

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 continuando e innovando 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 3.461 • Año 152 • Diciembre 2005



Foto de Portada: Presa de Caruachi en el río Caroní (Venezuela).

5

El Premio Internacional Puente de Alcántara
[The Puente de Alcántara international Prize]



9-19

Premio Internacional Puente de Alcántara.
IX Edición. Convocatoria 2002-2004
[Puente de Alcántara International Awards. 9th Convocation 2002-2004]



20-47

Premio correspondiente a la Península Ibérica.
Aproveitamiento Hidroeléctrico de Alqueva
[Award corresponding to the Iberian Peninsular.
Alqueva Hydroelectric Development]

48-76

Premio correspondiente a Iberoamérica.
Proyecto Hidroeléctrico de Caruachi
[Award corresponding to the Latin-American.
Caruachi Hydroelectric Project]



77-78

Mención Especial.
Proyecto de restauración del Pont Trençat
[Special Mention.
The restoration of the Trençat Bridge]

79-202

Síntesis de los Proyectos presentados
[Summary of presented projects]

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 marzo de 2006.

DIRECCIÓN

Director:
Juan Antonio Becerril Bustamante

Secretaría General:
Mónica Baeza Ochoa de Ocariz

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:
Graffoffset 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

NUESTRO COMPROMISO CON LA NATURALEZA CRECE CADA DÍA



Cada día nos ocupamos de que esa promesa siga igual de viva. Nuestro compromiso con el medio ambiente nos ha convertido en uno de los líderes mundiales en Energías Renovables y nos ha llevado a conseguir el reconocimiento internacional. Por eso, Iberdrola ha sido incluida por sexto año consecutivo en el índice Dow Jones de Sostenibilidad, principal referente mundial de Desarrollo Sostenible.



IBERDROLA
Queremos ser tu energía

CONSEJO DE ADMINISTRACIÓN

Presidente:

D. José Antonio Torroja Cavanillas

Vocales:

Miguel Aguiló Alonso

Luis Berga Casafort

Íñigo Losada Rodríguez

Julio Martínez Calzón

Juan Manuel Morón García

Edelmiro Rúa Álvarez

Clemente Saenz Ridruejo

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 Cerezuela

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

Mónica Baeza Ochoa de Ocariz

Juan Antonio Becerril Bustamante

Francisco Esteban Rodríguez-Sedano

Rafael Izquierdo de Bartolomé

Juan Rodríguez de la Rúa

Presentación

El Premio Internacional Puente de Alcántara

Son ya siete, con éste que ahora se publica, los números de la *Revista de Obras Públicas* dedicados al Premio Internacional Puente de Alcántara. En ellos pueden encontrar los lectores de esta *Revista* y los estudiosos en general, información cumplida de los 245 proyectos presentados al Premio en las siete últimas convocatorias. La Fundación San Benito de Alcántara, recientemente galardonada por Tecniberia-Asince por su labor en la promoción humanista de la tecnología, se muestra orgullosa de esta fructífera colaboración con el órgano profesional de los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en la labor de difusión de un Premio que, en su 18 años de vida, ha alcanzado un enorme prestigio en toda Iberoamérica.

Las dos obras premiadas en esta IX Convocatoria constituyen dos ejemplos paradigmáticos en el campo de las obras tradicionales de ingeniería hidráulica. El "Aprovechamiento Hidroeléctrico de Alqueva" sobre el río Guadiana en Portugal, Premio correspondiente a la Península Ibérica, es una obra de gran trascendencia, que contribuirá decisivamente al desarrollo energético de Portugal, al potenciar la interconexión eléctrica con España y el resto de Europa y a la mejora económico-social de la región del Alentejo. El Jurado valoró la armónica integración de la obra en su entorno, así como su aporte a la recuperación del patrimonio histórico de la región y a la mejora de la comunicación económica y cultural entre las dos orillas del Guadiana.

El Premio correspondiente a Latinoamérica fue concedido en esta Convocatoria a uno de los mayores complejos hidroeléctricos del mundo en época reciente, el "Proyecto Hidroeléctrico Caruachi" sobre el río Caroní en Venezuela. Consideró el Jurado que esta obra constituye un modelo de aprovechamiento energético de ríos de amplia extensión y gran caudal y está llamado a contribuir de forma sustancial al desarrollo económico y social de la Guayana venezolana y del conjunto del país. Se valoró igualmente la perfección técnica del proyecto en el que se han utilizado técnicas innovadoras y elementos de última generación, con respeto a las condiciones medioambientales del entorno.

El Jurado tomó la decisión de conceder una Mención Especial al proyecto "Pont Trençat" de Barcelona, obra que ha logrado conciliar de forma ejemplar el estilo propio del viejo "pont romà" y el pasado histórico de la ciudad con las modernas técnicas constructivas.

Podrán comprobar los lectores que el conjunto de los 34 proyectos seleccionados para esta IX Edición del Premio, todos los cuales aparecen debidamente referenciados en este número, presentan indudable interés en los más variados aspectos de las obras públicas de nuestro tiempo; y lo podrán hacer gracias a la buena disposición de esta *Revista de Obras Públicas* a la que, una vez más, queremos expresar nuestro agradecimiento. ♦



Íñigo de Oriol Ybarra
Presidente de la Fundación
San Benito de Alcántara

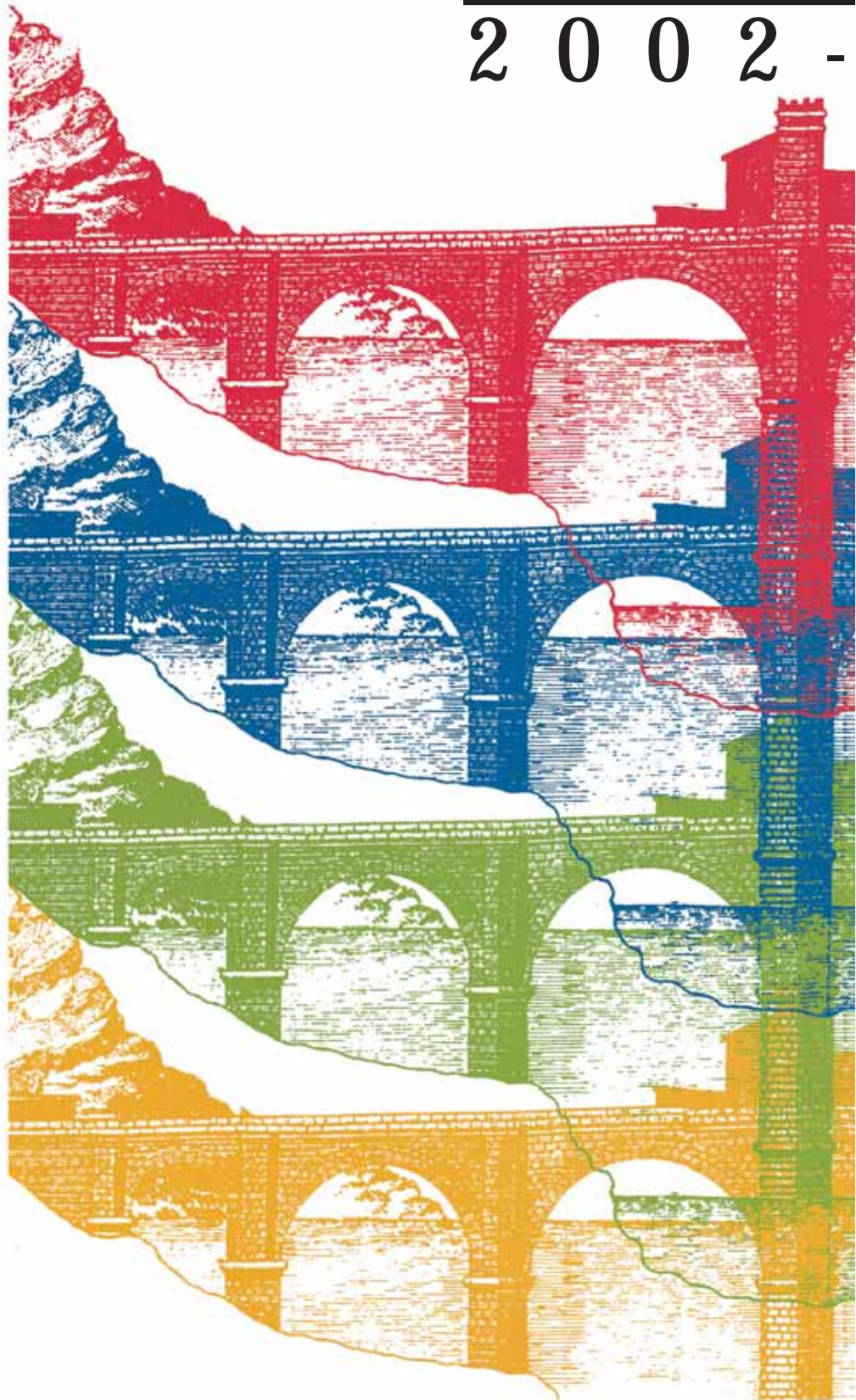
Premio Internacional

IX Conv
2002 -

A la mejor Obra Pública
finalizada entre el
1 de octubre de 2002
y el 30 de septiembre de
2004 en España, Portugal
y países latinoamericanos.

Dirigido a los promotores,
proyectistas y constructores
de obras públicas.

Presentación de solicitudes
hasta el día 31 de octubre
de 2004.



El Puente de Alcántara

ocatoria

- 2004



Bases:
Fundación San Benito
de Alcántara



Serrano, 26.
28001 Madrid (España)
Tels.: (34) 91 577 65 00
(34) 91 576 80 29
Fax: (34) 91 784 21 68
e-mail: fundación.sanbenito@iberdrola.es
página web: www.fundacionsanbenito.com

PREMIO INTERNACIONAL PUENTE DE ALCÁNTARA

IX Convocatoria 2002-2004

— BASES DEL PREMIO —

La Fundación San Benito de Alcántara convoca el Premio Internacional Puente de Alcántara en su IX edición, que se otorgará de acuerdo con las siguientes bases:

- 1 A este Premio podrán optar las Obras Públicas (construcción o conjunto de construcciones de Ingeniería Civil) finalizadas entre el 1 de octubre de 2002 y el 30 de septiembre de 2004 en España, Portugal y países iberoamericanos.
- 2 El Puente de Alcántara, símbolo universal de la importancia cultural y tecnológica de las obras públicas de todos los tiempos, se considerará paradigma representativo de las características ideales de las obras a las que va dirigido este Premio que lleva su nombre.
El Jurado estimará, por tanto, de forma fundamental, la importancia cultural, tecnológica, estética, funcional y social de las obras que se presenten al concurso, así como la calidad técnica y estética de los proyectos y la perfección alcanzada en la ejecución de los mismos.
- 3 El Premio se otorgará conjuntamente a los promotores, proyectistas y constructores de la Obra Pública elegida. Estos tres destinatarios del Premio recibirán una idéntica distinción, consistente en una escultura original de Miguel Berrocal.
- 4 Podrán tomar la iniciativa para concursar a este Premio los promotores, proyectistas o constructores de las Obras Públicas, así como las Instituciones relacionadas con la Ingeniería Civil, en España, Portugal y países iberoamericanos.
- 5 Los candidatos al Premio deberán enviar sus propuestas a la sede de la Fundación San Benito de Alcántara en Madrid, calle de Serrano 26, no más tarde del 31 de octubre de 2004.
- 6 En la Documentación aneja a las propuestas presentadas deberá incluirse:
 - Motivación de la propuesta.
 - Ficha en la que consten todos los datos identificativos de la obra y autores (promotor, proyectista y constructor), así como presupuesto y programa de ejecución.
 - Material suficiente (planos, fotografías, etc.) para la más completa valoración de la obra por parte del Jurado.
- 7 El Jurado estará compuesto por representantes eminentes del mundo de la cultura y de la técnica de España, Portugal y de los países iberoamericanos.
- 8 El Jurado actuará colegiadamente y tomará sus acuerdos por mayoría de votos. En caso de empate en la segunda vuelta, el Presidente lo dirimirá mediante su voto de calidad.
- 9 Corresponde al Jurado la interpretación de las presentes bases y la resolución de cuantas cuestiones puedan presentarse en la adjudicación del Premio.
- 10 Las decisiones del Jurado serán inapelables y el Premio no podrá declararse desierto.
- 11 **Cuando en una convocatoria el Premio no haya recaído en alguna de las obras realizadas en los países iberoamericanos, el Jurado podrá conceder la "Mención Iberoamericana" del Premio Internacional Puente de Alcántara a la obra más destacada de las presentadas por aquellos países.**
- 12 Según las características de la obra premiada, la Fundación estimará la conveniencia de realizar una publicación sobre la misma.
- 13 El Premio se entregará en un acto solemne en el Convento de San Benito, en la villa de Alcántara (Cáceres), sede de la Fundación. El lugar podrá ser modificado si alguna circunstancia especial lo aconsejara.

Premio Internacional Puente de Alcántara

International Puente de Alcántara Award

IX edición

Convocatoria 2002–2004

Resumen: El "Premio Internacional Puente de Alcántara", instituido por la Fundación San Benito de Alcántara, tiene una periodicidad bienal, y está destinado a galardonar, dentro del ámbito iberoamericano, la obra pública que reúna a juicio del Jurado mayor importancia cultural, tecnológica, estética, funcional y social, teniendo en cuenta asimismo la calidad técnica y estética y perfección alcanzada en la ejecución del proyecto. El Premio se otorga compartidamente a la institución promotora, proyectistas y empresas constructoras de la obra premiada. En su IX Edición, el Premio Internacional Puente de Alcántara, correspondiente a la Península Ibérica ha sido otorgado a la obra "Aproveitamento Hidroeléctrico de Alqueva" sobre el río Guadiana en Portugal y el correspondiente a Latinoamérica a la obra "Proyecto Hidroeléctrico de Caruachi" sobre el río Caroní en Venezuela. También fue concedida una mención especial al "Proyecto de restauración del Pont Trençat" de Barcelona (España).

Resumo: O "Prémio Internacional Ponte de Alcantara", instituido pela Fundação San Benito de Alcantara, tem uma periodicidade bienal, e destina-se a galardoar, no ambito latinoamericano, a obra pública que, a critério do Júri, revista uma maior importancia cultural, tecnológica, estética, funcional e social, tendo em conta, também, la qualidade técnica e estética, assim como a perfeição do projecto. O Prémio e outorgado, de modo compartido, a entidade promotora, aos projectistas e as empresas construtoras da obra premiada. Na sua IX Edição, o Prémio Península Ibérica foi outorgado a obra "Aproveitamento Hidroeléctrico de Alqueva" no rio Guadiana em Portugal e o correspondente a Latinoamérica a obra "Proyecto Hidroeléctrico de Caruachi" no rio Caroní em Venezuela. Também foi outorgado uma Mención a obra "Proyecto de restauración del Pont Trençat" em Barcelona (España).

Abstract: The International "Puente de Alcántara" Award, given by the San Benito de Alcántara Foundation, is awarded every two years to the Ibero-American public work which the jury consider to have greater cultural, technological, aesthetical and functional and social merit, and one built with considerable technical quality, presence and perfection. The Award is shared between the promoting body, designers and contractors of the winning work. In its 9th Edition, the two prizes were awarded to hydroelectrical works, with the International "Puente de Alcántara" Award corresponding to the Iberian Peninsular being given to the "Aproveitamento Hidroeléctrico de Alqueva" over the river Guadiana in Portugal and the Latin-American prize going to the "Proyecto Hidroelectrico de Caruachi" over the River Caroni in Venezuela. The "Proyecto de restauración del Pont Trençat" bridge restoration project in Barcelona received special mention.





FUNDACION SAN BENITO DE ALCANTARA

*La Fundación
San Benito de Alcántara
se creó en 1985
para promover el entendimiento
y la colaboración entre España,
Portugal y la comunidad
de pueblos Iberoamericanos.
Tiene su sede en el Convento
de San Benito de Alcántara (Cáceres).*

*El espíritu de los pueblos Iberoamericanos se entrelaza
a través de la Fundación, con sus estudios de Investigación Histórica
y el premio Internacional Puente de Alcántara destinado
a galardonar Obras de Ingeniería Civil.*

*La Fundación organiza además reuniones científicas
y mantiene una línea de publicaciones de interés social y cultural.*

*Serrano, 26. 28001 Madrid. Telfs.: 91 576 80 29 - 91 577 65 00
www.fundacionsanbenito.com*

El Premio Internacional Puente de Alcántara



La Fundación San Benito de Alcántara fue constituida en 1985 por Hidroeléctrica Española, hoy Iberdrola, junto con la Orden Militar de Alcántara, la Diputación Provincial de Cáceres, el Ayuntamiento de Alcántara y la Cámara Oficial de Comercio e Industria de Cáceres.

Con motivo de la construcción de la presa José María de Oriol, sobre el río Tajo, a su paso por Alcántara, Hidroeléctrica Española adquirió el Convento de San Benito, sede de la Orden Militar de Alcántara y una de las joyas del renacimiento extremeño de mediados del siglo XVI, que se encontraba muy deteriorado, pasando seguidamente a su reconstrucción.

Dicho monumento se convirtió con posterioridad en sede de la Fundación y en lugar de encuentro de sus actividades: el estudio y la investigación histórica y cultural, con especial referencia a la promoción turística de Extremadura y al examen de su desarrollo empresarial, destacando el valor de la empresa como figura social interviniente en el desarrollo cultural, económico y social, y todo ello con una clara vocación iberoamericana.

