprobado. No obstante, se registra una ligera mejoría, la primera detectada en el último decenio.

En la red estatal, alrededor de 100.000 señales superan la

Tabla 1		
	2005	2003
Necesidades de inversión en firmes (RCE)	1.187 millones €	1.100 millones €
Necesidades de inversión en firmes (CCAA)	2.509 millones €	2.260 millones €

(1) En el año 2005 el Ministerio de Fomento incrementó en un 18% el presupuesto dirigido a conservación de carreteras, una partida que crecería en un 121,2% en las previsiones presupuestarias para

2006. El efecto de ambas medidas no queda recogido en el informe que se presenta.

(2) Hay que tener en cuenta que el trabajo de campo de este estudio fue realiza-

do en el verano de 2005, de manera que los resultados no reflejan las posibles mejoras derivadas de las inversiones en conservación acometidas en los últimos doce meses.

(3) Hay que tener en cuenta que en este informe la Asociación Española de la Carretera sólo evalúa señales de código (no señales de orientación).

edad de siete años (período de garantía otorgado por los fabricantes para las láminas retrorreflectantes), lo que se traduce en que, si bien durante el día la señal se muestra en un estado de conservación bueno, por la noche su visibilidad no está garantizada, al haber caducado el material retrorreflectante.

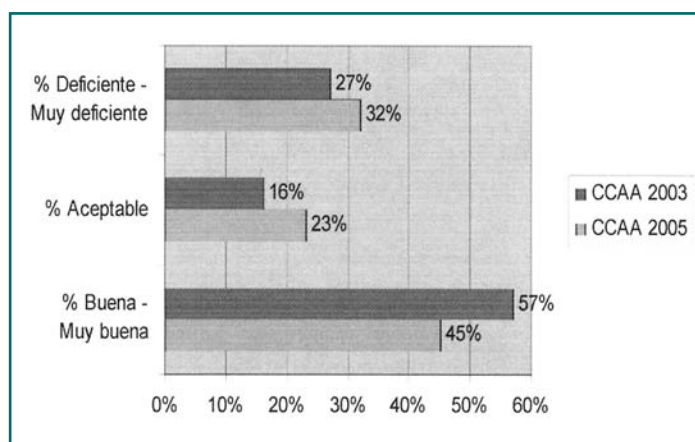
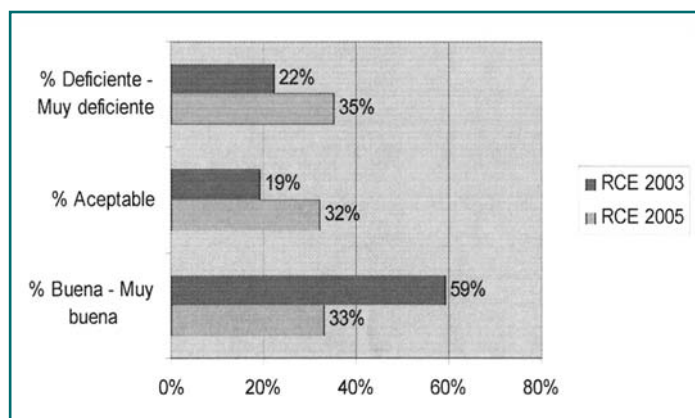
En la red autonómica, por su parte, sería necesario renovar unas 225.000 señales, lo que representa una inversión de 54 millones de euros (23 millones para las vías del Estado).

**Señalización horizontal:
80 millones de euros para
repintar cerca de 45.000
kilómetros de marcas viales**

La tendencia negativa que revelan los resultados obtenidos en esta última Campaña de Inspección Visual en firmes y señalización vertical se rompe en cuanto al estado en que se conservan las marcas viales.

Tanto en las carreteras dependientes del Estado como en las vías competencia de las Comunidades Autónomas, la señalización horizontal mantiene estables sus niveles de conservación, con una calificación media de "aceptable".

En el primer caso, mejoran sensiblemente con respecto a 2003 cinco comunidades, mientras que en el segundo son ocho las comunidades que muestran mejor comportamiento ahora que dos años atrás. Las mejores notas son para Andalucía Occidental y Madrid (Red del Estado), y Canarias (Red Autonómica). Sólo en estos tres casos se su-



pera el aprobado, consiguiendo la calificación de "buena".

Según el informe de la AEC, debería repintarse un total de 6.700 kilómetros de marcas viales en la malla estatal, y 38.000 kilómetros en la autonómica, lo que requiere una inversión global de 80 millones de euros (12 y 68 millones en cada una de las respectivas redes).

Balizamiento y barreras metálicas

De todos los elementos analizados, es el balizamiento el que presenta un estado más saludable en ambas redes. Así, es el único apartado en el que aparecen notas de 8 y 9, y la calificación de "muy buena" para las carreteras estatales de Andalucía Occidental y Asturias. También en la Red

Autonómica el balizamiento de las carreteras de Andalucía y Asturias se alza con la valoración "muy buena", junto a Canarias, Cantabria, Castilla-La Mancha, Navarra y País Vasco.

En cuanto a las barreras metálicas -y partiendo del hecho de que la AEC sólo estudia la barrera instalada y no la necesidad de su instalación en aquellos tramos que carecen de la misma-, la situación es "deficiente" en ambas redes, confirmando el retroceso que la conservación de este elemento viene registrando desde el año 2001.

Una tendencia preocupante si se tiene en cuenta que el 24% de los accidentes con víctimas en España se produce por salida de vía, y que en ellos fallece el 34% de las víctimas mortales.

De acuerdo con los datos de la Asociación Española de la Carretera, 143 millones de euros de inversión contribuirían a mejorar ostensiblemente esta situación.

Una cifra que se distribuye en 59 millones para las barreras de la Red del Estado, y 84 para las instaladas en la Red de las Comunidades Autónomas.

**Necesidades de inversión:
cerca de 4.000 millones de euros**

En cuanto a la necesidad de inversión, las cifras se disparan. Para conseguir unos niveles mínimos de calidad en las dos redes estudiadas sería necesaria una inversión muy cercana a los 4.000 millones de euros, es decir, un 11% más que en 2003. Las cantidades se reparten según la tabla 2. ♦

Tabla 2. Necesidades de inversión en millones de euros

	Red de Carreteras del Estado	% 03/05	Red de las Com. Autónomas	%03/05
Firmes	1.187	+8%	2.509	+11%
Señalización Vertical	23	+21%	54	+35%
Señalización Horizontal	12	+33%	68	+17%
Barreras Metálicas	59	+9%	84	+15%

Se celebró en Gijón la 14ª Conferencia sobre política marítima sostenible de Europa

Entre los días 30 de mayo y 2 de junio ha tenido lugar en el Puerto de Gijón la decimocuarta conferencia de alto nivel de AMRIE, organización europea que analiza los factores que hacen necesaria la adopción de mecanismos de gestión apropiados para una política y estrategia marítima europea sostenible.

Durante las jornadas se prestó especial atención al libro verde recién publicado por la Comisión Europea bajo la dirección del Comisario de Asuntos Marítimos y Pesca Joe Börj, en el que se intenta cotejar y coordinar varios elementos de política marítima perseguida por diferentes Direcciones Generales en la Comisión para hallar una estrategia marítima integrada.

Durante los tres días de la Conferencia se han abordado asuntos como la política marítima de la UE, desde el punto de vista de establecer objetivos y estrategias; el enfoque que se debe dar a las relaciones con Estados Unidos respecto a la política de océanos; el dilema de la UE en éste ámbito y sus soluciones; la política marítima desde el punto de vista de los asuntos de transporte multimodal, debate en el que se ha profundizado en temas como el de las "autopistas del mar", el desarrollo portuario, la logística intermodal, la sostenibilidad, las prioridades de investigación, la seguridad marítima y la plataforma Waterbourne. En la jornada final se habló de aspectos medioambientales, de gestión integrada de zonas costeras y se fijó la agenda para los próximos años. ♦

Préstamo del BEI a ADIF de 600 millones de euros para dos líneas de AVE

El Banco Europeo de Inversiones (BEI) ha concedido dos préstamos por un importe global de 600 millones de euros a ADIF (Administrador de Infraestructuras Ferroviarias) para la financiación de las líneas de alta velocidad Madrid-Barcelona-Figueras y Córdoba-Málaga.

De la suma global, 400 millones de euros se destinarán al proyecto de AVE a la frontera francesa. Esta cantidad tiene un plazo de amortización de 30 años, de los que 12 son de carencia. En total, el presupuesto de inversión para la construcción de la línea que une la capital española con el país vecino asciende a 2.500 millones de euros.

Los 200 millones euros restantes se destinarán al tramo ferroviario de alta velocidad Córdoba-Málaga. Con un plazo de amortización también de 30 años, en este la carencia será sólo de 7 años.

Tras el acuerdo indicado, ADIF ya ha formalizado con el BEI 400 millones de los 1000 millones de euros que tiene previsto destinar a la financiación de este tramo. ♦

Rascacielos ¿Solución o problema?

El rascacielos es el objeto arquitectónico más genuino del siglo XX, un desafío continuo a los límites del diseño y la construcción, el símbolo de las ciudades contemporáneas y el telón de fondo de todas las utopías de las últimas décadas.

El punto de partida de esta carrera por construir edificios cada vez más altos tiene una fecha concreta, 1871, y un lugar: Chicago. Ese año, un incendio arrasó el centro de la ciudad. A la hora de su reconstrucción, eran muchas las empresas que querían instalar sus oficinas allí, de manera que los arquitectos, aprovechando que la tecnología del momento ya permitía construir esqueletos metálicos para los edificios, y ascensores para facilitar el acceso a los pisos altos, diseñaron los primeros rascacielos. Tenían aún menos de 20 pisos y su objetivo era responder a la demanda de oficinas y al mismo tiempo liberar algo de suelo en el centro de la ciudad.

A partir de ahí la historia es conocida: pronto Nueva York desplaza a Chicago por el número y la calidad de sus edificios en altura, como se les llamaba en sus inicios, hasta que en las últimas décadas es Asia el

continente que acapara todos los récords en una carrera que tiene bastante de exhibición tecnológica.

Uno de los mayores impactos de los rascacielos es precisamente el estético. En Manhattan, constituyen el elemento imprescindible de la imagen de la ciudad. Nueva York no sería lo que es sin los rascacielos. Condicionan el paisaje desde fuera y desde dentro.

Son muchas las ciudades, sobre todo europeas, que han establecido severos límites a la altura de los edificios, en un intento de preservar una estampa característica. Es el caso de capitales como Viena o Praga, ciudades con un perfil histórico bien proporcionado.

La solución del nuevo urbanismo parece estar en combinar rascacielos de oficinas con otros residenciales, para no dejar despoblados esos distritos que además suelen estar en el centro de las ciudades.

Algo que no parece tan fácil, porque no todo el mundo está dispuesto a vivir a más de cien metros sobre el suelo. Vivir o trabajar en las alturas es símbolo de poder; de hecho, las presidencias y las direcciones generales de las grandes corporaciones

están siempre en los últimos pisos.

En muchas ocasiones, los aspectos técnicos quedan subordinados a los aspectos estéticos y de prestigio, sin tener en cuenta posibles impactos no totalmente controlados. Por ejemplo, el peso de la torre Taipei 101, la más alta del mundo, es de 700.000 T., que se reparten sobre 15.081 m², transmitiendo una carga al terreno de 4,7 Kg/cm². Al estar cimentado sobre rocas sedimentarias blandas, algunos científicos especialistas en terremotos, piensan que las tensiones correspondientes pueden haber sido transmitidas a la corteza superior terrestre y provocar la reapertura de una vieja falla sísmica. Los aspectos técnicos de la destrucción de las Torres Gemelas después del ataque terrorista, también permiten un análisis sobre la vulnerabilidad técnica de este tipo de edificios.