Una de las primeras iniciativas de la Fundación fue la institución, en febrero de 1988,

del Premio Internacional Puente de Alcántara. Este Premio está destinado a galardonar, dentro del ámbito iberoamericano y con una periodicidad bienal, la obra pública (construcción o conjunto de construcciones de ingeniería civil) que reúna a juicio del Jurado mayor importancia cultural, tecnológica, estética, funcional y social, teniendo en cuenta asimismo la calidad técnica y estética y perfección alcanzada en la ejecución del proyecto. El Premio se otorga compartidamente a la institución promotora, autores de los proyectos y empresas constructoras de la obra premiada.

Para expresar las características ideales de la obra premiada, este Premio utiliza el símbolo del Puente Romano de Alcántara, que por su avanzada técnica en su tiempo y la función económico-social que ha venido desarrollando a lo largo de los siglos, se considera símbolo universal de la importancia cultural y tecnológica de las obras públicas de todos los tiempos y paradigma representativo de las características ideales de las obras a las que va dirigido este Premio que lleva su nombre.

El Jurado, de carácter mixto, está compuesto por representantes de instituciones, Reales Academias y personalidades emi-

nentes del mundo de la cultura y la técnica en el ámbito iberoamericano.

En su **I Edición** participaron 35 obras finalizadas en 1987 y 1988 pertenecientes a España, Portugal y países iberoamericanos. El Jurado determinó por unanimidad conceder el Premio Internacional Puente de Alcántara de esta I Convocatoria a la obra Puente de Tampico (México), de la que es promotor y autor del proyecto la Secretaría de Comunicaciones y Transportes del Gobierno Mexicano y constructor las empresas Construcciones y Edificaciones Mexicanas e Ingenieros Civiles Asociados.

El Jurado también decidió proponer a la Fundación San Benito de Alcántara la concesión de una mención honorífica al Puente "Bach de Roda" en Barcelona, de la que es promotor el Ayuntamiento de Barcelona, el autor del proyecto el Arquitecto-Ingeniero D. Santiago Calatrava y constructor la empresa OMSA.

La Fundación San Benito de Alcántara convocó en 1990 la **II Edición** del Premio Internacional Puente de Alcántara, al que pudieron optar las obras públicas finalizadas entre el 1 de enero de 1989 y el 31 de





En su I Edición participaron 35 obras finalizadas en 1987 y 1988 pertenecientes a España, Portugal y países iberoamericanos. El Jurado determinó por unanimidad conceder el Premio Internacional Puente de Alcántara de esta I Convocatoria a la obra "Puente de Tampico", en México. Asimismo concedió una Mención Honorífica a la obra "Puente Bach de Roda" en Barcelona.

El Jurado concedió el Premio de la II Convocatoria, en sesión celebrada en el Convento de San Benito el día 15 de enero de 1991, al "Puente Internacional San Roque González de Santa Cruz", sobre el río Paraná, en Argentina y la Mención Honorífica a la "Presa de La Serena" en Badajoz (España).

En reunión celebrada el 21 de septiembre de 1992, se tomó el acuerdo de conceder el Premio Internacional Puente de Alcántara, en su III Convocatoria, a la obra "Torre de Comunicaciones de Collserola", en Barcelona, España. Se concedió también un Accésit a la obra "Ponte S. Joao sobre río Douro" de Portugal.

El 17 de octubre de 1994, se concedió el Premio Internacional Puente de Alcántara 1994 en su IV Convocatoria al "Aprovechamiento Hidroeléctrico de Alto Lindoso y Touvedo", en Portugal. El Accésit fue para "Encauzamiento del río Segura desde la Contraparada (Murcia) hasta Guardamar de Segura (Alicante) y recuperación de los Sotos del río" (España).

julio de 1990. A esta Convocatoria del Premio se presentaron 17 obras.

El Jurado concedió el Premio de esta II Convocatoria, en sesión celebrada en el Convento de San Benito el día 15 de enero de 1991, al Puente Internacional "San Roque González de Santa Cruz", sobre el río Paraná, en Argentina. El promotor de esta obra es la Dirección Nacional de Vialidad, proyectistas los ingenieros Cabjolsky y Heckhausen y constructor el Consorcio COPPEN, formado por SIDECO AMERICANA, S.A. (Argentina), EACA (Argentina) y GIROLA, S.P.A. (Italia).

Asimismo se concedió una Mención Honorífica a la obra Presa de la Serena, sobre el río Zújar, en la provincia de Badajoz, de la que es promotora la Confederación Hidrográfica del Guadiana, proyectista D. Manuel Barragán Sebastián, y constructor la Agrupación Presa de la Serena (APS).

A la **III Edición** del Premio se presentaron cuarenta y cuatro obras finalizadas en el periodo 1 de agosto de 1990 a 31 de julio de 1992.

El Jurado, en reunión celebrada el 21 de septiembre de 1992, tomó el acuerdo de conceder el "Premio Internacional Puente de Alcántara", en su III Convocatoria, a la obra "Torre de Comunicaciones de Collsero-

la, Barcelona". El autor de este proyecto es el arquitecto Sir Norman Foster que comparte el Premio con el ingeniero de caminos D. Julio Martínez Calzón. La obra promovida por Torre de Collserola, S.A., fue construida por la empresa constructora Cubiertas y MZOV.

El Jurado propuso además a la Fundación la concesión de un Accésit a la obra "Ponte S. Joao sobre río Douro", promovida por el Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Comunicaciones de Portugal, de la que es proyectista el Profesor Edgar Cardoso.

A la **IV Edición** del Premio, para obras finalizadas en el periodo 1 de agosto de 1992 a 31 de julio de 1994, se presentaron cuarenta proyectos.

El Jurado, en reunión celebrada el 17 de octubre de 1994, acordó conceder el "Premio Internacional Puente de Alcántara 1994" en su IV Convocatoria al "Aprovechamiento Hidroeléctrico de Alto Lindoso y Touvedo" (Portugal). Su promotor es E.D.P. - Electricidade de Portugal, S.A. El proyectista es Hidrorumo - Projecto e Gestão, S.A. Los constructores han sido: ENGIL - Sociedade de Construção Civil, S.A.; Construções Técnicas, S.A.; SEOP - Sociedade de Empreitadas de Obras Públicas, S.A.; Sociedade de Construções Soares da Costa, S.A., y SOMAGUE - Sociedade de Construções, S.A.

Por unanimidad se acordó igualmente conceder un Accésit a la obra "Encauzamiento del río Segura desde la Contraparada (Murcia) hasta Guardamar del Segura (Alicante) y recuperación de los Sotos del río" (España), presentada por el Ministerio de Obras Públicas.

A la **V Convocatoria** del Premio, para obras finalizadas en el periodo 1 de julio de 1994 a 30 de junio de 1996, se presentaron cuarenta proyectos.

El Jurado, en reunión celebrada el 13 de enero de 1997, en la sede de la Fundación San Benito de Alcántara, en Alcántara (Cáceres), acordó conceder por unanimidad el Premio Internacional Puente de Alcántara en su V Convocatoria a la obra "Carretera Nacional 632 de Ribadesella a Luarca, tramo Novellana-Cadavedo", Asturias, España. Ha sido promotor de esta obra el "Ministerio de Fomento-Dirección General de Carreteras"; el proyecto de la misma ha sido realizado por la Demarcación de Carreteras del Estado en Asturias con la asistencia técnica de Apia XXI y ha sido Ferrovial, S.A. la empresa constructora.

El Jurado acordó también por unanimidad conceder un Accésit a la obra que había resultado finalista: "Autovía de Extremadura, tramo Almaraz-Jaraicejo", Cáceres, España.





El 13 de enero de 1997, se acordó conceder por unanimidad el Premio Internacional Puente de Alcántara en su V Convocatoria a la obra "Carretera Nacional 632 de Ribadesella a Luarca, tramo Novellana-Cadavedo", en Asturias, España. Otorgó también un Accesit a "Autovía de Extremadura. Tramo Almaraz-Jarajejo", en Cáceres (España).

El 12 de marzo de 1999, se concedió el Premio Internacional Puente de Alcántara en su VI Edición a la obra "Museo Guggenheim Bilbao", en España. Se otorgó también una Mención Especial a la obra "Proyecto de Irrigación de Chavimochic" en Perú.

El 13 de marzo de 2001, se acordó, por unanimidad, conceder el Premio Puente de Alcántara en su VII Edición a la obra "Ampliación de la red del Metro de Madrid", en España. La Mención Iberoamericana fue para "Pedraplén Caibaríen a Cayo Santa María" en Cuba.

El 22 de mayo de 2003, se acordó conceder el Premio Internacional Puente de Alcántara en su VIII Edición a la obra "Piedrafita: Puente de Comunicación. Autovía del Noroeste A-6. Tramo Villafranca del Bierzo-Cereixal", en España. Asimismo el jurado acordó otorgar la Mención Iberoamericana a la obra "Proyecto de Aprovechamiento Múltiple del río Mao", en la República Dominicana. También se concedió un Accesit a la obra "Dique Flotante de Abrigo, realizado en la Bahía de Algeciras para la ampliación del puerto de La Condamine en Mónaco".

A la **VI Convocatoria** del Premio, para obras finalizadas en el período 1 de julio de 1996 a 30 de junio de 1998, se presentaron treinta proyectos.

El Jurado, reunido en la sede de la Fundación San Benito de Alcántara (Cáceres) el día 12 de marzo de 1999, acordó conceder el Premio Puente de Alcántara en su VI Edición a la obra "Museo Guggenheim Bilbao" (España). Son promotores de la obra el Gobierno Vasco, la Diputación Foral de Vizcaya y el Ayuntamiento de Bilbao; el proyecto original es de Frank O. Ghery, y las empresas constructoras han sido Ferrovial-Lauki-Urssa; Idom, Promociones Balzola y Cimentaciones Abando.

El Jurado acordó igualmente otorgar una Mención Especial a la obra "Proyecto de Irrigación de Chavimochic" (Perú). El promotor de esta obra fue el INADE - Instituto Nacional del Desarrollo, el proyecto fue realizado por Cétec, S.A. - Olazábal y León, S.A., siendo las empresas constructoras Norberto Odebrecht, S.A. de Brasil y Graña y Montero, S.A., de Perú.

A la **VII convocatoria** del Premio, para obras finalizadas en el período 1 de julio de 1998 a 30 de septiembre de 2000, se presentaron treinta y seis proyectos.

El Jurado, reunido en la sede de la Fundación San Benito de Alcántara (Cáceres)

el día 13 de marzo de 2001, acordó, por unanimidad, conceder el Premio Puente de Alcántara en su VII Edición a la obra "Ampliación de la red del Metro de Madrid" (España) por la calidad técnica del proceso que ha permitido realizar una obra tan importante y dificultosa con la máxima seguridad, en un plazo extraordinariamente breve y a un costo muy inferior a los estándares internacionales aceptados. El Jurado ha considerado igualmente la belleza y funcionalidad de las instalaciones realizadas y, muy en especial, la trascendencia social del proyecto para los ciudadanos de Madrid, especialmente los residentes en los nuevos barrios periféricos, al contribuir a mejorar los graves problemas de transporte propios de una gran urbe en continuo crecimiento.

A la **VIII Convocatoria** del Premio, para obras finalizadas en el período 1 de octubre de 2000 a 30 de septiembre de 2002, se han presentado veintidos proyectos procedentes de Argentina (1), Brasil (2), Colombia (3), Ecuador (2), Portugal (3), República Dominicana (2) y España (9).

El Jurado, reunido en la sede de la Fundación San Benito de Alcántara (Cáceres) el día 22 de mayo de 2003, acordó conceder por mayoría el Premio Internacional Puente de Alcántara a la obra:

"Piedrafita: Puentes de comunicación. Autovía del Noroeste A-6. Tramo: Villafranca del Bierzo-Cereixal" (España) por la importancia social de la misma para la vertebración y el desarrollo de Galicia y sus grandes núcleos urbanos al lograr una comunicación rápida y segura de la región con el resto de España y con Europa, rompiendo así su tradicional aislamiento. Por la adecuada utilización de soluciones geotécnicas, imaginativas y audaces en una obra de gran complejidad desde el punto de vista técnico, que ha logrado una interacción ejemplar del trazado de la autovía con la difícil orografía de la zona y una adecuada protección de los espacios naturales y de las zonas de interés cultural relevante".

Ha sido promotor de la obra el Ministerio de Fomento, Dirección General de Carreteras; han intervenido en el proyecto la Demarcación de Carreteras del Estado en Galicia como proyectista, y Aepo, Euroestudios, Fernández Casado y Proyectos y Servicios como Ingenierías de apoyo; y la construcción ha sido realizada por las empresas NECSO, ACS, Tecca, OHL, Sacyr, FCC, Dragados y Ferrovial Agromán, S.A.

El Jurado acordó, por unanimidad, otorgar un Accesit del Premio a la obra: "Dique Flotante de Abrigo, realizado en la Bahía de Algeciras para la ampliación del





puerto de La Condamine en Mónaco" (España) por el carácter innovador de un proyecto que ofrece una moderna imagen de la ingeniería civil española, no sólo en el proceso constructivo realizado en una zona de gran capacidad de expansión industrial, como es la bahía de Algéciras, sino igualmente en el adecuado transporte del ingenio a 1.500 kms de distancia y en su ajustada colocación en el Principado de Mónaco.

Ha sido promotor de la obra el Estado de Mónaco, a través del Servicio de Obras Públicas; el Proyecto ha sido dirigido por la empresa Setec-7ps; y la construcción ha corrido a cargo de las empresas ATE: Bec Freres, Grupo Dragados, Fomento de Construcciones y Contratas, H. Triverio, S. M. M. T.

El Jurado, asimismo acordó, por unanimidad, otorgar la Mención Iberoamericana del Premio a la obra: "Proyecto de Aprovechamiento Múltiple del río Mao" (República Dominicana) por su impacto -ya comprobado en algunos aspectos de vital importancia- en el desarrollo econó-

Acto de entrega del Premio Internacional Puente de Alcántara a la obra "Piedrafita: Puentes de Comunicación. Autovía del Noroeste A-6. Tramo: Villafraña del Bierzo-Cereixal" (España).





mico de una zona tradicionalmente deprimida, a través de unas infraestructuras que contribuirán a paliar los déficits crónicos de agua y energía, mitigarán los efectos negativos de las riadas, disminuirán la erosión y promoverán el bienestar y el empleo en la región.

Ha sido promotor de la obra el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI) de la República Dominicana; han intervenido en el proyecto las empresas Ingenieros Consultores de Medellín (Colombia) y Hanson Rodríguez y los constructores han sido el Consorcio Ferrovial-Agromán, Conde y Unión Eléctrica Fenosa.

El Acto de entrega de la Mención Iberoamericana tuvo lugar el día 16 de septiembre de 2003, en el Palacio de El Pardo de Madrid.

El Acto estuvo presidido por S.A.R. el Infante Don Carlos, Presidente del Jurado y Patrono de la Fundación San Benito de Alcántara, que hizo entrega del premio al Excelentísimo Señor Presidente de la República Dominicana, D. Hipólito Mejía, quien, en nombre del Pueblo Dominicano



y en el suyo propio, dio las gracias a la Fundación San Benito de Alcántara.

Posteriormente, el miércoles 21 de enero de 2004, fue colocada en la propia Presa de Monción, la placa conmemorativa de la obra premiada.

El Acto de entrega del Accésit de esta VIII Convocatoria del Premio Internacional Puente de Alcántara, tuvo lugar el 18 de octubre de 2004 en la Bahía de Algeciras.

El Acto estuvo presidido por la Consejera de Obras Públicas y Transporte de la Comunidad Autónoma de Andalucía D^a Concepción Gutiérrez, y recibieron el galardón, el Presidente de la Autoridad Portuaria Bahía de Algeciras, D. Manuel Morón y los Presidentes de FCC Construcción y de Dragados, D. José Mayor Oreja y D. Juan Ernesto Pérez Moreno respectivamente.

Finalmente, el Acto de entrega del Premio de esta VIII Edición, tuvo lugar el 12 de Enero de 2005 en el Círculo de las Artes de la ciudad de Lugo.

El galardón fue entregado por S.A.R., el Infante Don Carlos a la Ministra de Fo-

Acto de entrega de la Mención Iberoamericana a la obra "Proyecto de Aprovechamiento Múltiple del río Mao" (República Dominicana).





Acto de entrega del Accessit a la obra "Dique Flotante de Abrigo, realizado en la Bahía de Algeciras, para la ampliación del puerto de La Condamine en Mónaco" (España).

mento, D^a Magdalena Álvarez, en calidad de promotor del proyecto; al Presidente de FCC Construcción, D. José Mayor Oreja, en representación de los constructores; al presidente de Euroestudios, D. Juan Herrera, en representación de los proyectistas. También recibió el galardón el Vicepresidente Segundo de la Xunta de Galicia, en representación de la Comunidad Autónoma de Galicia.

Asistieron al Acto, el Presidente de la Fundación San Benito de Alcántara, D. Jesús Medina; el Alcalde de Lugo, D. José López; el Presidente de la Diputación Provincial de Cáceres, D. Juan Andrés Tovar; el Presidente de Iberdrola, D. Íñigo de Oriol e Ybarra; el Alcalde de Alcántara, D. Pablo Herrero; todos ellos Patronos de la Fundación San Benito de Alcántara.