Los edificios en altura, no necesariamente rascacielos, se han convertido en componentes muy útiles de las ciudades contemporáneas. La escasez y carestía de suelo, la necesidad de las grandes corporaciones de situarse relativamente próximas y su mismo valor como símbolos de poder seguirá impulsando la construcción de rascacielos. El problema está, en la dificultad de hacer las cosas bien para lograr un equilibrio razonable. ♦

Fuente: El Correo

Grandes estructuras móviles de espejos para plantas termo-solares, proyectadas por Sener

El campo colector de una central termo-solar, encargado de concentrar la radiación solar mediante espejos, es la parte con mayor influencia en el coste de la planta, y por tanto, el sistema al que hay que dedicar un mayor esfuerzo para mejorar la rentabilidad. De hecho, la planta SOLAR TRES, promovida por SENER, tiene más de 260.000 m² de espejo móvil en dos ejes, y ANDA-SOL-1, donde SENER está en UTE con ACS-Cobra, cuenta con 510.000 m² de espejo curvado móvil en un eje.

En esa línea, SENER ha diseñado, fabricado y ensayado prototipos de helióstatos y colector cilíndrico parabólico utilizando un software propio, SENSOL, para establecer los criterios de diseño. El programa, desarrollado para el análisis técnico-económico y la optimización de proyectos en el área solar, proporciona, además el diseño óptimo en cada caso desde el punto de vista de rentabilidad de la planta. La principal característica diferenciadora de SENSOL radica en la modelización óptica del campo colector y en la parametrización de los costes. De esta manera, para cada componente se tienen en

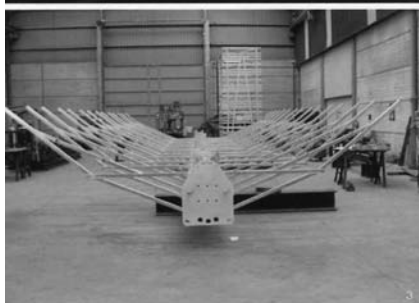
cuenta no sólo su rendimiento, sino también su coste y cómo varía éste con las prestaciones del componente.

El nuevo helióstato de SENER de más de 115 m² de espejo útil se ha ensayado en la Plataforma Solar de Almería (PSA) y se ha comprobado que su mecanismo de actuación tiene un magnífico ratio coste/por unidad de superficie de espejo que mueve. La base de esta mejora radica en el desarrollo de una estrategia de control inteligente del mecanismo que posiciona las etapas interiores de reducción en la configuración con mayor resistencia para encarar así las situaciones de carga más desfavorables. El criterio de diseño del helióstato (mecanismo, estructura y facetas) ha sido el de rentabilidad global de la planta vía SENOL. La rigidez estructural, ligada a la

calidad óptica de la faceta, ha sido evaluada para estudiar su influencia en la producción de la planta y poder seleccionar así el diseño óptimo del conjunto.

El Colector Cilíndrico Parabólico de SENER, probado igualmente en la Plataforma almeriense, reduce sensiblemente los costes de fabricación y montaje de la estructura metálica del colector sin disminuir su rendimiento óptico.

Para la producción en serie en plantas comerciales de este tipo de colectores, SENER está desarrollando su propia tecnología "brazo de sustentación, soporte de colector solar cilíndrico-parabólico y procedimiento para fabricar el brazo". El segundo prototipo, que incluye dichos brazos estampados, inició su campaña de ensayos a mediados de febrero de 2006. ♦



El concurso de transporte ferroviario del Puerto de Gijón adjudicado a RENFE con ACS

Renfe, en combinación con Continental Rail, empresa filial de transporte ferroviario del grupo ACS, ha resultado adjudicataria del contrato de gestión y explotación de la red ferroviaria del puerto de Gijón, para un período de dos años, con posibilidad de prolongarse a cuatro.

El puerto de Gijón supone el 6,83 por 100 del total de tráfico portuario peninsular, cuenta con 21,75 Km. de red ferroviaria de ancho ibérico y además es la única terminal portuaria nacional que dispone de acceso portuario a todos sus muelles de carga lo que, según los adjudicatarios, permitirá una importante relación de intercambio de mercancías entre el tráfico de transporte marítimo y el ferroviario.

Durante los dos últimos ejercicios el puerto de Gijón registró el movimiento de unos 1.000 trenes anuales. En el año 2005 y sólo hasta octubre se habían transportado 225.000 toneladas de mercancías fundamentalmente cereales, butano, carbón, cemento y siderúrgicas.

Se trata de una de las primeras experiencias de colaboración de Renfe con la iniciativa privada en el sector del transporte de mercancías por tren ante su inminente apertura a la competencia. ♦

Acciona Infraestructuras construirá una planta de tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos en Botarell, Tarragona

Acciona Infraestructuras, división de Acciona especializada en el desarrollo y gestión de infraestructuras, ha resultado adjudicataria en asociación, del proyecto y obra de instalación de una planta mecánico-biológica de tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos en Botarell, Tarragona.

La nueva planta se ubicará en el centro comarcal de residuos de Baix Camp, dentro del término municipal de Botarell en la provincia de Tarragona. La planta dará servicio a las comarcas de l'Alt Camp, Baix Camp y Baix Penedés. El valor de adjudicación del proyecto supera los 31 millones de euros y se ejecutará en un plazo de 22,5 meses.

Acciona Infraestructuras, siguiendo su apuesta por la sostenibilidad, ha diseñado una instalación que incluye diversas ventajas medioambientales que favorecen el desarrollo del proyecto. La planta se integra perfectamente en el entorno gracias a un diseño compacto que le permite ocupar menos terreno, y a una estructura que reduce el impacto visual mediante digestores horizontales. Además, la nueva planta aprovechará las infraestructuras ya existentes, controlará de manera óptima la emisión de olores, y reducirá la dispersión de materiales y el movimiento de tierras, todo ello apoyado por la flexibilidad y capacidad de ampliación

de la que Acciona Infraestructuras ha dotado al proyecto.

Por último, cabe destacar que todas las operaciones de tratamiento se efectuarán en naves cerradas y que se tratará adecuadamente el aire aspirado reduciendo al mínimo los olores intrínsecos en este tipo de tratamientos.

Entre los objetivos de la planta, además de tratar la fracción RESTO generada en su ámbito territorial y conseguir una fracción residual reducida, separará y recuperará materiales reciclables. De igual modo, la planta valorará la materia

orgánica y materiales de biodegradabilidad rápida en forma de biogás con el fin de obtener una recuperación de energía eléctrica y térmica que autoabastezca las necesidades de la planta y permita la exportación de los excedentes en su caso.

Asimismo, la planta tendrá por objeto la recuperación y el reciclaje de las aguas residuales y pluviales minimizando las necesidades de aportaciones exteriores. El proyecto recoge también la reducción de los impactos acústicos y visuales así como la emisión de gases contaminantes. ♦

Capacidades y Características de equipos por línea

PRESELECCIÓN RESTO

Capacidad de tratamiento RESTO	30 Ton/h
Nº de líneas	1 Ud.
Capacidad pretratamiento FORM	30 Ton/h
Nº de líneas	1 Ud.
Capacidad solicitada	84.079 Ton/año

DIGESTIÓN ANAEROBIA

Nº de digestores	3 Ud.
Volumen total	6.600 M³
Capacidad solicitada	36.000 Tn.

ESTABILIZACIÓN

Duración	14 Días
Nº de túneles	6 Ud.
Capacidad de almacenamiento túnel	280 M³

COGENERACIÓN

Nº de motores	2 Ud.
Potencia unitaria motor	0.623 MW
Capacidad gasómetro	1.300 M³
Superficie construida de naves	16.700 M²

Repsol lidera un proyecto de 22 millones de euros en investigación sobre biodiesel

El Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, a través del CDTI (Centro para el Desarrollo Tecnológico industrial) ha otorgado una subvención de más de 22 millones de euros a un grupo de empresas liderado por Repsol YPF, para un gran proyecto de investigación y desarrollo sobre biodiesel con una duración de cuatro años.

El proyecto CÉNIT Biodiesel permitirá desarrollar tecnología que contribuya a la reducción de gases de efecto invernadero causantes del cambio climático, además de fomentar la diversificación de fuentes de energía para reducir la dependencia de importaciones de productos petrolíferos. Su objetivo es el de contribuir a la introducción de biodiesel en el mercado nacional mediante un programa de I+D orientado a la reducción de costes de producción y al aumento de la disponibilidad de materias primas locales necesarias para la obtención de biocombustibles.

Repsol YPF dirige esta iniciativa junto a otras catorce empresas españolas líderes de diferentes sectores: Acciona Biocombustibles, Biogas Fuel Cell, Bionor, Elcogas: Facet Ibérica, Guascor, Koiposol Semillas, I.Q. Lasem, Robert Bosch España, Sacyr, Industrias Suescum, Técnicas Reunidas, Tiffel, y Cooperativa Agrícola Valparaíso.

El proyecto abarca toda la cadena de valor del biodiesel, entendido como el conjunto de productos derivados de materia prima vegetal o animal, que pueden utilizarse como sustituto o complemento de los gases de automoción y calefacción.

Durante la primera etapa del proyecto, el consorcio trabajará en la investigación e identificación de nuevas materias primas para producir biodiesel, especialmente cultivos

adaptados a las tierras y clima de la península ibérica, algas marinas, materias grasas procedentes de los mataderos españoles y aceites de fritura adecuadamente tratados, entre otros. Al mismo tiempo desarrollará nuevos procesos tecnológicos para la adaptación de estas nuevas materias al proceso de producción de energía.

CÉNIT Biodiesel se enmarca dentro de la primera convocatoria del Programa CÉNIT, destinado a fomentar la cooperación público-privada en I+D+i (investigación, desarrollo e innovación) en España, y forma parte de la iniciativa del Gobierno conocida como INGENIO 2010 que se otorga a grandes proyectos estratégicos de futuro y con proyección internacional.

Por otra parte, Repsol YPF ha anunciado recientemente el mayor acuerdo mundial de producción de biodiesel, que ha suscrito con Acciona, para poner en el mercado más de un millón de toneladas de este producto antes de 2010, que la convierte en uno de los mayores productores mundiales de biocombustibles.

Este acuerdo, con una inversión estimada superior a los 300 millones de euros, contempla la construcción de hasta seis plantas de producción de biodiesel que estarán operativas entre el primer semestre de 2007 y el segundo de 2009.

Las plantas utilizarán aceites vegetales de primer uso como materia prima, lo que permitirá cumplir cerca de la mitad del objetivo de España en materia de biocombustibles contemplado en el Plan Nacional de Energías Renovables para 2010. Se estima que las producciones previstas en este acuerdo eviten la emisión a la atmósfera de unos 3 millones de toneladas de CO₂ en ese año. ♦

La desaladora de El Prat adjudicada a Agbar, ACS y Suez

La Generalitat catalana ha adjudicado a la Unión Temporal (UTE) formada por Agbar, Dragados (del grupo ACS) y Degremont (Suez) la construcción y explotación provisional de dos años de la desaladora de El Prat de Llobregat (Barcelona), frente a la oferta presentada por Aqualia, filial de FCC. La inversión alcanzará los 158,7 millones de euros, de los que el 75% lo cubrirá los fondos de la Unión Europea (UE). La desaladora será la más grande de Europa destinada a agua para consumo doméstico.