Tras la entrega del Premio, se procedió a la inauguración de una escultura conmemorativa de la concesión del Premio, situada en la futura área de descanso de El Cereixal, situada en el kilómetro 456 de la Autovía del Noroeste. ♦

IX Convocatoria del Premio

A la convocatoria de la IX Edición del Premio Internacional Puente de Alcántara, para obras finalizadas en el período 1 de octubre de 2002 a 30 de septiembre de 2004, se han presentado treinta y cuatro proyectos, de los que 20 se ubican en España, 2 en Portugal y 12 en Latinoamérica

Como en anteriores convocatorias, antes de la reunión del Jurado, se celebró la reunión del Comité de Análisis y Evaluación compuesta por:

- D. Vicente Santos Galán, Vicerrector de Asuntos Económicos de la Universidad Politécnica de Madrid.
- D. Luis Armada Martínez-Campos, Viceconsejero de Transportes e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid.
- D. José Calavera Ruiz, Presidente de INTEMAC.
- D. José María Fluxá Ceva, Presidente del Foro del Agua
- D. Juan Monjo Carrió, Director del Instituto Eduardo Torroja.
- D. Sandro Rocci Boccaleri, Profesor de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid.

Por la Fundación San Benito de Alcántara estuvieron presentes:

- D. Antonio Sáenz de Miera López, Director de la Fundación.
- D. Fernando Garay Morenés, Secretario General
- D. Nicolás Navalón García, Asesor Técnico de la Fundación,

El Comité de Análisis y Evaluación se reunió el día 19 de abril de 2005 en la sede de la Fundación, calle Serrano, 26, de Madrid, elaborando el correspondiente informe que junto con el resto de la información presentada, fue elevada al Jurado que, reunido el 28 de octubre de 2005, procedió, tras un detenido análisis de cada uno de los proyectos presentados, a la designación de los premiados conforme al Acta de la reunión del Jurado que ha continuación se transcribe.

Acta de la reunión del Jurado de la IX edición del "Premio Internacional Puente de Alcántara". Convocatoria 2002-2004

En la sede de la Fundación San Benito de Alcántara (Cáceres) a las 11 horas del día 28 de octubre de 2005, se reúne el Jurado del "IX Premio Internacional Puente de Alcántara", convocatoria 2002-2004, al cual pueden optar, según las bases establecidas, las obras públicas (construcción o conjunto de construcciones de ingeniería civil) finalizadas entre el 1 de octubre de 2002 y el 30 de septiembre de 2004 en España, Portugal y países Iberoamericanos.

Preside la reunión S.A.R. El Infante D. Carlos, y forman parte del Jurado: D. Leopoldo Calvo Sotelo, Ex-Presidente del Gobierno; D. Miguel Artola Gallego, Premio Príncipe de Asturias, Académico historiador; D. José Julián Barriga Bravo, Vicepresidente de Servimedia; D. Juan Francisco Duque Carrillo, Rector de la Universidad de Extremadura; D^a Rosina Gómez-Baeza Tinturé, Directora de Arco; D. Alberto Oliart Saussol, Presidente del Consejo Social de la Universidad de Extremadura; D. José Leandro Maranhã das Neves, Presidente de la Academia de Ingeniería de Portugal; D. Yago Pico de Coaña de Valicourt, Presidente de Patrimonio Nacional; D. José Miguel Santiago Castelo, Presidente de la Real Academia de Extremadura; actúa como secretario D. Antonio Sáenz de Miera, Director de la fundación San Benito de Alcántara.

Tras un detenido análisis de los treinta y cuatro proyectos presentados al Premio, y una vez examinada la documentación exhibida al efecto en el claustro del convento de San Benito, el Jurado acuerda conceder el "Premio Internacional Puente de Alcántara", correspondiente a la Península Ibérica, a la obra:

"APROVEITAMENTO HIDROELÉCTRICO DE ALQUEVA" sobre el río Guadiana en Portugal:

Por su contribución a la mejora económico-social de la región del Alentejo y al desarrollo energético de Portugal, al potenciar la interconexión eléctrica del país con España y el resto de Europa. Valora también el Jurado la armónica integración de la obra en su entorno, así como su aporte a la recuperación del patrimonio histórico de la región y a la





S.A.R. el Infante D. Carlos junto a Miguel Artola, Gallego, José Julián Barriga Bravo, Rosina Gómez-Baeza Tinturé, Alberto Oliart Saussol, Pilar Pérez Mogollón, José Leandro Maranh das Neves, Yago Pico de Coaña de Valicourt, José Miguel Santiago Castelo, Antonio Saénz de Miera, Fernando Garay Morenés y Nicolás Navalón García en el patio del convento de San Benito de Alcántara, sede de la Fundación.

mejora de la comunicación económica y cultural entre las dos orillas del Guadiana.

Es promotor de dicha obra la " Empresa de Desvolvimiento e Infraestructuras de Alqueva" (EDIA S.A.); el proyecto corresponde a Hidromuro, Proyecto e Gestao, S.A.- grupo EDP y las empresas constructoras han sido Sociedad de Empreitadas Adriano S.A. y construcción ACE agrupamento completar de empresas, SOMAGUE- Benito Pedroso- NEXO- Dragados, ACE.

El " Premio Internacional Puente de Alcántara" correspondiente a Latinoamérica fue concedido a la obra:

"PROYECTO HIDROELÉCTRICO CARUACHI"
sobre el río Caroní en Venezuela:

Por considerar que dicho proyecto, uno de los mayores complejos hidroeléctricos del mundo en época reciente, cons-



tituye un modelo de aprovechamiento energético de ríos de amplia extensión y gran caudal y está llamado a contribuir de forma sustancial al desarrollo económico y social de la Guayana venezolana y del conjunto del país.

Valora igualmente el Jurado la perfección técnica del proyecto en el que se han utilizado técnicas innovadoras y elementos de última generación, con respeto a las condiciones medioambientales del entorno.

Es promotor de la obra EDELCA (Electrificación del Caroní); el proyecto ha sido realizado por EDELCA en colaboración con HARZA y la construcción ha sido realizada por el consorcio DARA-VICA integrado por Dragados de España, ICA de México y VIALGA de Venezuela.

El Jurado acordó igualmente conceder una mención especial al proyecto **"PONT TRENCAT"** de Barcelona: por la conjunción lograda en su restauración entre el estilo propio del "pont romà" y el pasado histórico y las modernas técnicas constructivas.



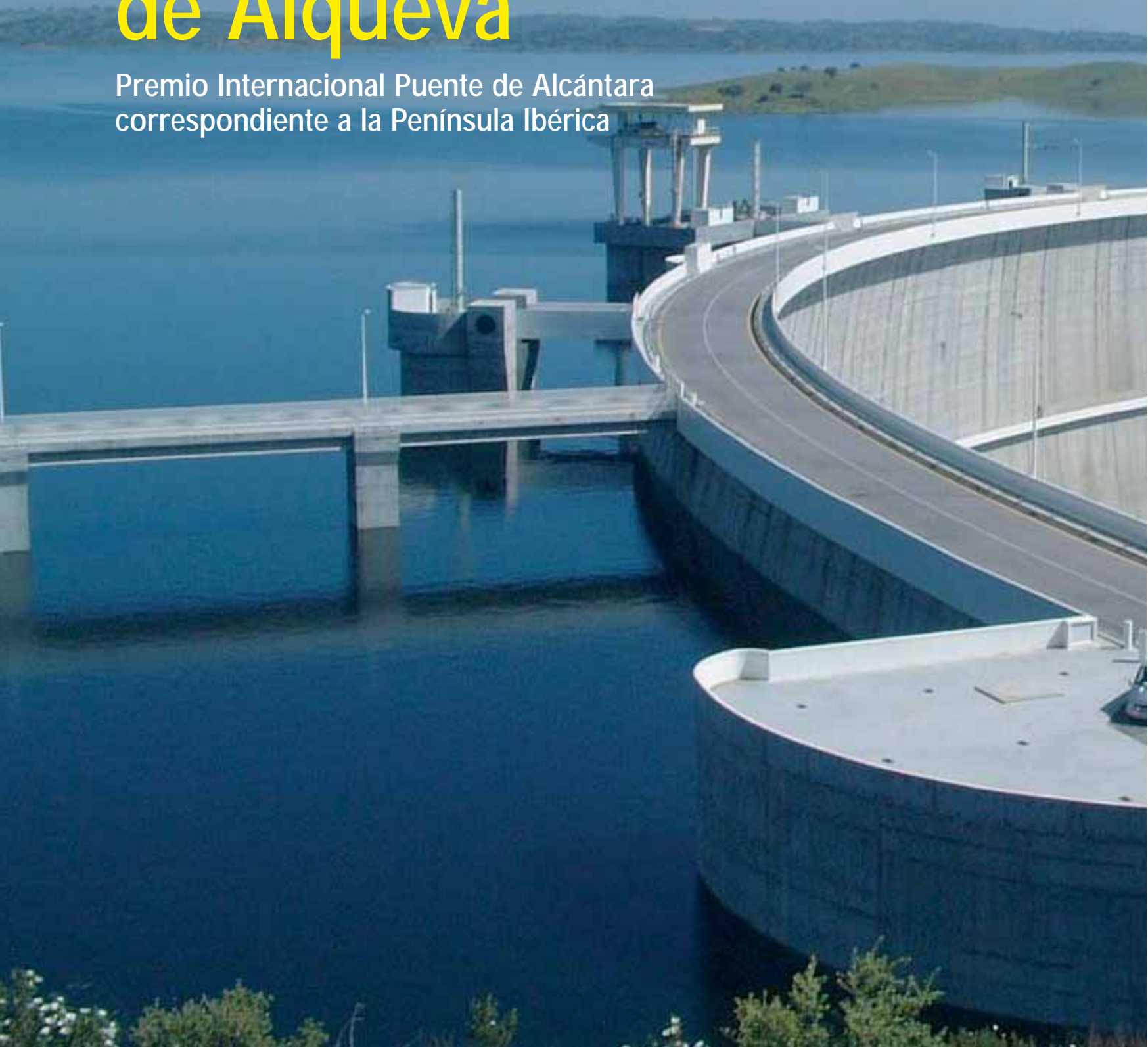
Son promotores de dicha obra los ayuntamientos de Sant Celoni y Santa Maria de Palautordera en convenio con la Associació Pont Romà 2000; el proyecto ha sido realizado por Xavier Font y ALFA POLARIS y la empresa constructora ha sido SAPIC, S.A. de Ingenierías y Construcciones.

Alcántara, 28 de octubre de 2005



Aproveitamento Hidroelétrico de Alqueva

Premio Internacional Puente de Alcántara
correspondiente a la Península Ibérica







Presas de Alqueva

Portugal

Rio / Guadiana	Capacidad de Embalse / 4.150 Hm ³
Altura / 96 m	Volumen de Hormigón / 1.100.000 m ³
Longitud de Coronación / 458 m	Central / Eléctrica a pie de presa
Tipo / Bóveda Planta Curva	Turbinas / 2 de 120 MW tipo francis reversible



Aproveitamento Hidroelétrico de Alqueva

Alqueva Hydroelectric Development

Resumen: La Presa de Alqueva, una infraestructura estratégica, de 96 metros de altura y 458 metros de coronación, con un volumen total de hormigón de 1.200.000m³, acoge el mayor embalse del continente europeo, con una capacidad máxima de 4.150hm³ de los cuales 3.150hm³ representan su capacidad utilizable. Forma un espejo de agua con cerca de 250km² y tiene una longitud total de 83km. Sus márgenes se extienden por unos 1.160km – más que la costa portuguesa. La solución diseñada para la presa de Alqueva es del tipo bóveda sencilla de doble curvatura, en hormigón, con estribos artificiales en las dos márgenes. En la zona del valle presenta una forma trapezoidal de acentuada anchura en el fondo, siendo la margen derecha un poco más abrupta que la izquierda. En la margen izquierda, el estribo artificial se justifica no sólo por las características geotécnicas y topográficas del macizo de fundación. El estribo de la margen izquierda ha sido diseñado para simetrizar la inserción de la bóveda en el valle, permitiendo incorporar uno de los aliviaderos de superficie.

Palabras clave: Aprovechamiento hidroeléctrico, Presa, Central, Alqueva, Albufera, Guadiana

Resumo: A Barragem de Alqueva, uma infra-estrutura estratégica, de 96 metros de altura e 458 metros de coroamento, com um volume de betão de 1.200.000m³, retém a maior albufeira do continente europeu, com uma capacidade máxima de 4.150hm³ dos quais 3.150hm³ representam a sua capacidade utilizável. Forma um espelho de água com cerca de 250km², e tem um comprimento total de 83km. As suas margens estendem-se por cerca de 1.160km - mais do que a costa portuguesa .

A solução projectada para a barragem de Alqueva é do tipo abóbada simples de dupla curvatura, em betão, com encontros artificiais nas duas margens. No local o vale apresenta uma forma trapezoidal de acentuada largura no fundo, sendo a margem direita um pouco mais abrupta do que a esquerda. Na margem esquerda, o encontro artificial justifica-se pelas características geotécnicas e topográficas do maciço de fundação. O encontro da margem esquerda foi concebido de modo a simetrizar a inserção da abóbada no vale, permitindo incorporar um dos descarregadores de superfície.

Palabras chave: Aproveitamento hidroeléctrico, Barragem, Central, Alqueva, Albufera, Guadiana

Abstract: The Alqueva Dam is a 96 m high and 458 m topped strategic infrastructure with a total concrete volume of 1,200,000 m³ housing the largest reservoir in Continental Europe with a maximum capacity of 4,150 hm³ and a usable capacity of 3,150 hm³. The reservoir has a water surface area of nigh on 250 km² and a total length of 83 km. The banks of the reservoir extend over 1,160 km which is larger than the Portuguese coastline.

The design solution for the Alqueva dam is that of a simple double curve arch dam with artificial abutments on both sides. In the valley area it is seen as a trapezoidal form with accentuated breadth at the base and where the right side is somewhat more abrupt than the left. On the left slope, the artificial abutment is required for more than just the geotechnical and topographical characteristics of the mass and has been designed to make the arch appear more symmetrical within the valley and allow the incorporation of one of the surface spillways.

Keywords: Hydroelectric Development, Dam, Power Plant, Alqueva, Albufera, Guadiana



El Proyecto de Fines Múltiples de Alqueva, situado en Portugal, en pleno Alentejo, ha sido desde siempre considerado como una herramienta fundamental y incuestionable para el desarrollo socioeconómico de la región.

Introducción

El Proyecto de Fines Múltiples de Alqueva, situado en Portugal, en pleno Alentejo, ha sido desde siempre considerado como una herramienta fundamental y incuestionable para el desarrollo socioeconómico de la región.

EDIA, Empresa de Desarrollo e Infraestructuras de Alqueva, S.A., una empresa de capitales exclusivamente públicos y cuya misión es la de construir el conjunto infraestructural del proyecto de Alqueva e intentar igualmente buscar e implementar fórmulas para el Desarrollo Económico y Social de la región en lo que referente a la sostenibilidad medioambiental, social y económica en su área de intervención, ha encontrado en las infraestructuras ya construidas, y en las que están todavía en fase de construcción, el instrumento catalizador de nuevos proyectos potenciadores del tan deseado desarrollo de la región del Alentejo.

Bien es verdad que los indicadores socioeconómicos y demográficos de esta región no han sido los más brillantes, todo lo contrario, han colocado sistemáticamente al Alentejo en la cola de las regiones más desfavorecidas del País... Tal vez los únicos indicadores positivos sean sus paisajes, su medio ambiente... sus potencialidades...

Y ha sido basándose en las potencialidades endógenas existentes que EDIA ha diseñado sus estrategias y líneas orientadoras para concretar el sueño del Alentejo: Que Alqueva sea el Motor del Desarrollo Regional.

La Presa de Alqueva, *Ex Libris* de un proyecto en alza; su embalse, el mayor Lago Artificial de Europa con 250 km² de superficie; sus 110 mil hectáreas de tierras regadas; su Central Hidroeléctrica o, resumidamente, el Agua, son realidades que abren caminos para otros proyectos que mueven voluntades y que generan sinergias, permitiendo antever desde ya que el Alentejo está en el buen camino para vencer su etapa más importante: la de afirmarse como una región con Futuro.

Alqueva, como un conjunto infraestructural y de caución que garantiza el agua en la región, es generadora de oportunidades jamás planteadas hasta el momento para el Alentejo.

El Agua, como elemento central del Gran Proyecto, es por sí misma una de las principales, incluso se podría decir la principal, áreas de negocio asociada al Proyecto. Desde su almacenamiento, distribución, pasando por el tratamiento y monitoriza-

Introdução

O Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva, localizado em Portugal, em pleno Alentejo, foi desde sempre considerado um instrumento fundamental e incontornável para o desenvolvimento sócio-económico da região.

A EDIA, Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva, S.A., sendo uma empresa de capitais exclusivamente públicos e estando-lhe acometida a missão, não só de construir o conjunto infra-estrutural do projecto de Alqueva mas também de procurar e implementar fórmulas para o Desenvolvimento Económico e Social da região, em respeito pela sustentabilidade ambiental, social e económica na sua área de intervenção, encontrou nas infraestruturas agora construídas e em construção, o instrumento catalizador para novos projectos potenciadores do tão desejado desenvolvimento sustentado do Alentejo.

De facto os indicadores sócio-económicos e demográficos desta região não têm sido favoráveis, bem pelo contrário, têm colocado o Alentejo, sistematicamente, na cauda das regiões mais desfavorecidas do País... Talvez os únicos indicadores positivos sejam a sua paisagem, o seu ambiente... as suas potencialidades...

E é através das potencialidades endógenas existentes que a EDIA definiu as estratégias e as linhas orientadoras para concretizar o sonho do Alentejo: Que Alqueva seja a Âncora do Desenvolvimento Regional.

A Barragem de Alqueva, Ex Libris de um projecto em ascensão; a sua albufeira, o maior Lago Artificial da Europa com 250 km² de superfície; os seus 110 mil hectares de terras regadas; a sua Central Hidroeléctrica ou, resumidamente, a Água, são realidades que rasgam caminhos para outros projectos, que movem vontades e criam sinergias, permitindo já hoje antever que o Alentejo está a caminho de vencer a sua mais importante etapa: a da afirmação de uma região com Futuro.

Alqueva, enquanto conjunto infra-estrutural e caução para a garantia de água na região, é gerador de oportunidades nunca até aqui equacionadas para o Alentejo.

A Água, enquanto elemento central do Grande Projecto, é por si só uma das principais, se não mesmo a principal, área de negócio associada ao Empreendimento. Desde o seu armaze-





ción, todo el “ciclo” del agua constituye el centro de un gran objetivo, creando y generando los dinamos empresariales asociados a él.

El Gran Lago de Alqueva, enmarcado por EDIA y por los municipios ribereños, dada su belleza y majestuosidad, sus incomparables características geográficas (83 Km. de longitud, 1 160 Km. de márgenes y 250 km² de superficie), lo convierten en un receptor de elección para inversiones turísticas de calidad y excelencia.

Pero el Agua tiene todavía otra función importante: la generación de energía.

De hecho, la Central Hidroeléctrica de Alqueva, hoy la tercera en potencia instalada en Portugal, la octava en producción media anual y la mayor hidroeléctrica a Sur del Tajo, constituye el “eje” principal de un conjunto de proyectos en el cual las Energías Renovables asumen una relevancia especial, constituyendo no sólo un área de negocio importante para la Empresa como también una oportunidad para que otras Empresas busquen aquí el espacio y las condiciones para el desarrollo de dicha actividad.

namento, distribuição, passando pelo seu tratamento e monitorização, todo o “ciclo” da água constitui o centro de um grande alvo, criando e gerando dinamos empresariais a ele associados.

O Grande Lago formado pela albufeira de Alqueva enquadrado pela EDIA e pelos municípios ribeirinhos, pela sua beleza e majestade, pelas suas incomparáveis características geográficas (83 km de comprimento, 1 160 km de margens e 250 km² de superfície), fazem dele um receptor de eleição para investimentos turísticos de qualidade e excelência.

Mas à Água é ainda acometida uma outra importante função: a geração de energia.

De facto, a Central Hidroeléctrica de Alqueva, hoje a terceira em potência instalada em Portugal, a oitava em produção média anual e a maior hidroeléctrica a Sul do Tejo, constitui o “eixo” principal de um conjunto de projectos onde as Energias Renováveis assumem especial relevância, constituindo não só uma importante área de negócio para a Empresa, como uma



Este Proyecto encuentra en el Aprovechamiento Hidroeléctrico de Alqueva el origen de agua de todo el Proyecto. Se trata de una Naciente que es capaz de suplir las necesidades de toda la región, desde el abastecimiento público hasta la agricultura e industria.

La energía Solar, aprovechando la región del País donde hay más horas de Sol al año, la expansión de mini Centrales Hídricas, la producción de biocombustibles, como el Biodiesel y el Bioetanol, o incluso la energía Eólica, son proyectos que EDIA ya ha puesto en marcha apostando de esta forma en la potenciación del Proyecto de Alqueva al mismo tiempo que consolida la región en el liderazgo de dichas tecnologías, contribuyendo a la convergencia de esfuerzos en la búsqueda del cumplimiento de las metas establecidas por las Directivas Comunitarias y por el Protocolo de Quito.

Si las Energías Renovables abren las puertas a la instalación de tecnología puntera en la región, y si consideramos la producción de biocombustibles, podemos entonces asociar a este proyecto otras actividades. Nos estamos refiriendo a las culturas energéticas, esenciales para la producción del "Gasóleo Verde" (el Biodiesel), o del alcohol (el Bioetanol).

Culturas agrícolas como el Girasol, el Maíz, la Remolacha, además de muchas otras, encuentran en el Espacio Alqueva unas condiciones únicas para un desarrollo efectivo asociado a la producción de dichos biocombustibles.

Pero en términos agrícolas las potencialidades no quedan por aquí.

Las opciones de los agricultores, de aquellos que viven en el Alentejo pero también de aquellos que deseen invertir aquí, se encuentran ahora ampliadas por el simple hecho, pero imprescindible, de que existe agua. Los perímetros de riego que instalará EDIA, 110 mil hectáreas, y los que ya existen, permiten a las culturas tradicionales importantes oportunidades para el cambio del modelo agrícola, abriendo sus puertas a nuevos productos y producciones.

Indisociables a este cambio agrícola están las oportunidades de instalación de Agro industrias, proyecto empresarial en desarrollo, que pretende crear el primer Parque Agro Industrial en la región. Son acuerdos estratégicos impulsores y que demuestran las potencialidades de una región bañada por las aguas del mayor lago artificial de Europa: Alqueva.

Estos son los deseos de un Proyecto basado en la sostenibilidad y en las nuevas tecnologías. Una sostenibilidad que se basa en una gestión medioambiental de todo el proceso respetando los valores Naturales y Patrimoniales de la región, con intervenciones proactivas, pero también ellas consideradas áreas de un

oportunidade para outras Empresas aqui procurarem o espaço e as condições para o desenvolvimento desta actividade.

A energia Solar, aproveitando a região do País onde é maior o número de horas de Sol anual, a expansão de mini Centrais Hídricas, a produção de biocombustíveis, como o Biodiesel e o Bioetanol, ou mesmo a energia Eólica, são projectos em curso pela EDIA que desta forma aposta na potenciação do Empreendimento de Alqueva ao mesmo tempo que afirma a região na liderança destas tecnologias, contribuindo para a convergência de esforços na procura do cumprimento das metas estabelecidas pelas Directivas Comunitárias e pelo Protocolo de Quioto.

Se as Energias Renováveis abrem as portas à instalação na região de tecnologia de ponta, e se considerarmos a produção de biocombustíveis, então podemos associar a este projecto outras actividades que se encontram a montante. Falamos das culturas energéticas, essenciais para a produção do "Gasóleo Verde", o Biodiesel, ou do álcool, o Bioetanol.

Culturas agrícolas como o Girassol, o Milho, a Beterraba, entre muitas outras, encontram no Espaço Alqueva condições únicas para um desenvolvimento efectivo associado à produção daqueles biocombustíveis.

Mas em termos agrícolas as potencialidades não terminam aqui.

As opções dos agricultores, dos que existem no Alentejo mas também dos que aqui queiram investir, encontram-se agora ampliadas pelo simples, mas imprescindível facto de existir água. Os perímetros de rega em instalação pela EDIA, 110 mil hectares, e os que já existem, vêm acrescentar às culturas tradicionais importantes oportunidades para a alteração do modelo agrícola, abrindo portas a novos produtos e produções.

Indissociável desta alteração agrícola estão as oportunidades de instalação de Agro indústrias, projecto empresarial em desenvolvimento, que pretende criar o primeiro Parque Agro Industrial na região. São parcerias estratégicas impulsionadoras e demonstrativas das potencialidades de uma região banhada pelas águas do maior lago artificial da Europa: Alqueva.

Estes são desideratos de um Projecto assente na sustentabilidade e nas novas tecnologias. Uma sustentabilidade que tem por base uma gestão ambiental de todo o processo no respeito pelos valores Naturais e Patrimoniais da região, com intervenções pró-activas, mas também elas consideradas áreas de



Este Proyecto encontra no Aproveitamento Hidroeléctrico de Alqueva a origem de água de todo o Empreendimento. Trata-se da Mãe d'Água capaz de suprir as necessidades de toda a região, desde o abastecimento público, passando pela agricultura e indústria.

negocio emergente en la sociedad del siglo XXI. Alqueva ha sido, y es, un pretexto para una mejora efectiva en las condiciones de saneamiento básico, la valorización de residuos y las recuperaciones urbanas y medioambientales en muchos de los núcleos poblacionales de su entorno más cercano.

Por todo ello, EDIA es ya una Empresa de referencia en el Sur de Portugal, y Alqueva en el Proyecto Multifunciones, Multidisciplinarios y Multiobjetivos, capaz de anticipar un Futuro basado en una realidad en construcción en el Presente.

La historia del proyecto

Traer al Alentejo el desarrollo y el progreso --que reestructure y diversifique el tejido empresarial y el empleo, que fije a la población, que mejore la calidad de vida, que preserve y valore el patrimonio natural y cultural-- colocando la región en los niveles de desarrollo medios de Portugal, ha sido el gran factor movilizador que ha llevado a la implantación del Proyecto de Fines Múltiplos de Alqueva.

El Proyecto de Alqueva, la mayor inversión pública que está teniendo lugar en Portugal, se presenta como un Proyecto pluridisciplinario, con características amplias y únicas, para la región del Alentejo.

Centrado en la Presa de Alqueva, en el río Guadiana, este es un Proyecto estructurante que se asume como una herramienta base para el desarrollo de una región desfavorecida y como un motor más para el crecimiento del País.

Este Proyecto encuentra en el Aprovechamiento Hidroeléctrico de Alqueva el origen de agua de todo el Proyecto. Se trata de una Naciente que es capaz de suprir las necesidades de toda la región, desde el abastecimiento público hasta la agricultura e industria.

Las primeras referencias relativas a la necesidad de crear una reserva estratégica de agua en el Río Guadiana datan de hace 100 años por lo menos, pero sólo a finales de la década de los cincuenta el Proyecto empieza a ganar forma gracias al Plan de Riega del Alentejo. Se pretendía por entonces construir una enorme presa que fuese el origen del agua para un conjunto de infraestructuras de riega, permitiendo así el desarrollo de la agricultura alentejana.

um negócio emergente na sociedade do século XXI. Alqueva foi, e é, um pretexto para uma melhoria efectiva nas condições de saneamento básico, valorização de resíduos e recuperações urbanas e ambientais em muitos dos aglomerados populacionais na sua envolvente mais próxima.

A EDIA transforma-se assim numa Empresa de referência no Sul de Portugal, e Alqueva no Projecto Multifunções, Multidisciplinar e Multiobjectivos, capaz de antecipar o Futuro assente na realidade em construção no Presente.

A história do projecto

Trazer ao Alentejo o desenvolvimento e o progresso --que reestructure e diversifique o tecido empresarial e emprego, fixe a população, melhore a qualidade de vida, preserve e valorize o património natural e cultural-- colocando a região nos níveis de desenvolvimento médios de Portugal, foi o grande factor mobilizador que levou à implementação do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva.

O Empreendimento de Alqueva, o maior investimento público em curso em Portugal, apresenta-se como um Projecto pluridisciplinar, de características vastas e únicas, para a região Alentejo.

Centrado na Barragem de Alqueva, no rio Guadiana, este é um Projecto estruturante e assume-se como instrumento âncora para o desenvolvimento de uma região desfavorecida, e como mais um motor para o crescimento do País.

Este Projecto encontra no Aproveitamento Hidroeléctrico de Alqueva a origem de água de todo o Empreendimento. Trata-se da Mãe d'Água capaz de suprir as necessidades de toda a região, desde o abastecimento público, passando pela agricultura e indústria.

As primeiras referências quanto à necessidade de criar uma reserva estratégica de água no Rio Guadiana datam de há pelo menos 100 anos, mas, só no final da década de cinquenta, o Projecto ganha forma, com o Plano de Rega do Alentejo. Pretendia-se então, construir uma grande barragem que fosse a origem de água para um conjunto de infra-estruturas de rega, que permitissem o desenvolvimento da agricultura alentejana.



La crisis petrolífera de la década de los setenta colocó el País ante la necesidad de incrementar el número de centrales hidroeléctricas para la producción de energía, llevando a que dicha opción se añadiera al Proyecto inicial de Alqueva.

La crisis petrolífera de la década de los setenta colocó el País ante la necesidad de incrementar el número de centrales hidroeléctricas para la producción de energía, llevando a que dicha opción se añadiera al Proyecto inicial de Alqueva.

En 1975 el Gobierno aprueba la realización del Proyecto y, un año más tarde, se ponen en marcha las primeras obras en el local de la Presa de Alqueva,

se introdujeron las ataguías, túnel de desviación provisional del río, los accesos y las instalaciones de apoyo a la contrata. Estas obras se interrumpieron en 1978.

En 1992, ya después de la entrada de Portugal en la Unión Europea, el Proyecto fue reevaluado y aprobado. Surge entonces el Proyecto de Fines Múltiples de Alqueva, un Proyecto multisectorial y con multiobjetivos, donde, además de las vertientes agrícola y energética, se identificaron distintas áreas de intervención con potencial plus valías económicas, sociales y medioambientales, convirtiéndolo en un Proyecto Integrado para el Desarrollo Regional.

En 1993 el Gobierno anuncia el reanudar de los trabajos y en 1995 es creada EDIA, S.A., una sociedad anónima de capitales exclusivamente públicos que, además de ser responsable de la construcción de las infraestructuras, queda igualmente responsable del proceso de desarrollo de las mismas. Todavía en el mismo año se ponen en marcha las primeras obras y en 2003 se concluye la Contrata de Construcción de la Presa y Central de Alqueva. Sin embargo, en febrero de 2002 ya estaban creadas las condiciones para iniciar el llenado del embalse, habiéndose procedido al traslado de toda una comunidad, la *Aldeia da Luz*, lo cual constituyó el culminar de un proceso que comenzó con la construcción integral de una aldea nueva.

Marco territorial

El Proyecto de Fines Múltiples de Alqueva se sitúa en el interior del Alentejo, en el río Guadiana, un río internacional compartido con España.

Este Proyecto abarca diecinueve municipios, correspondiendo a un área de unas 900 mil hectáreas.

El Alentejo es una de las regiones más preservadas de Portugal, distinguiéndose por sus planicies amplias interrumpidas, esporádicamente, por sierras de pequeña dimensión.

A crise petrolífera da década de 70 trouxe ao País a necessidade de aumentar o número de centrais hidroeléctricas para produção de energia, levando a que essa opção fosse acrescentada ao Projecto inicial de Alqueva.

Em 1975 o Governo aprova a realização do Projecto e, um ano mais tarde, avançam as primeiras obras no sítio da Barragem de Alqueva, tendo sido concluídas as ensecadeiras, o túnel de desvio provisório do rio, os acessos e as instalações de apoio à empreitada. Obras estas que foram interrompidas em 1978.

Em 1992, já depois da entrada de Portugal na União Europeia, o Projecto foi reavaliado e aprovado. Surge então o Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva, um Projecto multi-sectorial e com multiobjectivos, onde, para além das vertentes agrícola e energética, foram identificadas várias áreas de intervenção com potenciais valias económica, social e ambiental, fazendo dele um Projecto Integrado para o Desenvolvimento Regional.

Em 1993 o Governo anuncia a retoma dos trabalhos e em 1995 é criada a EDIA, S.A., sociedade anónima de capitais exclusivamente públicos que, para além da responsabilidade em construir as infra-estruturas, fica igualmente responsável pelo processo de desenvolvimento a ele associado. Ainda nesse ano avançam as primeiras obras e em 2003 é concluída a Empreitada de Construção da Barragem e Central de Alqueva. No entanto, em Fevereiro de 2002 estavam criadas as condições para dar início ao enchimento da albufeira, tendo-se procedido à mudança de uma comunidade inteira, a Aldeia da Luz, constituindo o culminar de um processo que começou com a construção integral de uma nova aldeia.

Enquadramento territorial

O Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva situa-se no interior do Alentejo, no rio Guadiana, um rio internacional partilhado com Espanha.

A influência deste Empreendimento abrange 19 concelhos, correspondendo a uma área de cerca de 900 mil hectares.

O Alentejo é uma das mais preservadas regiões de Portugal, distinguindo-se pelas suas vastas planícies, interrompidas, esporadicamente, por algumas serras de pequena dimensão.





La región Alentejo se caracteriza por sus grandes asimetrías socioeconómicas con relación al País y a la Unión Europea. El desarrollo medio *per capita* de la región representa un 70% de la media nacional, situándose entre las más desfavorecidas de la Unión Europea.

Con unos 526 mil habitantes, el Alentejo representa un 5,1% de la población residente en todo el territorio nacional. La densidad poblacional, con 19,6 hab/km², es bastante inferior a la densidad poblacional de Portugal continental (112,4 hab/km²), este hecho se debe, también, a la gran extensión territorial de la región, con 2.700 mil hectáreas, que corresponde a un 30% del territorio nacional aproximadamente.

La tasa de paro es superior al 8%, significativamente desnivelada en comparación con el resto del País – cerca de un 6,5% - siendo la más elevada en el ámbito nacional.