La infraestructura contará con una capacidad de 60 hectómetros cúbicos de agua anuales, y mejorará el servicio de la Ciudad Condal y su área metropolitana. La desaladora se empezará a construir el año próximo y entrará en funcionamiento en 2009. La actividad de la desaladora aumentará en un 23% la producción de agua potable para la zona, lo que contribuirá a reducir los riesgos de corte de suministro sufridos en los últimos años.

En la UTE, Agbar controla el 40% del capital, Degremont otro 35% y Dragados el restante 25%. Uno de los puntos principales del proyecto es la alimentación eléctrica, que representará una inversión de 28 millones, que correrá a cargo de Red Eléctrica.

El metro cúbico de agua desalada costará 0,4 euros de media, frente a los actuales 0,26 euros. Agbar había desestimado en principio participar en el plan de desaladoras, pero más tarde reconsideró su estrategia.

De esta forma, la compañía ha presentado ofertas para las desalinizadoras de Águilas-Guadalest (Murcia), Torrevieja (Alicante) y Bajo Almazora (Almería). ♦

Se construirá en Granada la mayor planta termosolar de Europa

La empresa Cobra, filial de ACS, junto con la alemana Solar Milenium, desarrollará en Granada la mayor planta termosolar de Europa y la segunda del mundo, después de la planta de Nevada Solar One en Nevada, Estados Unidos.

La central, ubicada en Aldeire, estará en funcionamiento en 2008 y supondrá una inversión de 260 millones de euros, con una pequeña subvención de la Unión Europea.

Andasol I, la primera de las fases de la central termosolar, se completará en los próximos años con otras dos plantas. Cada una de ellas tendrá una potencia de generación de 50 Mw, capaz de suministrar electricidad a 45.000 hogares. ♦

Sener celebra su cincuenta aniversario

Sener celebró el cincuenta aniversario de su fundación el pasado día 3 de julio, con un acto conmemorativo en el Palacio Municipal de Congresos (Campo de las Naciones, IFEMA) que reunió a más de mil invitados, representantes de todas las esferas de la sociedad, instituciones y empresas.

Pionera entre las empresas de ingeniería, Sener se enorgullece de estos cincuenta años de trabajo tenaz e intuitivo, unido a un gran espíritu innovador para adquirir la mayor capacidad tecnológica que la ha convertido en una empresa de 1.300 profesionales altamente cualificados (90% ingenieros y técnicos), con oficinas, en Madrid, Bilbao, Barcelona, Valencia, Lisboa, Canarias, Buenos Aires, Varsovia y, en el futuro próximo, en México DF. Un gran número de Ingenieros de Caminos han colaborado y colaboran de forma brillante en el desarrollo y crecimiento de la empresa.

Con motivo de esta significativa fecha, Sener ha editado el libro "SENER", la historia de su tiempo" escrito por Alejandro Gándara (Premio Nadal 1992, Premio Anagrama de Ensayo 1998 y Premio Herralde de Novela 2001).

Escrito con un ritmo ameno, "Sener, la historia de su tiempo" narra la evolución de un proyecto común de dos hermanos, Enrique y José Manuel de Sendagorta, volcado en los primeros años al diseño de buques pero que pronto comenzó a prestar servicios de ingeniería en otras áreas. Entre ellas, el desarrollo de nuevas fuentes de energía, la exploración espacial y las plantas industriales, los aeropuertos y puertos, los metros y las líneas ferroviarias, o la promoción de industria de Turbopropulsores (ITP), única empresa española de fabricación de motores y turbinas de gas, hoy reconocida internacionalmente,

Sener, fundada en 1956, época de carencias tecnológicas y aislamiento económico, supo contribuir con una ingeniería a lo que se denominó entonces "el milagro económico", adaptándose a lo largo de estos 50 años a las necesidades y cambios de la sociedad, creciendo con solidez y con un claro compromiso con sus clientes.

Hoy, con esos 50 años de historia como aval, Sener sigue inquieta por hacer las cosas bien y avanzar en las distintas áreas tecnológicas en las que desarrolla su actividad: Civil y Arquitectura. Espacio, Sistemas de Actuación y Control. Aeronáutica y Vehículos, Naval, Energía, Procesos y Medio Ambiente. ♦

ACTIVIDAD EXTERIOR

FCC compra la segunda constructora austriaca, Alpine

FCC ha cerrado la compra del 74,76% de la segunda constructora austriaca, Alpine. Un porcentaje que aumentará hasta el 80,7% en las próximas semanas. Abonará 480 millones de euros y consolida su posición en el centro y este de Europa.

Con la compra de la segunda constructora austriaca, Alpine, FCC da por cumplidos los objetivos fijados en el plan estratégico 2005-2008: alcanzar una facturación cercana a los 12.000 millones, un beneficio bruto de explotación de 1.600 millones y elevar hasta el 35%-40% el peso del negocio internacional.

Así lo confirmó el consejero delegado de FCC, Rafael Montes, en la presentación de la última adquisición del grupo. En lo que va de año, la compañía ha invertido alrededor de 4.000 millones de euros en la compra de seis compañías: ASA, SmVAK, Lemona, Uniland, WRG y Alpine. Estas operaciones le permitirán alcanzar en 2006 una facturación pro forma de 11.693 millones, un Ebitda de 1.756 millones y elevar hasta el 26% su facturación fuera de España, frente al 10% que representó en 2005.

FCC abonará 480 millones por el 80,7% de Alpine. Ya ha cerrado la compra del 74,76%, propiedad de la familia Pappas (63,03%) y de uno de los directivos, Otto Mierl (11,73%). Además, en las próximas semanas espera adquirir el 5,94% de Erste Bank. El resto del capital es propiedad de un ejecutivo. "Si hay una oportunidad de conseguir el 20% lo haremos". Según FCC, el valor del 100% de Alpine se sitúa en 725 millones de euros y la deuda neta de la compañía con minoritarios alcanza los 130 millones.

FCC afirma que Alpine es complementaria a la compañía de servicios austriaca ASA (que adquirió en marzo

por 224 millones) y la gestora de aguas checa SmVAK (por la que pagó en abril 169 millones). Además, asegura que la Constructora austriaca es una "plataforma para implementar nuestro modelo de negocio en los países del este de Europa. La compañía financiará la compra con deuda, a través de un préstamo bancario, y espera concluirla en el cuarto trimestre del año, cuando cuente con el visto bueno de las autoridades de competencia europeas, aunque comenzará a gestionar la firma de manera inmediata.

La compañía austriaca está presente en 26 países y en marzo de este año contaba con una cartera de obra de más de 2.300 millones de euros, superando su facturación, que para 2006 está estimada en 2013 millones. El 73% de sus ingresos proceden de Austria y Alemania y entre sus obras más destacadas está el estadio Allianz Arena de Munich.

FCC comenzó a gestionar la compra de Alpine hace ahora 12 meses. La principal línea de negocio de la compañía austriaca es la construcción, que aporta el 82% de los ingresos y el 18 restante son servicios, entre ellos los industriales a través de Alpine Energía.

El consejero delegado de FCC, destacó el gran potencial de crecimiento de esta división en el este de Europa, gracias a la fuerte industrialización que se espera en estos países. Alpine Energía obtuvo en 2005 una facturación de 156,2 millones, que espera aumentar en un 11,4% en este ejercicio.

Entre sus campos de actividad están las telecomunicaciones, tendidos eléctricos, construcción de torres para radio o tráfico telemático. Además participa en una central de ciclo combinado en Bulgaria. ♦

Las grandes constructoras se preparan para un Plan de Hospitales en Irlanda

Los grupos españoles preparan la entrada en uno de los negocios más atractivos en el Reino Unido, el gran plan que ha desarrollado el Gobierno de Irlanda del Norte para construir doce hospitales en dos años y medio.

Se trata de construir, buscar financiación y gestionar los servicios no médicos de las nuevas instalaciones.

Con este fin fueron convocadas hace unos meses por el Strategic Investment Board (SIB), una compañía pública que actúa como puente entre el sector público y el privado y con la que colabora la empresa española especializada Asesores de Infraestructuras.

Sólo en este año el nuevo plan prevé la licitación de cuatro centros por 1.070 millones de libras (1.562 millones de euros). y seguirán al mismo ritmo el próximo año y en 2008 (ver gráfico adjunto).

Si en el Reino Unido, estos proyectos con capital privado (private finance initiative, PFI) que suponen privatizar la ges-

El ambicioso plan de hospitales de Irlanda del Norte.



Total de la inversión 3.474

Inversión estimada en millones de euros

Proyecto	Inversión	Lanzamiento*
PRIMERA FASE		
1. Enniskillen Acute	365	II Trim. 2006
2. Ulster Redevelopment	321	II Trim. 2006
3. Omagh Local	234	III Trim. 2006
4. RGH Women & Children's	496	IV Trim. 2006
SEGUNDA FASE		
5. Antrim Batch	511	I Trim. 2007
6. Musgrave Park	321	II Trim. 2007
7. Craigavon	365	III Trim. 2007
8. Daisy Hill	131	IV Trim. 2007
TERCERA FASE		
9. Belfast City	219	I Trim. 2008
10. Altnagelvin	146	II Trim. 2008
11. Royal Victoria	219	III Trim. 2008
12. Mater	146	IV Trim. 2008

* Fecha prevista lanzamiento del concurso/licitación pública

tión no médica de los centros tuvieron su boom ya en la década pasada, al mercado español llegaron hace algo más de un año. Las administraciones central y regionales han apostado firmemente por este sistema que les permite endeudarse más a largo plazo a cambio de pagar cánones anuales.

Ahora, el plan norirlandés, que nace para mitigar una red sanitaria infradotada, reaviva las posibilidades de negocio en el Reino Unido, donde ya se mira a otras infraestructuras, como la construcción y gestión privada de los colegios. En el caso del macroplán que se abre al capital privado español las adjudicatarias tendrán durante 30 años

la gestión de los servicios no médicos, desde el catering a la limpieza, pasando por la seguridad. Primero tendrán que costear la inversión de cada proyecto con financiación bancaria y construir el centro. Una vez que asuman la explotación cobrarán un canon anual con el que rentabilizarán lo gastado.♦

Fuente: SIB, Adeinfra y Cinco Días

OHL compra una red de autopistas en Brasil por 71 millones de euros

OHL ha adquirido el 100% de la concesionaria de autopistas Vianorte, con cuatro vías en la región nordeste del Estado de São Paulo, donde el grupo ya cuenta con tres concesiones. Pagará 200 millones de reales brasileños, en torno a 71 millones de euros, como comunicó a la Comisión Nacional del Mercado de Valores (CNMV).

De esta cantidad, en torno a 8,5 millones corresponderán a su rival Sacyr Vallehermoso que tenía el 12,36 de cada una de las cuatro autopistas heredadas de la filial portuguesa Somague que compró hace unos años.

A principios de año, OHL, ya hizo aproximaciones a la cúpula de Sacyr para interesarse por

sus dos concesiones de autopistas en Brasil, Vianorte y Triángulo do Sol. Finalmente, Sacyr ha decidido desprenderse de una participación que es minoritaria y por este peso no le aporta beneficios a sus cuentas, sólo dividendos. Sin embargo, mantiene el 50% en cada una de las tres autopistas que forman la red de Triángulo do Sol, lo que

entra dentro de su estrategia de controlar participaciones mayoritarias en las autopistas.

Vianorte aportará 237 kilómetros más de autopistas, con lo que OHL Brasil contarán con 1.147 kilómetros de red: La división brasileña de la sexta constructora española gestionará esta red hasta 2018, cuando vence la concesión.♦

ACTIVIDAD EXTERIOR

ACS Construirá en Arabia Saudí cuatro plantas de fosfatos

Dragados Industrial, empresa del área de servicios industriales de ACS, construirá cuatro plantas de fosfatos de amonio en Arabia Saudí por un importe de 193 millones de euros. Este complejo de fertilizantes será uno de los cinco más grandes de todo el mundo y cuadruplicará la capacidad de producción de fosfatos del país. Las obras concluirán dentro de los próximos 34 meses.