Predomina la actividad económica del sector terciario pero, sin embargo, se constata un mayor peso de la actividad del sector primario, en comparación con el resto del País.

Infraestructuras

El Proyecto de Fines Múltiplos de Alqueva tiene como directriz primaria el desarrollo integrado y armonioso de la región en la que se encuentra, partiendo de la utilización sostenible de sus recursos naturales.

Su elemento principal es el Aprovechamiento Hidroeléctrico de Alqueva, formado por la Presa y la Central Hidroeléctrica.

Forman igualmente parte de los principales componentes infraestructurales de este Proyecto la Presa y la Central de Pedrógão, la Estación de Elevación de los Álamos, y todo un Sistema Global de Riega con 46 presas y depósitos de agua y 65 estaciones de elevaciones que se desarrollan en un área de 110.000 Ha.

La Presa de Pedrógão, de perfil-tipo gravedad en hormigón compactado es una infraestructura de contraembalse ubicada a 23 Km. de la Presa de Alqueva cuyo embalse de agua es el destinatario de los caudales turbinados en Alqueva.

Los grupos que equipan la Central de Alqueva, y que son reversibles, podrán bombear el agua de regreso al embalse de Alqueva, permitiendo su reutilización y, consecuentemente, contribuyendo a rentabilizar la producción de energía eléctrica.

A região Alentejo é caracterizada pelas fortes assimetrias sócio-económicas face ao resto do País e da União Europeia. O desenvolvimento médio per capita da região é de cerca de 70% da média nacional, cotando-se entre as mais desfavorecidas na União Europeia.

Com cerca de 526 mil habitantes, o Alentejo representa 5,1% da população residente em todo o território nacional. A densidade populacional, com 19,6 hab/km², é bastante inferior à densidade populacional de Portugal continental (112,4 hab/km²), este facto deve-se também à grande extensão territorial da região, com 2.700 mil hectares, correspondente a cerca de 30% do território nacional.

A taxa de desemprego é superior a 8%, significativamente desnivelada face ao resto do País –cerca de 6,5%– afirmando-se como a mais elevada a nível nacional.

Predomina a actividade económica do sector terciário, denotando-se, contudo, um maior peso da actividade do sector primário, face ao resto do País.

Infraestructuras

O Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva tem como directriz primária o desenvolvimento integrado e harmonioso da região em que se insere, a partir da utilização sustentável dos seus recursos naturais.

O seu elemento principal é o Aproveitamento Hidroeléctrico de Alqueva, composto pela Barragem e Central Hidroeléctrica.

Entre as principais componentes infra-estruturais deste Projecto, fazem igualmente parte a Barragem e Central de Pedrógão, a Estação Elevatória dos Álamos, e todo um Sistema Global de Rega com 46 barragens e reservatórios e 65 estações elevatórias, que se desenvolve por uma área de 110.000ha.

A Barragem de Pedrógão, de perfil-tipo gravidade em betão compactado –única no País–, é uma infra-estrutura de contraembalse, situada a 23km da Barragem de Alqueva, cuja albufeira é destinatária dos caudais turbinados em Alqueva.

Os grupos que equipam a Central de Alqueva, sendo reversíveis, poderão bombear a água de volta para a albufeira de Alqueva, permitindo a sua reutilização e, consecuentemente, contribuir para rentabilizar a produção de energia eléctrica.



La inversión realizada en proyectos asociados o inducidos por el Aprovechamiento Hidroeléctrico de Alqueva es de cerca de 200 millones de euros y se estima que llegue a superar los 1.800 millones de euros hasta 2025. En su globalidad, la inversión en el Proyecto de Fines Múltiples de Alqueva totalizará unos 2.700 millones de euros.

La Infraestructura de Pedrógão está equipada con una central minihídrica con dos grupos de 5 MW cada uno.

La Estación de Elevación de los Álamos, una obra de referencia obligatoria en este Proyecto y la mayor de este tipo en Europa, es el órgano de aducción de agua de Alqueva a las presas de los Álamos, y a partir de ahí al subsistema de riego de Alqueva.

La toma de agua de la Estación de elevación tiene 40m de altura y está preparada para poder equiparse con 6 grupos de bombeo, cada uno con un caudal nominal de 6,88m³/s.

El Sistema Global de Riego ya está regando actualmente más de 6.000 Ha, apoyado por 3 presas de regulación, 4 bloques de riego, 4 estaciones de elevación, una red de carreteras con una extensión aproximada de 56 Km., redes de drenaje y eléctrica y un sistema de telegestión y automatización mientras transcurren las obras para equipar otra área más con cerca de 8 000 Ha.

El Sistema Global de Riego es organizado en tres subsistemas: Alqueva en que la aducción se hace a partir de la Estación de Elevación de los Álamos, ubicada en una ramificación del embalse de Alqueva y que permitirá una área de riego de 60.595 Ha; Ardila y Pedrógão con aducción aguas abajo a partir de esta Presa de contra embalse, respectivamente para la margen izquierda y derecha del Guadiana y regando 20.080 y 28.610 Ha.

Cuando quede concluido totalmente, el Sistema Global de Riego tendrá un conjunto de tuberías enterradas con una extensión de 2.240 Km., y equipará un área de riego con 110.000 Ha, formada por 31 depósitos de agua y 56 estaciones de elevación. Para el abastecimiento de este sistema se está montando la Red Primaria de Transporte y Aducción, con 326 Km., constituida por 15 presas y 9 estaciones de elevación.

El futuro

La inversión realizada en proyectos asociados o inducidos por el Aprovechamiento Hidroeléctrico de Alqueva es de cerca de 200 millones de euros y se estima que llegue a superar los 1.800 millones de euros hasta 2025. En su globalidad, la inversión en el Proyecto de Fines Múltiples de Alqueva totalizará unos 2.700 millones de euros.

Además de su componente infraestructural, este Proyecto se distingue de los restantes proyectos de naturaleza pública de apro-

A Infra-estrutura de Pedrógão está equipada com uma central mini-hídrica com dois grupos, de 5 MW cada.

A Estação Elevatória dos Álamos, uma obra de referência obrigatória neste Projecto e a maior do género na Europa, é o órgão de adução da água de Alqueva para as barragens dos Álamos, e daí para o subsistema de rega de Alqueva.

A tomada de água da Estação Elevatória tem 40m de altura e está preparada para ser equipada com 6 grupos de bombagem, cada um deles com um caudal nominal de 6,88m³/s.

O Sistema Global de Rega, já se encontra a regar mais de 6.000ha, apoiado por 3 barragens de regularização, 4 blocos de rega, 4 estações elevatórias, uma rede viária com uma extensão aproximada de 56km, redes de drenagem e eléctrica e um sistema de telegestão e automatização enquanto decorrem as obras para equipar mais uma área com perto de 8 000 ha.

O Sistema Global de rega é composto por três sub-sistemas, o do Alqueva, do qual a adução se faz a partir da estação Elevatória dos Álamos, localizada num braço da albufeira de Alqueva e que permitirá uma área de rega de 60.595 ha, e os do Ardila e Pedrógão, com adução a jusante a partir desta Barragem de contra-embalse, respectivamente para a margem esquerda e direita do Guadiana e regando 20.080 e 28.610 ha.

Quando concluído totalmente, o Sistema Global de Rega terá um conjunto de condutas enterradas com uma extensão de 2.240 km, e equipará uma área de rega com cerca de 110.000ha, composta por 31 reservatórios e 56 estações elevatórias. Para abastecimento deste sistema, está a ser montada a Rede Primária de Transporte e Adução, com 326km, composta por 15 barragens e 9 estações elevatórias.

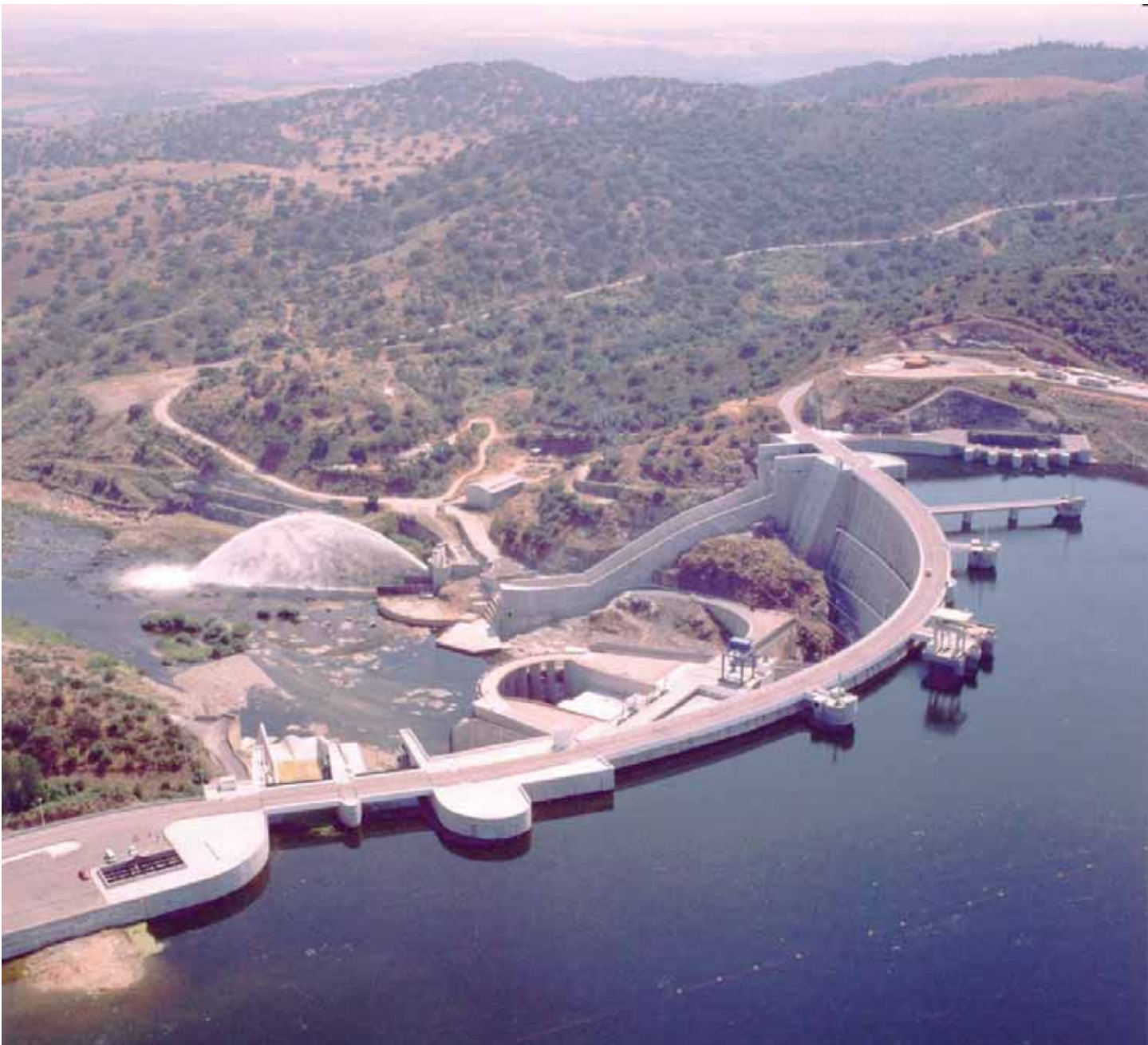
O futuro

O investimento realizado em projectos associados ou induzidos pelo Aproveitamento Hidroeléctrico de Alqueva é de cerca de 200 milhões de euros e estima-se que venha a ultrapassar os 1.800 milhões de euros, até 2025. No global, o investimento no Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva, ascenderá a cerca de 2.700 milhões de euros.

Além da componente infra-estrutural, este Empreendimento diferencia-se de outros empreendimentos de natureza pública



O investimento realizado em projectos associados ou induzidos pelo Aproveitamento Hidroeléctrico de Alqueva é de cerca de 200 milhões de euros e estima-se que venha a ultrapassar os 1.800 milhões de euros, até 2025. No global, o investimento no Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva, ascenderá a cerca de 2.700 milhões de euros.



La Presa de Alqueva, una infraestructura estratégica, de 96 metros de altura y 458 metros de coronación, con un volumen total de hormigón de 1.200.000m³, acoge el mayor embalse del continente europeo, con una capacidad máxima de 4.150hm³ de los cuales 3.150hm³ representan su capacidad utilizable.

vechamiento de los recursos hídricos en el País dada su concepción de Fines Múltiples que tiene como objetivo alcanzar la promoción del desarrollo integrado, económico y social de la región.

La implementación del Aprovechamiento Hidroeléctrico de Alqueva surge asociada a la necesidad de desarrollar la agricultura regional mediante un sistema de regadío. El objetivo global ha pasado por crear una reserva estratégica de agua, que posibilitara el abastecimiento a las poblaciones, a las industrias y a las culturas agrícolas.

Hoy día dicho objetivo es más amplio. La Presa de Alqueva ha aportado mucho más al Alentejo. El Proyecto se consolida, ahora, como una referencia para el desarrollo de la región, donde pontifican actividades en los siguientes sectores: agua, energías renovables, agricultura y agroindustrias, turismo, medio ambiente, innovación y tecnología.

Han sido creadas las condiciones para realizar en el Alentejo un conjunto de proyectos relacionados con las energías renovables: eólica, solar, hidroeléctrica y biocombustibles. De este modo, se contribuye igualmente al objetivo común de alcanzar, en 2010, una cuota del 12% de la energía renovable para el total de energía consumida en la Comunidad Europea.

Se ha desarrollado el potencial de evolución a nivel turístico. El Gran Lago de Alqueva es una referencia en Portugal y en el mundo y que se afirma como el catalizador de oportunidades e inversiones que favorecen en mucho la región y el País.

El Proyecto de Alqueva es, así, un Proyecto estratégico para el desarrollo del Alentejo. En este proyecto asienta el crecimiento de nuevas áreas de negocio, que traerán nuevos rumbos y harán posible el progreso de la región.

Aprovechamiento hidroeléctrico de Alqueva

Presa de Alqueva

La Presa de Alqueva, una infraestructura estratégica, de 96 metros de altura y 458 metros de coronación, con un volumen total de hormigón de 1.200.000m³, acoge el mayor embalse del continente europeo, con una capacidad máxima de 4.150hm³ de los cuales 3.150hm³ representan su capacidad utilizable. Forma un espejo de agua con cerca de 250km² y tiene una longitud

de aproveitamento dos recursos hídricos no País, pela sua concepção de Fins Múltiplos, visando promover o desenvolvimento integrado, económico e social da região.

A implementação do Aprovechamiento Hidroeléctrico de Alqueva surge associada à necessidade de desenvolver a agricultura regional, através de um sistema de regadío. O objectivo global passou por constituir uma reserva estratégica de água, que possibilitasse o abastecimento às populações, às indústrias e às culturas agrícolas.

Hoje esse objectivo é mais lato. A Barragem de Alqueva veio trazer muito mais ao Alentejo. O Empreendimento afirma-se, agora, como uma referência no desenvolvimento para a região, onde pontificam actividades nos sectores: água, energias renováveis, agricultura e agro-indústrias, turismo, ambiente e, inovação e tecnologia.

Criaram-se as condições para instalar no Alentejo um conjunto de projectos relacionados com as energias renováveis: eólica, solar, hidroeléctrica e biocombustíveis. Com isto, contribuiu-se, também, para o objectivo comum de alcançar, em 2010, uma quota de 12% da energia renovável para o total de energia consumida na Comunidade Europeia.

Desenvolveu-se o potencial de evolução a nível turístico. O Grande Lago de Alqueva é uma referência em Portugal e no mundo e afirma-se como um catalizador de oportunidades e investimentos, que em muito poderão favorecer a região e o País.

O Empreendimento de Alqueva é, assim, um Projecto estratégico para o desenvolvimento do Alentejo. É nele que assenta o crescimento de novas áreas de negócio, que trarão um novos rumos, e irão viabilizar o progresso da região.

Aproveitamento hidroeléctrico de Alqueva

Barragem de Alqueva

A Barragem de Alqueva, uma infra-estrutura estratégica, de 96 metros de altura e 458 metros de coroamento, com um volume de betão de 1.200.000m³, retém a maior albufeira do continente europeu, com uma capacidade máxima de 4.150hm³ dos quais 3.150hm³ representam a sua capacidade utilizável. Forma um espelho de água com cerca de 250km², e tem um



A Barragem de Alqueva, uma infra-estrutura estratégica, de 96 metros de altura e 458 metros de coroamento, com um volume de betão de 1.200.000m³, retém a maior albufeira do continente europeu, com uma capacidade máxima de 4.150hm³ dos quais 3.150hm³ representam a sua capacidade utilizável.



total de 83km. Sus márgenes se extienden por unos 1.160km – más que la costa portuguesa

La solución diseñada para la presa de Alqueva es del tipo bóveda sencilla de doble curvatura, en hormigón, con estribos artificiales en las dos márgenes. En la zona del valle presenta una forma trapezoidal de acentuada anchura en el fondo, siendo la margen derecha un poco más abrupta que la izquierda. En la margen izquierda, el estribo artificial se justifica no sólo por las características geotécnicas y topográficas del macizo de fundación. El estribo de la margen izquierda ha sido diseñado para simetrizar la inserción de la bóveda en el valle, permitiendo incorporar uno de los aliviaderos de superficie.