Las cuatro fábricas se ubicarán en la ciudad industrial y minera de Ras Az Zawr, en la costa del Golfo Pérsico, y producirán de forma conjunta hasta 9.000 toneladas diarias, es decir, tres millones de toneladas de minerales al año a partir del 2010. Además será el primer complejo de estas características que se construye en una sola etapa.

Las plantas quedarán preparadas para aumentar su producción hasta 1.000 toneladas al día de fosfato de amonio.

El proyecto es una iniciativa del Gobierno de Arabia Saudí en un intento de diversificar su economía, altamente dependiente del petróleo, y forma parte del proyecto estratégico que ha desarrollado la compañía minera Ma'aden para que el país se convierta en un importante productor en el mercado mundial de fertilizantes.

En la zona del Golfo Pérsico, el área de servicios de ACS ha logrado otros contratos. En marzo fue adjudicada la ampliación de la planta petroquímica de la Sociedad Equate Petrochemical en Kuwait por 120 millones de euros. Estas instalaciones dedican su actividad a la producción de polietileno de alta densidad, un plástico de múltiples aplicaciones, como la construcción y fabricación de envases, bombonas para gases y contenedores de agua y combustible. Esta nueva planta, que entrará en funcionamiento en 2008, permitirá a Kuwait aumentar la producción de polietileno en 223.000 toneladas anuales.

El pasado año la actividad desarrollada en el exterior aportó el 57 por 100 de los 1.500 millones de euros que facturó el grupo Dragados Industrial. ♦

Acciona incrementa su presencia en Polonia

Acciona Infraestructuras, división de ACCIONA especializada en el desarrollo y gestión de infraestructuras, en consorcio con su participada Mostostal Warszawa, firmó recientemente un contrato con la Dirección General de Carreteras y Autopistas Nacionales polaca para la rehabilitación de la Carretera Nacional 7 de Polonia y su conversión en una vía Express en el tramo que une las ciudades de Bialobrzegi y Jedlinsk.

El contrato, con un valor total de 404.0662.724,56 eslotis, 99.605.831,765 euros, contempla la reconstrucción del trazado actual de la carretera nacional y la realización de un segundo vial en el tramo comprendido ente Bialobrzegi-Jedlinsk, con una longitud

de 15.699 km. El proyecto abarca la construcción de cinco nuevos carriles más uno de servicio, cinco puentes, tres viaductos para peatones así como el sistema de alcantarillado y drenaje de la vía.

La obra, que se prolongará durante diecinueve meses, será ejecutada por un consorcio formado al 95% por ACCIONA junto a la empresa polaca Mostostal Warszawa con el 5% restante. Mostostal Warszawa, constructora especializada en la ejecución de puentes de estructura metálica, está participada actualmente por ACCIONA en un 49,94% de su capital, y acaba de recibir de la misma una Oferta Pública de Adquisición de Acciones por el restante 50,06% de su accionariado. ♦

FCC y Sacyr adjudicatarias de una Autopista en Irlanda por 350M€

Irlanda ha adjudicado al consorcio liderado por Sacyr Vallehermoso y FCC el diseño, construcción, financiación y gestión de una autopista entre Galway y Ballinasloe, que requerirá una inversión total de 350 millones de euros.

Sacyr y FCC, que tendrán la concesión durante un período de 30 ó 35 años, según se fije en la negociación con la Administración, tienen previsto iniciar las obras en diciembre de 2006 y concluir las en agosto de 2009.

El proyecto incluye la construcción de una autopista de peaje de 56 kilómetros y dos carriles por sentido entre las localidades de Galway y Ballinasloe, un ramal de siete kilómetros para

enlazar con el bypass de Loughrea (calzada única) y 32 kilómetros de carreteras de acceso. Sólo la construcción de la autopista requerirá una inversión de 288 millones de euros.

La N6 Galway-Ballinasloe, que se encuentra dentro del proyecto de desarrollo de una autopista entre Galway y Dublín, permitirá reducir los tiempos de viaje entre el oeste y el este del país, lo que ayudará al desarrollo de las regiones central y occidental.

El consorcio ganador está formado por Itiner (la filial de concesiones de infraestructuras de Sacyr) en un 45%; por FCC en otro 45%, y por PJ Hegarty, con un 10%, como ofertante preferente. ♦

OHL invierte 114M€ en la adjudicación de dos constructoras en Estados Unidos

El Grupo OHL ha entrado en el mercado de construcción estadounidense mediante la adquisición de las compañías Community Asphalt Corp. Y The Tower Group Corp., constructoras especializadas en las actividades de obra civil y edificación respectivamente, y que tienen su sede principal de operaciones en el estado de Florida.

Tras casi un año de negociaciones, OHL ha adquirido el 80% de Community Asphalt Corp. y el 70% de The Tower Group Corp. La inversión global en estas operaciones asciende a 143,3 millones de dólares (114 millones de euros), de los que 16,5 millones están sujetos al resultado de las auditorías de cuentas del último ejercicio, cerrado el 30 de junio de este año.

Las dos compañías adquiridas han tenido en el último ejercicio una cifra de negocio conjunta del orden de los 400 millones de dólares (317 millones de euros).

En los dos casos, las compras se han realizado a los socios fundadores y gestores de las constructoras, que continúan en los equipos directivos de ambas compañías. El Grupo OHL ha asumido el compromiso de adquirir las restantes acciones de ambas compañías, si dichas acciones fueran puestas a su disposición entre el 21 de julio de 2009 y el 21 de julio de 2010, y tendrá a su vez una opción de compra sobre las referidas acciones durante el mismo período.