La bóveda tiene una altura máxima de 96,0 m, una relación cuerda/altura de 3,3 y un volumen total de hormigón de 537.000 m³. Sus arcos horizontales, de directriz parabólica, son simétricos, teniendo el arco de coronación un desarrollo de 348,0 m y una espesura constante de 7,0 m, mientras que el arco de la base, con 140,26 m de desarrollo, presenta una espesura que varía entre 30,0 m en el cierre (valor teórico) y 33,00 m en el inicio. En contacto con la fundación a lo largo de las pendientes, la espesura

comprimento total de 83km. As suas margens estendem-se por cerca de 1.160km - mais do que a costa portuguesa .

A solução projectada para a barragem de Alqueva é do tipo abóbada simples de dupla curvatura, em betão, com encontros artificiais nas duas margens. No local o vale apresenta uma forma trapezoidal de acentuada largura no fundo, sendo a margem direita um pouco mais abrupta do que a esquerda. Na margem esquerda, o encontro artificial justifica-se pelas características geotécnicas e topográficas do maciço de fundação. O encontro da margem esquerda foi concebido de modo a simetrizar a inserção da abóbada no vale, permitindo incorporar um dos descarregadores de superfície.

A abóbada tem uma altura máxima de 96,0 m, uma relação corda/altura de 3,3, e um volume total de betão de 537.000 m³. Os seus arcos horizontais, de directriz parabólica, são simétricos, tendo o arco do coroamento um desenvolvimento de 348,0 m e uma espesura constante de 7,0 m, enquanto o arco da base, com 140,26 m de desenvolvimento, tem uma espesura que varia entre 30,0 m no fecho (valor teórico) e 33,00 m nas nascenças. No contacto com a fundação ao longo das encostas, a espesura



La Presa, con coronación situada a la cota 154 m y está equipada, en términos de órganos de seguridad, con tres aliviaderos de superficie, dos de medio fondo y un desagüe de fondo.

de la bóveda varía entre 33,0 m en el fondo del valle y 21,32 m junto a los estribos. El estribo de la margen izquierda tiene 50,0 m de desarrollo y una altura variable entre 52,50 m y 39,0 m, mientras que en la margen derecha el estribo con 60,0 m de desarrollo tiene una altura que varía entre 52,50 y 27,0 m.

La Presa, con coronación situada a la cota 154 m y está equipada, en términos de órganos de seguridad, con tres aliviaderos de superficie, dos de medio fondo y un desagüe de fondo. Estos órganos, dimensionados en conformidad con la grandiosidad del proyecto, se destinan a dar a la Presa la capacidad necesaria de vaciado en el momento en que se superen los valores de NPA (Nivel de Pleno Almacenamiento), situado a la cota 152 m y además, siempre y cuando se registren valores elevados de afluencia de caudales, este dato está en permanente monitorización.

Órganos de desagüe

La solución adoptada para los órganos de desagüe está constituida por:

- Dos aliviaderos de superficie en canal, de tipo frontal, uno con sólo una portada integrado en el estribo derecho de la presa y otro con dos situado en posición adyacente al estribo izquierdo, con capacidades máximas de desagüe de 2100 m³/s y 2x2100 m³/s respectivamente. Cada aliviadero de superficie está formado por una zona de aproximación del vaciado, una estructura de entrada, un canal y una estructura terminal. Las entradas están constituidas por zampeados frontales, dotadas de compuertas segmento con 19 m de anchura y 14 m de altura y maniobradas por servomotores.
- Dos aliviaderos de medio-fondo constituidos por orificios que atraviesan la bóveda, cada uno con una capacidad máxima de desagüe de 1.750 m³/s. Las estructuras de entrada se disponen en consola con relación a la presa y los orificios tienen una sección corriente de 7x9 m² y una longitud de 35 m, estando provistos a la salida de las compuertas con un segmento para regulación de caudales.
- Un desagüe de fondo instalado en la galería de derivación provisional del río, con una capacidad máxima de desagüe de 160 m³/s. El circuito del desagüe de fondo está formado por una tubería metálica con 3 m de diámetro, una longitud

da abóbada varía entre 33,0 m no fundo do vale e 21,32 m junto aos encontros. O encontro da margem esquerda tem 50,0 m de desenvolvimento e uma altura variável entre 52,50 m e 39,0 m, enquanto na margem direita o encontro com 60,0 m de desenvolvimento tem uma altura que varia entre 52,50 e 27,0 m.

A Barragem, com coroamento situado à cota 154 m, está equipada, em termos de órgãos de segurança, com três descarregadores de superfície, dois de meio fundo e uma descarga de fundo. Estes órgãos, dimensionados de acordo com a grandiosidade do projecto, são destinados a conferir à Barragem a necessária capacidade de escoamento logo que sejam ultrapassados os valores de NPA (Nível de Pleno Armazenamento), situado à cota 152 m, e ainda, sempre que se registem valores elevados de afluência de caudais, estando este dado em permanente monitorização.

Órgãos de Descarga

A solução adoptada para os órgãos de descarga é constituída por:

- dois descarregadores de superfície em canal, do tipo frontal, um com uma só portada integrado no encontro direito da barragem e outro com duas situado em posição adjacente ao encontro esquerdo, com capacidades máximas de vazão de 2.100 m³/s e 2x2100 m³/s, respectivamente. Cada um dos descarregadores de superfície é constituído por uma zona de aproximação do escoamento, uma estrutura de entrada, um canal e uma estrutura terminal. As entradas são constituídas por soleiras frontais, munidas de comportas segmento com 19 m de largura e 14 m de altura, manobradas por servomotores.
- dois descarregadores de meio-fundo constituídos por orifícios que atravessam a abóbada, cada um com capacidade máxima de vazão de 1.750 m³/s. As estruturas de entrada dispõem-se em consola relativamente à barragem e os orifícios têm secção corrente de 7x9 m² e um comprimento de 35 m, sendo munidos à saída de comportas segmento para regulação de caudais.
- uma descarga de fundo instalada na galeria de derivação provisória do rio, com capacidade máxima de vazão de 160 m³/s. O circuito da descarga de fundo é constituído por uma conduta metálica com 3m de diâmetro e com um compri-



A Barragem, com coroamento situado à cota 154 m, está equipada, em termos de órgãos de segurança, com três descarregadores de superfície, dois de meio fundo e uma descarga de fundo.



total de 228 m y estará provista de una compuerta segmento para la regulación de caudales.

mento total de 228 m, e será dotada de uma comporta segmento para regulação de caudais.

Circuitos hidráulicos, Central y Subestación

Consideraciones Generales

La central, del tipo pie de presa y planta rectangular con su mayor dimensión sensiblemente perpendicular al eje del río, se desarrolla entre los aliviaderos de medio fondo. Está equipada con dos grupos reversibles de eje vertical constituidos por turbinas-bomba Francis y por alternadores-motores sincronos trifásicos directamente acoplados a la máquina hidráulica.

Circuitos hidráulicos, Central e Subestação

Considerações Gerais

A central, do tipo pé de barragem e planta rectangular com a sua maior dimensão sensivelmente perpendicular ao eixo do rio, desenvolve-se entre os descarregadores de meio fundo. Está equipada com dois grupos reversíveis de eixo vertical constituídos por turbinas-bomba Francis e por alternadores-motores sincronos trifásicos directamente acoplados à máquina hidráulica.



Cada toma de agua, en turbina, está formada por una torre cilíndrica, de maniobra de las compuertas, conectada al paramento aguas arriba de la presa y por una trompa mediante la cual se hace la admisión de agua en turbina o el rechazo del agua en bombeo.

Los ejes de los grupos están distanciados 24,0 m.

Cada turbina-bomba es suministrada por un circuito hidráulico independiente dimensionado para el caudal de 203,2 m³/s.

Los trazados, en planta, entre las tomas de agua y la central, de los dos circuitos hidráulicos han sido condicionados bien por la necesidad de implantar las dos tomas de agua, con alejamiento entre ejes de 15 m en la zona de la bóveda central de la ataguía aguas arriba, bien por el alejamiento entre los ejes de los grupos. De este modo, apenas el trazado del circuito hidráulico del grupo G2 presenta un desarrollo rectilíneo siendo ligeramente sinuoso el del G1.

Circuitos hidráulicos

Tomas de agua

Cada toma de agua, en turbina, está formada por una torre cilíndrica, de maniobra de las compuertas, conectada al paramento aguas arriba de la presa y por una trompa mediante la cual se hace la admisión de agua en turbina o el rechazo del agua en bombeo. Cada trompa constituye un bloque independiente y está subdividida por un septo central originando dos secciones, en la entrada, con dimensiones de 20 m de altura y 5,65 m de vano, equipadas con rejas metálicas amovibles desplazándose en caminos de rodamiento hasta la plataforma de coronación de las torres a la cota 154,00.

En la entrada de cada tubería y en la base de la respectiva torre existe una compuerta de seguridad de orugas cuyas dimensiones son 5,5 x 7,7 m. Se acciona mediante servomotor colocado a la cota 154,00. Arriba de la compuerta existen ranuras destinadas a la colocación de una compuerta ataguía del tipo corredera, disponiendo de impermeabilización aguas arriba, posibilitando poner en seco el interior de la torre de la toma de agua y el circuito aguas abajo.

Tuberías en carga

Los circuitos hidráulicos, partiendo de los elementos de transición "cuadrados redondos", están formados por tuberías metálicas de 7,0 m de diámetro. Éstas se desarrollan en un plano inclina-

Os eixos dos grupos estão distanciados de 24,0 m.

Cada turbina-bomba é servida por um circuito hidráulico independente dimensionado para o caudal de 203,2 m³/s.

Os traçados, em planta, entre as tomadas de água e a central, dos dois circuitos hidráulicos foram condicionados quer pela necessidade de implantar as duas tomadas de água, com afastamento entre eixos de 15 m na zona da abóbada central da ensecadeira de montante, quer pelo afastamento entre os eixos dos grupos. Deste modo, apenas o traçado do circuito hidráulico do grupo G2 apresenta um desenvolvimento rectilíneo sendo ligeiramente sinuoso o do G1.

Circuitos hidráulicos

Tomadas de água

Cada tomada de água, de turbinamento, é composta por uma torre cilíndrica, de manobra das comportas, ligada ao paramento de montante da barragem e por uma trompa através da qual é feita a admissão de água em turbinamento ou a rejeição da água em bombagem. Cada trompa constitui um bloco independente e é subdividida por um septo central originando duas secções, na entrada, com dimensões de 20 m de altura e 5,65 m de vão, equipadas com grades metálicas amovíveis deslocando-se em caminhos de rolamento até à plataforma de coroamento das torres à cota (154,00).

Na entrada de cada conduta e na base da respectiva torre, existe uma comporta de segurança de lagartas com dimensões de 5,5 x 7,7 m, accionada por servomotor colocado á cota (154,00). A montante da comporta existem ranhuras destinadas á colocação de uma comporta ensecadeira do tipo corredeira. Esta dispõe de estanqueidade a montante, possibilitando assim pôr a seco o interior da torre da tomada de água e o circuito a jusante.

Conduitas em carga

Os circuitos hidráulicos, a partir dos elementos de transição "quadrados redondos" são constituídos por condutas metálicas de 7,0 m de diâmetro. Estas desenvolvem-se em plano inclinado



Cada tomada de água, de turbinamento, é composta por uma torre cilíndrica, de manobra das comportas, ligada ao paramento de montante da barragem e por uma trompa através da qual é feita a admissão de água em turbinamento ou a rejeição da água em bombagem.



El tubo de aspiración de cada grupo está dividido por la mitad por un septo vertical de hormigón por lo que cada salida tiene dos secciones.



do hasta el eje, a la cota (62,00), del cono de reducción del diámetro corriente de 7,0 m para el diámetro de 5,6 m de entrada en la espiral. Las tuberías están dotadas de juntas flexibles en el paso de las juntas presa-bloques de la subestación.

Restitución

El tubo de aspiración de cada grupo está dividido por la mitad por un septo vertical de hormigón por lo que cada salida tiene dos secciones. Cada una, con las dimensiones de 6,5 x 6,0 m², dispone de una compuerta ataguía maniobrada en aguas equili-

até ao eixo, à cota (62,00), do cone de redução do diâmetro corrente de 7,0 m para o diâmetro de 5,6 m de entrada na espiral. As condutas estão dotadas de juntas flexíveis no atravessamento das juntas barragem-blocos da subestação.

Restituição

O tubo de aspiração de cada grupo está dividido a meio por um septo vertical de betão pelo que cada saída tem duas secções. Cada uma delas, com as dimensões de 6,5 x 6,0 m² dispõe de uma comporta ensecadeira manobrada em águas

O tubo de aspiração de cada grupo está dividido a meio por um septo vertical de betão pelo que cada saída tem duas secções.

bradas, mediante un servomotor colocado en la plataforma a la cota (96,00).

La restitución, en turbina, de los grupos (toma de agua en bombeo) ha sido diseñada para que sea posible obtener la mejor conformidad entre líneas de corriente y fronteras sólidas y está protegida por rejas metálicas amovibles.

Central hidroeléctrica

Implantación y concepción general

La implantación de la central ha estado condicionada por la adaptación al terreno, por la localización de la presa y respectivas juntas de los bloques, por la no interferencia en la estabilidad de los cimientos de la presa y por el aprovechamiento del espacio entre la central y la presa para implantación de la subestación.

En su diseño se ha tenido en atención la cota de encalado de las ruedas de las turbinas-bombas asociada a la dimensión de los grupos, la ventaja de que los ejes de los grupos sean tan cortos cuanto posible, la necesidad de áreas para servicios generales y montaje de equipamientos, la facilidad de comunicación entre los distintos espacios, el nivel alcanzado por el agua, aguas abajo, en periodos de crecidas excepcionales y las condiciones geomecánicas del macizo rocoso.

Equipamientos y potencia instalada en la central

La Central Hidroeléctrica de Alqueva es del tipo pié de presa, y está equipada con dos grupos reversibles (turbina-bomba) de 129,6 MW cada. Son grupos Francis de eje vertical con una caída útil de 72 metros y un caudal turbinado de 203,2 m³/s. Su implantación en el circuito hidráulico se sitúa a la cota 62 m, entendida como la cota de encalado, y recurre, en términos de órganos de aislamiento, a la utilización de una válvula cilíndrica del tipo auto-clave maniobrada con servomotores oleohidráulicos sincronizados mecánicamente.

Como equipamientos auxiliares principales hay que destacar el sistema de regulación de velocidad, el equipamiento de alivio de la rueda, destinado fundamentalmente al auxilio de la puesta

equilibradas, por meio de um servomotor colocado na plataforma à cota (96,00).

A restituição, em turbinamento, dos grupos (tomada de água em bombagem) foi concebida de modo a obter a melhor conformidade entre linhas de corrente e fronteiras sólidas e está protegida por grades metálicas amovíveis.

Central Hidroeléctrica

Implantação e concepção geral

A implantação da central foi condicionada pela adaptação ao terreno pela localização da barragem e respectivas juntas dos blocos, pela não interferência na estabilidade das fundações da barragem e pelo aproveitamento do espaço entre a central e a barragem para implantação da subestação.

Na sua concepção teve-se em linha de conta a cota de calagem das rodas das turbinasbombas associada à dimensão dos grupos, a vantagem de os veios dos grupos serem tão curtos quanto possível, a necessidade de áreas para serviços gerais e montagem de equipamentos, a facilidade de comunicação entre os diferentes espaços, o nível atingido pela água, a jusante, em periodos de cheia excepcional e as condições geomecánicas do maciço rochoso.

Equipamento e Potência instalada na Central

A Central Hidroeléctrica de Alqueva é do tipo pé de barragem, e está equipada com dois grupos reversíveis (turbina-bomba) de 129,6 MW cada. São grupos Francis de eixo vertical com uma queda útil de 72 metros e um caudal turbinado de 203,2 m³/s. A sua implantação no circuito hidráulico situa-se à cota 62 m, entendida como a cota de calagem, e recorre, em termos de órgãos de isolamento, à utilização de uma válvula cilíndrica do tipo auto-clave manobrada com servomotores óleo-hidráulicos sincronizados mecanicamente.