Estas operaciones suponen un paso más en el proceso de internacionalización de OHL, que ya estaba presente en EEUU mediante la construcción y explotación de la desalinizadora de Taunton River, en el estado de Massachussets, a 200 km de Boston, y amplían sus posibilidades de expansión en este país, donde el Grupo OHL analiza también operaciones en la actividad de concesiones de infraestructuras. ♦

FCC explotará durante 25 años una autopista en Costa Rica

Un consorcio liderado por FCC ha ganado el contrato de concesión de una autopista en Costa Rica durante un período de 25 años. El proyecto supondrá una inversión de unos 145 millones de euros.

La Autopista de peaje denominada San José-Caldera tiene 76,8 km de longitud y se divide en tres tramos. El primero entre San José y Ciudad Colón, de 14,2 km y dos carriles por sentido, se mejorará con la construcción de un tercer carril por sentido en algunos tramos; el segundo, de nueva construcción, con un carril por sentido, en el que ya se encuentran ejecutadas tres importantes estructuras, se sitúa entre Ciudad Colón y Orotina y tendrá 38,8 km de lon-



gitud; y el tercero, que dispone actualmente de un carril por sentido, une Orotina y Caldera y se reparará en todo su trayecto. ♦

ACS construirá la ampliación del Metro de Nueva York

El grupo ACS, a través de su filial de construcción Dragados ha resultado adjudicatario del primer contrato del plan de ampliación del metro de Nueva York, por importe de 335,63 millones de euros, proyecto que supone la entrada del grupo en el mercado de Estados Unidos.

Este contrato ha coincidido con la consecución del correspondiente a la rehabilitación de la autopista I-287, al norte del Estado de Nueva York, por otros 210.5 millones de euros.

ACS se ha establecido en Estados Unidos mediante la creación de una filial para este país, Dragados USA, y la aper-

tura de oficinas en Nueva York, Miami, San Francisco y Austin.

Por lo que se refiere al contrato del metro de Nueva York se trata de la construcción de una nueva conexión entre la red de Long Island, en Queens, y la Gran Terminal Central de Manhattan, proyecto que incluirá la construcción de cuatro túneles que suman una longitud total de 75 km. Para ello se emplearán dos tuneladoras de roca, utilizando el mismo sistema que ACS sigue para la ejecución de los túneles que construye en España (los del AVE Figueras-Perpiñan y Madrid-Valladolid, así como los de la M-30 de Madrid entre otros). ♦



Diseño y Funcionalidad visual en la obra pública

Modesto Batlle Girona

Las obras públicas son un gran mueble que el técnico coloca en el territorio y al

que hoy la sociedad, además de funcionalidad, le exige algo más. Le demanda una exigencia en las formas, en los volúmenes, en los colores y en los impactos que produce para que, como elemento diferencial de su calidad proyectual, le permita dar satisfacción al máspreciado de los sentidos, que (como ya afirmaba Durero) es la vista. Este texto no pretende dar pautas para resolver el problema del diseño, sino plantear el problema, constatar su importancia e incitar a los profesionales y a los responsables de las infraestructuras a tomar conciencia del mismo y adentrarse sin miedo en él. ♦

Libro Verde. Indicadores de Calidad de Servicio en Carreteras

Varios Autores

(Comisión de Transportes del CICCIP)



El grupo de trabajo para el estudio de la calidad de servicio en carreteras afronta en este documento la necesidad de aclarar el concepto de "calidad de servicio" en todos los procesos que rode-

an a las carreteras, desde su planificación hasta su explotación. ♦

convocatorias

Real Academia de Ingeniería

Programa de actividades auspiciadas por la Fundación "Pro rebus academie"

■ Martes 7 de noviembre: Jornada de la RAI: "Historia y Patrimonio de la Ingeniería".

■ Martes 12 de diciembre: Entrega del Premio "Academiae Dilecta".



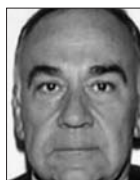
■ **Rafael del Pino y Moreno**, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos y fundador del grupo Ferrovial ha sido galardonado por la Real Academia de la Lengua Española con la placa de oro que otorga esta Entidad en su máxima categoría por la labor de mecenazgo realizada a través de la Fundación que lleva su nombre y especialmente su contribución a la elaboración del Diccionario del Estudiante publicado en 2005.



■ **Pedro Martínez Martínez**, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, ha sido designado director general del Área de Infraestructuras de Acciona, cargo en el que sustituye a José Enrique Alonso Ferrer. Anteriormente ocupaba el cargo de director responsable del área oeste de la compañía.



■ **Jacobo Díaz Pineda**, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, ha sido nombrado Director General de la Asociación Española de la Carretera, de la cual ha sido Director Técnico y Director General adjunto.



■ **Aniceto Zaragoza Ramírez**, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, ha sido designado Director General de Oficemen.



■ **Juan Herrera Fernández**, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, ha sido nombrado Director adjunto del Departamento Civil y Arquitectura en el área de carreteras y Obras Hidráulicas de SENER. Anteriormente ocupaba el cargo de Presidente director general de Euroestudios.



■ **Juan Santamaría Fullana**, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, ha sido designado Presidente ejecutivo de Euroestudios, en la que desempeñaba el cargo de Consejero y Director de Infraestructuras del Transporte.



■ **José Salís Villanueva**, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, ha sido nombrado director de Construcción de VV Consultores. Inició su carrera en Ginés Navarro (actualmente integrada en ACS) y, posteriormente, se incorporó a Bureau Veritas, donde fue director de Infraestructuras para España y Portugal y director regional de Cataluña y Centro de la división de Construcción.



■ **Agustín José Usallán Ortiz**, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, ha sido nombrado presidente de la empresa Clear Channel España. Ha desarrollado toda su carrera profesional en el Grupo FCC, en donde hasta el pasado mes de enero ocupaba el puesto de director general de Versia, filial de servicios del Grupo.