Como equipamentos auxiliares principais, destacar-se-á o sistema de regulação de velocidade, o equipamento de desafoamento da roda, destinado fundamentalmente ao auxilio do





GRUPO INZAMAC

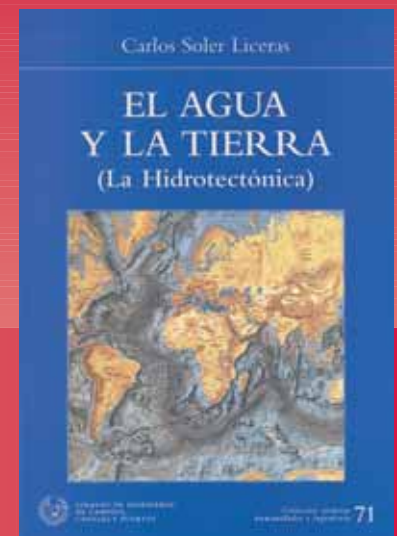
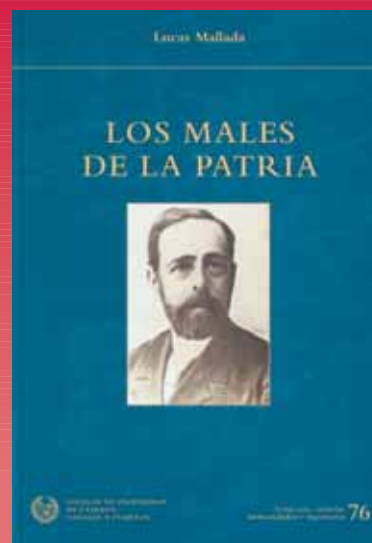
CONTROL DE CALIDAD
GEOTECNIA
TOPOGRAFÍA
ASISTENCIAS TÉCNICAS
EDIFICACIÓN
MEDIO AMBIENTE
SEGURIDAD Y SALUD



902 910 555
www.inzamac.es
inzamac@inzamac.es

ZAMORA VALLADOLID MADRID SALAMANCA PALENCIA SEGOVIA LEÓN BURGOS TOLEDO CUENCA ALBACETE MURCIA PONTEVEDRA OURENSE A CORUÑA CHILE BOLIVIA PERÚ POLONIA

Colección ciencias, humanidades e ingeniería



A LA VENTA EN LA LIBRERÍA DEL COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
Teléfono: 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
Teléfono: 91.308.19.88 (Ext. 271-242). Fax: 91.319.95.56. biblioteca@ciccp.es

En términos de producción, hay que considerar la potencia del alternador-motor instalado, de 147 MVA, que para un factor de potencia de (0,9), produce energía eléctrica a la tensión de 15 kV para una frecuencia de 50 Hz.

en marcha en bomba dado que permite la rotación del grupo sin carga hidráulica reduciendo significativamente la inercia de la cadena mecánica en dicha puesta en marcha, y, por último, el sistema de refrigeración destinado al mantenimiento del equilibrio térmico de los órganos mecánicos, constituido genéricamente por una captación de agua en el circuito hidráulico, por una cadena de filtrado y por ramificaciones de refrigeración que conducen el agua refrigerada y depurada hasta los equipamientos.

En términos de producción, hay que considerar la potencia del alternador-motor instalado, de 147 MVA, que para un factor de potencia de (0,9), produce energía eléctrica a la tensión de 15 kV para una frecuencia de 50 Hz. Como equipamientos auxiliares principales, hay que destacar la excitación y regulación de tensión, el convertidor de frecuencia de 11,2 MW con transformador elevador y transformador reductor, y el frenado mecánico del alternador.

Esta central utilizará el agua del embalse de Alqueva para la producción de energía eléctrica, beneficiando posteriormente de la recuperación de esos caudales a través del embalse de Pedrógão, localizada aguas abajo de la Presa de Alqueva. Para que este proceso sea una realidad es necesario recurrir al funcionamiento en bomba. Esto se alcanza recurriendo a la reversión del sentido de rotación del grupo proporcionada por el funcionamiento del motor. Los valores de referencia corresponden a una potencia de 106,9 MW y un caudal bombeado de 140,2 m³/s.

Los órganos responsables de esta reversibilidad son en primer análisis el alternador-motor de 120 MW de potencia, como motor, y la rueda de la turbina cuya optimización ha resultado en el compromiso entre un impulsor, órgano vital de todo sistema de bombeo, y una turbina pura.

Pavimentos de la central

El nivel de encalado de las turbinas-bombas con el plan medio del distribuidor a la cota (62,00), llevó a la definición de los niveles de los pavimentos de la central. Como tal, tenemos:

- Pavimento a la cota (56,5), esencialmente destinado a la instalación de equipamiento mecánico, en concreto compresores y depósitos de agua de aire comprimido para alivio de la rueda.

arranque em bomba dado que permite a rotação do grupo sem carga hidráulica reduzindo significativamente a inércia da cadeia mecânica nesse arranque, e, por último, o sistema de refrigeração destinado à manutenção do equilíbrio térmico dos órgãos mecânicos, constituído genericamente por uma captação de água no circuito hidráulico, por uma cadeia de filtração e por ramais de refrigeração que conduzem a água refrigerada e depurada até aos equipamentos.

Em termos de produção, há a considerar a potência do alternador-motor instalado, de 147 MVA, que para um factor de potência de (0,9), produz energia eléctrica à tensão de 15 kV para uma frequência de 50 Hz. Como equipamentos auxiliares principais, há a destacar a excitação e regulação de tensão, o conversor de frequência de 11,2 MW com transformador elevador e transformador abaixador, e a frenagem mecânica do alternador.

A central utilizará a água da albufeira de Alqueva para a produção de energia eléctrica, beneficiando posteriormente da recuperação desses caudais através da albufeira de Pedrógão, localizada a jusante da Barragem de Alqueva. Para que este processo seja realidade torna-se necessário recorrer ao funcionamento em bomba. Este é atingido com recurso à reversão do sentido de rotação do grupo proporcionada pelo funcionamento do motor. Os valores de referência correspondem a uma potência de 106,9 MW e um caudal bombeado de 140,2 m³/s.

Os órgãos responsáveis por esta reversibilidade são em primeira análise o alternador-motor de 120 MW de potência, enquanto motor, e a roda da turbina cuja optimização resultou no compromisso entre um impulsor, órgão vital de qualquer sistema de bombagem, e uma turbina pura.

Pavimentos da central

O nível de calagem das turbinas-bombas com o plano médio do distribuidor à cota (62,00), conduziu à definição dos níveis dos pavimentos da central. Assim temos:

- Pavimento à cota (56,5), essencialmente destinado à instalação de equipamento mecânico nomeadamente compresores e reservatórios de ar comprimido para desafogamento da roda.



Em termos de produção, há a considerar a potência do alternador-motor instalado, de 147 MVA, que para um factor de potência de (0,9), produz energia eléctrica à tensão de 15 kV para uma frequência de 50 Hz.



- Pavimento a la cota (63,50), también denominado como piso de las turbinas, destinado esencialmente al equipamiento mecánico, en concreto los equipamientos del sistema de regulación de velocidad y de accionamiento de la válvula cilíndrica.
- Pavimento a la cota (68,00), también denominado piso de los alternadores, donde la zona localizada aguas abajo del eje de los grupos está reservada al equipamiento de refrigeración y la zona aguas arriba de los alternadores está destinada a equipamiento a la tensión de producción y a los cuadros de los grupos.
- Pavimento a la cota (73,00), que corresponde al piso principal de la sala de máquinas. Se destina a la instalación de

- Pavimento à cota (63,50), também designado por piso das turbinas, destinado essencialmente a equipamento mecânico, nomeadamente os equipamentos do sistema de regulação de velocidade e de accionamento da válvula cilíndrica.
- Pavimento à cota (68,00), também chamado piso dos alternadores, em que a zona localizada a jusante do eixo dos grupos é reservada ao equipamento de refrigeração e a zona a montante dos alternadores destinada a equipamento à tensão de produção e aos quadros dos grupos.
- Pavimento à cota (73,00), que é o piso principal da sala das máquinas, destina-se à instalação de equipamento



equipamiento eléctrico, quedando el tope de la margen derecha reservado al atrio de montaje de equipamientos.

Los pavimentos a cotas superiores a las del piso principal, como resultado del elevado pié derecho del mismo, se destinan esencialmente a la instalación de equipamiento eléctrico y áreas de apoyo (despachos, sala de reuniones, sala de recepción, etc.)

Accesos y movimentación de personas y cargas

El acceso a la central se hace, por carretera, por la margen derecha, a la cota (96,00). La llegada y movimentación de los equipamientos destinados a la central y subestación se hace con recurso a un pórtico de 2.000 KN de capacidad, que permite colocar a la cota (73,00), mediante una apertura con las dimensiones de 8,0 m x 8,0 m, los componentes de los equipamientos.

La movimentación de cargas en el interior de la central se hizo mediante dos puentes-grúas de 1800 KN de capacidad unitaria.

La movimentación de personas se lleva a cabo por escaleras y ascensor situados en el tope de la central, en la margen izquierda, y por escaleras que se encuentran en el tope de la central, en la margen derecha.

Muro - Aguas abajo de la Presa

El muro-presa aguas abajo se desarrolla en cada margen entre las pistas del aliviadero de crecidas y del aliviadero de medio fondo, prolongándose por la pared de aguas abajo de la central entre los aliviaderos de medio fondo. Su principal función es el cierre del valle por abajo, impidiendo que el agua penetre en la central y en el espacio ocupado por la subestación. Dada su coronación, a la cota (96,00), el acceso a la central se ha hecho por carretera.

Subestación

La plataforma de la subestación localizada a la cota (73,00) está delimitada por la presa, edificio de la central y aliviaderos de medio fondo.



eléctrico, sendo o tope da margem direita reservado a átrio de montagem de equipamentos.

Os pavimentos a cotas superiores à do piso principal, como resultado do elevado pé direito deste, destinam-se essencialmente à instalação de equipamento eléctrico e áreas de apoio (gabinetes, sala de reuniões, sala de recepção, etc.)

Acessos e movimentação de pessoas e cargas

O acesso à central faz-se, por estrada, pela margem direita, à cota (96,00). A chegada e movimentação dos equipamentos destinados à central e subestação é feita com recurso a um pórtico de 2.000 KN de capacidade, que permite colocar à cota (73,00), através de uma abertura com as dimensões de 8,0 m x 8,0 m, os componentes dos equipamentos.

A movimentação de cargas no interior da central fez-se através de duas pontes rolantes de 1800 KN de capacidade unitária.

A movimentação de pessoas processa-se por escadas e elevador localizados no topo da central, na margem esquerda, e escadas no topo da central, na margem direita.

Muro - Barragem de jusante

O muro-barragem de jusante desenvolve-se em cada margem entre as pistas do descarregador de cheias e do descarregador de meio fundo, prolongando-se pela parede de jusante da central entre os descarregadores de meio fundo. A sua principal função é o fecho do vale por jusante, impedindo que a água penetre na central e no espaço ocupado pela subestação. Pelo seu coroamento, á cota (96,00), fez-se o acesso rodoviário á central.

Subestação

A plataforma da subestação localizada à cota (73,00) é delimitada pela barragem, edifício da central e descarregadores de meio fundo.

La Contrata Principal de Construcción del Aprovechamiento Hidroeléctrico de Alqueva se puso en marcha en 1996 y transcurrió hasta junio de 2003.

La historia de la construcción

La Contrata Principal de Construcción del Aprovechamiento Hidroeléctrico de Alqueva se puso en marcha en 1996 y transcurrió hasta junio de 2003.

Las más importantes, por orden cronológica, son: la contrata de excavaciones de la Presa y de la Central Hidroeléctrica, que marcó la puesta en marcha de los trabajos. A continuación, la Contrata Principal de Construcción, que abarcó la casi totalidad del período de construcción y representó la parcela principal del volumen de la inversión.

Tras el inicio de los primeros hormigonados, fueron creadas las condiciones para la puesta en marcha de los trabajos asociados a los suministros de Equipamiento Hidromecánico y de dos Grupos Reversibles.

En lo que respecta al primero, los trabajos se pusieron en marcha con la implantación, montaje y soldadura de los elementos y piezas fijas de blindaje de la galería de alta presión (circuito hidráulico) y de las compuertas de la toma de agua, siguiéndose posteriormente los montajes teniendo en cuenta las disponibilidades de la contrata principal e incremento de las cotas de hormigonado, según la programación de las acciones que resultaran de la elaboración del proyecto.

En la fase final de la construcción se pusieron en marcha los trabajos de suministro de la Instalación Complementaria de Producción, donde se incluyeron todos los equipamientos de comando y control del Aprovechamiento y donde hay que destacar las instalaciones a la tensión de producción a 15 kV (interface entre los Grupos y subestación), las instalaciones a la tensión de emisión a 400 kV (subestación 15/400 kV) y las instalaciones de comando y control centralizado propiamente dichas, traducidas genéricamente en los autómatos de comando de la Central y de los órganos de seguridad de la Presa.

Por fin, tuvieron lugar las contratas relativas a los acabados y de cerrajería de la Presa y de la Central, destinadas a la implementación de las acciones de pormenor definidas en el proyecto constructivo y arquitectónico.

En el ámbito de la Contrata Principal de Construcción, y en la secuencia de todos los estudios y exploraciones geológicas efectuados todavía en la fase de anteproyecto, se profundizó el conocimiento de un fallo geológico existente en la margen

A história da construção

A Empreitada Principal de Construção do Aproveitamento Hidroeléctrico de Alqueva iniciou-se em 1996 e decorreu até Junho de 2003.

As mais importantes, por ordem cronológica, serão, a empreitada de escavações da Barragem e Central Hidroeléctrica, que marcou o arranque dos trabalhos, seguida da Empreitada Principal de Construção, que abarcou a quase totalidade do período de construção e representou a parcela principal do volume do investimento.

Após o início das primeiras betonagens, foram criadas as condições para o arranque dos trabalhos associados aos fornecimentos do Equipamento Hidromecânico e de dois Grupos Reversíveis.

No que concerne ao primeiro, os trabalhos iniciaram-se com a implantação, montagem e soldadura dos elementos e peças fixas da blindagem da galeria de alta pressão (circuito hidráulico) e das comportas da tomada de água, seguindo posteriormente as montagens à razão das disponibilidades da empreitada principal e incremento das cotas de betonagem, conforme a programação das acções decorrente da elaboração do projecto.

Na fase final da construção, tiveram início os trabalhos do fornecimento da Instalação Complementar de Produção, onde se incluíram todos os equipamentos de comando e controlo do Aproveitamento e de onde se destacam as instalações à tensão de produção a 15 kV (interface entre os Grupos e subestação), as instalações à tensão de emissão a 400 kV (subestação 15/400 kV) e as instalações de comando e controlo centralizado propriamente ditas, traduzidas genericamente nos autómatos de comando da Central e dos órgãos de segurança da Barragem.

Por fim, tiveram lugar as empreitadas de acabamentos e de serralharias da Barragem e da Central, destinadas à implementação das acções de pormenor definidas no projecto construtivo e arquitectónico.

No âmbito da Empreitada Principal de Construção, e na sequência de todos os estudos e prospecções geológicas efectuados ainda na fase de ante-projecto, aprofundou-se o conhecimento acerca de uma falha geológica existente na margem



Para la contención y sostenimiento de las galerías, antes de colocación del hormigón, se han utilizado perfilados metálicos que en su conjunto alcanzaron unas 370 toneladas de peso.

izquierda del río, en el talud que acoge el estribo izquierdo de la Presa.

Así, la existencia del denominado Fallo 22 motivó, en simultáneo con el proyecto de construcción, la elaboración de una estrategia (proyecto) de tratamiento destinada a la consolidación geológica del local donde coinciden los cimientos de la Presa, en el referido estribo.

Inicialmente estaba previsto un tratamiento utilizando una reja formada por varias galerías, partiendo del acceso a la Central, que estarían interconectadas por otras galerías a lo largo de su desarrollo en profundidad.

Posteriormente se decidió abandonar este esquema en reja y proceder al tratamiento de una parte del fallo geológico mediante la apertura de galerías de ataque, a varios niveles, complementado con excavación y prellenado de células con hormigón, en ambos lados de cada galería.

A este nuevo tratamiento ha sido dado el nombre de Alternativa 3. De este modo, se procedió a la apertura de galerías, en una secuencia previamente determinada, cuyos "ataques" se iniciaban aguas arriba y por una nueva galería de acceso aguas abajo. El tratamiento efectivamente realizado constó en la remoción del terreno con insuficiente capacidad de carga y en su sustitución por hormigón, en la zona que abarcaba la ya referida Alternativa 3.

Para la realización de esta acción de gran importancia en términos de ingeniería y construcción se excavaron cerca de 38.000 m³ de terreno, habiéndose colocado en su sustitución cerca de 34.000 m³ de hormigón.

La diferencia entre volúmenes retirados y colocados se debe a la construcción de las galerías de acceso, drenaje y observación que han sido materializadas en los hormigones colocados.

En su conjunto, el tratamiento del fallo generó cerca de 45.000 m³ de excavación y 40.000 m³ de hormigón que, no obstante, representa solamente el 3% del volumen total de hormigón utilizado en la construcción.

Para la contención y sostenimiento de las galerías, antes de colocación del hormigón, se han utilizado perfilados metálicos que en su conjunto alcanzaron unas 370 toneladas de peso.

Estos valores nos dan una imagen de la complejidad técnica que ha significado el tratamiento del Fallo 22, cuyo proyecto y ejecución mereció la ratificación y el apoyo de los expertos más

esquerda do rio, no talude que acolhe o encontro esquerdo da Barragem.

Assim, a existência da denominada Falha 22 motivou, em simultâneo com o projecto de construção, a elaboração de uma estratégia (projecto) de tratamento destinada à consolidação geológica do local onde coincidem as fundações da Barragem, no referido encontro.

Inicialmente estava previsto um tratamento utilizando uma grelha formada por várias galerias, a partir do acesso à Central, que seriam interligadas por outras galerias ao longo do seu desenvolvimento em profundidade.

Posteriormente, foi decidido abandonar esse esquema em grelha e proceder ao tratamento de uma faixa da falha geológica, através da abertura de galerias de ataque, a vários níveis, complementando com escavação e preenchimento de células com betão, para ambos os lados de cada galeria.

A este novo tratamento foi dado o nome de Alternativa 3. Procedeu-se, assim, à abertura de galerias, numa sequência previamente determinada, cujos "ataques" se iniciavam por montante e por uma nova galeria de acesso, por jusante. O tratamento efectivamente realizado, constou da remoção do terreno com insuficiente capacidade de carga e sua substituição por betão, na zona abrangida pela já referida Alternativa 3.

Para realização desta acção de grande envergadura em termos de engenharia e construção civil, foram escavados cerca de 38.000 m³ de terreno, tendo sido colocados em sua substituição cerca de 34.000 m³ de betão.

A diferença entre volumes retirados e colocados deve-se à construção das galerias de acesso, drenagem e observação que foram materializadas nos betões colocados.

No seu conjunto, o tratamento da falha gerou cerca de 45.000 m³ de escavação e 40.000m³ de betão que, não obstante, representa apenas 3% do volume total de betão utilizado na construção.

Para a contenção e sustimento das galerias, previamente à colocação do betão, foram utilizados perfilados metálicos que no seu conjunto atingiram cerca de 370 toneladas de peso.

Estes valores, fornecem uma imagem da complexidade técnica de que se revestiu o tratamento da Falha 22, cujo projecto e execução mereceu a ratificação e o apoio dos maiores espe-



Para a contenção e sustimento das galerias, previamente à colocação do betão, foram utilizados perfilados metálicos que no seu conjunto atingiram cerca de 370 toneladas de peso.

importantes a nivel nacional e internacional, en el ámbito de la Ingeniería Civil y de la Geología, cuyas opiniones contribuyeron a la solidez de todo el proyecto.

La inversión realizada en el Aprovechamiento Hidroeléctrico de Alqueva totaliza cerca de 310 millones de euros, lo que refleja la grandiosidad de las tareas.

Medidas y proyectos complementarios

Para la concreción de la Infraestructura de Alqueva ha sido necesario recurrir a un amplio conjunto de iniciativas de compensación, preservación y minimización de los impactes ambientales y de la relocalización.

La *Aldeia da Luz* constituyó un proceso único a nivel nacional e incluso internacional. Ubicada a la cota 137, la antigua *Aldeia da Luz*, con 380 vecinos, tuvo que ser trasladada, condicionando la construcción de una nueva aldea que reproduce en lo esencial la anterior, a escasos 2 Km. de distancia.

El inicio de la construcción ocurrió en 1998, teniendo como objetivo edificar 210 viviendas, 11 comercios, 16 equipamientos colectivos y, esencialmente, la creación de una aldea con potencial de desarrollo propio.

Se minimizaron los efectos negativos con relación a los hábitos, costumbres y se maximizaron los beneficios directos e inmediatos de las potencialidades inducidas por el embalse.

En la reconstitución integral de la aldea hay que subrayar la réplica de la Iglesia de la Luz y, esencialmente, la transferencia del Cementerio, algo único a nivel nacional, bien por sus características técnicas, bien por su impacto social y cultural.

Ha sido necesario proceder al restablecimiento por carretera de todas las accesibilidades afectadas por el remanso del embalse de Alqueva, correspondiendo a más de 61 Km. de carreteras y cerca de 4 Km. de puentes, que garantizan la conexión entre los municipios limítrofes del embalse de Alqueva.

Fue necesario llevar a cabo acciones para garantizar la calidad medioambiental del agua de Alqueva y de su zona alrededor, preservar y potenciar el medio ambiente, mantener y salvaguardar el patrimonio histórico.

En dicho sentido, transcurrió la contrata de desbroce y deforestación de Alqueva, una operación rodeada de muchísimos

cialistas a nivel nacional e internacional, no âmbito da Engenharia Civil e da Geologia, cujos pareceres concorrem para a solidez de todo o projecto.

O investimento realizado no Aproveitamento Hidroeléctrico de Alqueva ascende a cerca de 310 milhões de euros, como reflexo da grandiosidade das tarefas.

Medidas e Projectos Complementares

Para a concretização da Infra-estrutura de Alqueva, foi necessário recorrer a um vasto conjunto de iniciativas de compensação, preservação e minimização dos impactes ambientais e da relocalização das populações interferidas.

A Aldeia da Luz constituiu um processo impar a nível nacional e mesmo internacional. Situada à cota 137, a antiga aldeia da Luz, com 380 habitantes, teve de ser desmantelada, condicionando a construção de uma nova aldeia, que reproduz no essencial a anterior, a escassos 2 km de distância.

O início da construção ocorreu em 1998, visando a edificação de 210 habitações, 11 comércio, 16 equipamentos colectivos e, principalmente, a criação de uma aldeia com potencial de desenvolvimento próprio.

Minimizaram-se os efeitos negativos quanto aos hábitos, costumes e maximizaram-se os benefícios directos e imediatos das potencialidades induzidas pela albufeira.

Na reconstituição integral da aldeia, releva-se a réplica da Igreja da Luz e, principalmente, a transferência do Cemitério, algo único a nível nacional, quer pelas suas características técnicas, quer pelo impacte social e cultural.

Foi necessário proceder ao restabelecimento viário de todas as acessibilidades afectadas pelo regolfo da albufeira de Alqueva, correspondendo a mais de 61km de estradas e cerca de 4 km de pontes, que garantem a ligação entre os concelhos limítrofes da albufeira de Alqueva.

Houve que diligenciar acções para assegurar a qualidade ambiental da água de Alqueva e da sua zona envolvente, preservar e potenciar o meio ambiente, manter e salvaguardar o património histórico.

Neste sentido, decorreu a empreitada de desmatização e desarborização de Alqueva, uma operação rodeada de extremos



A nivel medioambiental, se garantizó la preservación y valoración del patrimonio natural y cultural, asumiendo, de forma ejemplar, la minimización de impactos negativos causados por el Proyecto.

cuidados, teniendo en cuenta la preservación de la calidad del agua del embalse y habiéndose retirado cerca de 1,2 millones de árboles.

Esta medida, defendida en el Estudio de Impacto Medioambiental del Proyecto, validada e impuesta por la Unión Europea, redujo sustancialmente la cantidad de materia orgánica y de nutrientes presentes en el embalse, contribuyendo de este modo al control de un posible proceso de eutrofización de las aguas.

Esta ha sido una operación extremadamente compleja, única en Portugal, dada su dimensión –cerca de 19.000 Ha– y los condicionantes operacionales de la geomorfología y cobertura vegetal de la región y, todavía, las preocupaciones medioambientales y culturales.

Una parte considerable de estos árboles ha sido transplantada fuera del área que se iba a inundar, existiendo hoy día árboles de Alqueva en todo el territorio nacional, de Norte a Sur del País, y en algunos países de la Unión Europea. Se llevó a cabo la demolición de las numerosas construcciones existentes a lo largo de los más de 25.000 Ha que quedarían sumergidos el embalse.

Hay que destacar el desmantelamiento de una unidad fabril, cerca de Mourão, que, además de la demolición del patrimonio edificado, originó la operación de saneamiento de las áreas de suelos contaminados a lo largo de décadas en funcionamiento, en un total de 400.000 toneladas de residuos que tuvieron que levantarse, transportarse y almacenarse en un local seguro.

Se expropiaron los terrenos necesarios para la implementación del Proyecto, en un área de cerca de 26.000 Ha, divididos entre terrenos de Portugal y España.

A nivel medioambiental, se garantizó la preservación y valoración del patrimonio natural y cultural, asumiendo, de forma ejemplar, la minimización de impactos negativos causados por el Proyecto.

La inversión realizada en acciones complementarias necesarias a la construcción del Aprovechamiento Hidroeléctrico de Alqueva totalizó unos 360 millones de euros.

Entre las actividades más importantes a nivel financiero hay que subrayar la adquisición y expropiación de terrenos, que supera los 160 millones de euros. ♦

cuidados, tendo em atenção a preservação da qualidade da água da albufeira, donde foram retiradas cerca de 1,2 milhões de árvores.

Esta medida, preconizada no Estudo de Impacte Ambiental do Empreendimento, validada e imposta pela União Europeia, reduziu substancialmente a quantidade de matéria orgânica e de nutrientes presentes na albufeira, contribuindo, deste modo para o controlo de um eventual processo de eutrofização das águas.

Esta foi uma operação extremamente complexa, única em Portugal, pela dimensão –cerca de 19.000ha– e pelas condicionantes operacionais da geomorfologia e coberto vegetal da região e, ainda, preocupações ambientais e culturais.

Uma considerável parte destas árvores foram transplantadas para fora da área a inundar, existindo hoje, árvores de Alqueva em todo o território nacional, de Norte a Sul do País, e em alguns países da União Europeia. Decorreu o desmantelamento e demolição das inúmeras construções existentes ao longo dos mais de 25.000ha a submergir pela albufeira.

Destacou-se o desmantelamento de uma unidade fabril, perto de Mourão, que, para além da demolição do património edificado, originou a operação de saneamento das áreas de solos contaminados ao longo de décadas de laboração, num total de 400.000 toneladas de resíduos, que tiveram de ser levantados, transportados e armazenados em local seguro.

Expropriaram-se os terrenos necessários para a implementação do Empreendimento, numa área de cerca de 26.000ha, divididos entre terrenos em Portugal e Espanha.

A nível ambiental, garantiu-se a preservação e valorização do património natural e cultural, assumindo, de forma exemplar, a minimização de impactes negativos causados pelo Empreendimento.

O investimento realizado em acções complementares necessárias para a construção do Aproveitamento Hidroeléctrico de Alqueva ascendeu a cerca de 360 milhões de euros.

Entre as actividades mais expressivas financeiramente, releva-se a aquisição e expropriação de terrenos, que ultrapassa os 160 milhões de euros. ♦





An aerial photograph of a large-scale hydroelectric project. A long, curved concrete dam spans across a wide river. Several high-voltage power transmission towers are positioned along the dam's length, with power lines extending from them. In the foreground, a series of smaller, rectangular structures are visible in the water, likely part of the dam's spillway or intake system. The background shows a vast expanse of water and distant land with some vegetation. The sky is overcast with soft, grey clouds.

Proyecto Hidroeléctrico Caruachi

Premio Internacional Puente de Alcántara
correspondiente a Latinoamérica



A. BIANCHINI, Ingeniero, S.A.

**Nuevo revestimiento
GALFAN®**

**gaviones metálicos
gaviones recubrimiento
enrejados triple torsión
alambres y fibras**



Comercial: Gran Vial, 8 · Tel. 93568 65 15 · Fax 93 568 65 11 · 08170 · Montornès del Vallès
Diputació, 279, 1.º, 3.ª · Tel. 93 496 13 00 · Fax 93 496 13 01 · 08007 Barcelona
E-mail: bianchini@abianchini.es - comercial@abianchini.es www.abianchini.es

DIRECTORIO DE EMPRESAS



TECNICAS REUNIDAS
INGENIEROS Y
CONSTRUCTORES



INITEC
INFRAESTRUCTURAS

INFRAESTRUCTURAS Y MEDIOAMBIENTE

CAMPOS DE ACTIVIDAD

- AEROPUERTOS Y TRANSPORTE AÉREO
- DESALACIÓN, POTABILIZACIÓN Y DEPURACIÓN DE AGUAS
- HIDRÁULICA Y RECURSOS NATURALES
- EDIFICACIÓN/EDIFICIOS SINGULARES
- TRANSPORTE TERRESTRE
- COSTAS Y PUERTOS

ÁREAS DE NEGOCIO

- INGENIERÍA
- CONSTRUCCIÓN
- EXPLOTACIÓN



ER-0029/1995

Rafael Calvo, 3 y 5
28010 Madrid
Tel.: 91 592 39 00
Fax: 91 592 39 01 / 02

e-mail: comercialinf@tecnicasreunidas.es



CGM-99/037

TECNOLOGIA • EXPERIENCIA • CALIDAD

necso

entrecanales cubiertas



- VIAS DE COMUNICACION
- OBRAS HIDRAULICAS
- OBRAS MARITIMAS
- PLANTAS INDUSTRIALES
- OBRAS SUBTERRANEAS
- EDIFICACION Y ARQUITECTURA
- RESTAURACION Y REHABILITACION

Avda. de Europa, 18 • 28108 Alcobendas (Madrid)
• Tel: 91 663 28 50 • Fax: 91 663 30 99
www.necso.es

Proyecto Hidroeléctrico Caruachi

Caruachi Hydroelectric Project

Resumen: El proyecto hidroeléctrico Caruachi es uno de los más importantes proyectos hidroeléctricos desarrollados últimamente en el mundo.

Situado sobre el río Caroní en la Guayana venezolana se sitúa aguas abajo de la presa y central de Guri (Raúl Leoni) que con sus 10.000 MW de potencia es actualmente la tercera mayor potencia instalada en el mundo por detrás de la central de Tres Gargantas en China (18.000 MW) e Itaipu en Brasil (12.000 MW).

Caruachi contribuye con 2.160 MW a incrementar la potencia hidroeléctrica del complejo del bajo Caroní compuesto por las centrales de Guri, Macagua I, II y III, la propia Caruachi y la futura de Tocoma actualmente ya en construcción que totalizarán una potencia instalada de 17.000 MW.

Las excepcionales características de la obra entre las que podemos resaltar dos records mundiales: las mayores turbinas kaplan (180 MW cada una) y las mayores compuertas radiales (15 x 22,60 m) que regulan un aliviadero para 30.000 m³/s; sus dificultades técnicas (con más de 1.800.000 m³ de hormigón refrigerado por debajo de 15° C), los excepcionales medios de ejecución y el cuidadoso diseño de cada una de las difíciles etapas de construcción justifican la presentación de este proyecto como uno de los más importantes proyectos hidroeléctricos realizados en los últimos años.

Mención especial merece la cuidadosa planificación de las maniobras de los desvíos del río para las diferentes etapas de construcción, la cual conllevó la realización de diversos modelos hidráulicos de alto nivel, cuyas conclusiones fueron, en alguna medida, sorprendentes influyendo de forma importante en el diseño de varios elementos.

Palabras clave: Potencia instalada, Turbina Kaplan, Compuerta Radial, Compuertas Vagón, Hormigón Refrigerado, Tower-Belt, Creter-Crane, Desvío de Río, Conducto de Desvío, Downpull, Vibración.

Abstract: The Caruachi Hydroelectric Project is one of the most important hydroelectric works to be developed in the world in recent years.

The plant is set on the River Caroní in Venezuelan Guayana downstream from the Guri (Raul Leoni) dam and power station with its 10,000 MW power capacity and currently the third greatest installed capacity in the world after the Three Gorges plant in China (18,000 MW) and the Itaipu in Brazil (12,000 MW).

Caruachi contributes 2,160 MW to the hydroelectric capacity of the low Caroní complex formed by the Guri, Macagua 1, 2 and 3 and the Caruachi itself and the entire complex shall be further increased on the completion of the Tacoma plant which will bring the total installed capacity up to 17,000 MW.

The exceptional characteristics of the work include two world records: the biggest Kaplan turbines (180 MW each) and the largest radial gates (15 x 22.60 m) which regulate a spillway for 30,000 m³/s. This together with the technical difficulties involved (with over 1,800,000 m³ of refrigerated concrete below 15°C), the exceptional construction methods and the meticulous design of each of the difficult construction stages, fully justify the presentation of this project as one of the most important hydroelectric works to be carried out in recent years.

Particular mention should go to the careful planning of the river diversion process at different stages of the construction which required the preparation of various high level hydraulic models which gave somewhat surprising results and had an important influence on the design of various elements.

Keywords: Installed Capacity, Kaplan Turbine, Radial gate, Wheel gate, Refrigerated Concrete, Tower Belt, Creter Crane, River Diversion, Diversion Pipe, Downpull, Vibration.



El proyecto hidroeléctrico de Caruachi forma parte del desarrollo de la denominada parte baja del río Caroní en la Guayana venezolana. Este proyecto junto con los de Gurí y Macagua y el futuro de Tocoma, actualmente en comienzo de construcción, pertenecen a la empresa EDELCA (Electrificación del Caroní), la cual a su vez forma parte de la Corporación Venezolana de Guayana.

Introducción

El proyecto hidroeléctrico de Caruachi forma parte del desarrollo de la denominada parte baja del río Caroní en la Guayana venezolana.

Este proyecto junto con los de Gurí y Macagua y el futuro de Tocoma, actualmente en comienzo de construcción, pertenecen a la empresa EDELCA (Electrificación del Caroní), la cual a su vez forma parte de la Corporación Venezolana de Guayana.

La zona de la Guayana en Venezuela es rica en recursos naturales, minerales de hierro y bauxita, y adicionalmente está atravesada por el río Orinoco que es navegable desde su desembocadura hasta Ciudad Bolívar, capital administrativa de la región, teniendo uno de sus afluentes, el río Caroní, unas excepcionales condiciones para la producción de energía hidroeléctrica.

Elo ha propiciado el desarrollo de importantes industrias en la zona relacionadas con la producción de acero, aluminio y sus derivados que a su vez son grandes consumidores de energía, todas las cuales se encuentran encuadradas dentro de la Corporación Venezolana de Guayana (C.V.G).

A la luz de este desarrollo industrial nació la necesidad de producción de energía eléctrica lo cual dio origen a la creación de EDELCA cuyo objetivo primordial ha sido y es la producción, transporte y comercialización de energía eléctrica a precios competitivos en forma confiable y en condiciones de sustentabilidad, eficiencia y rentabilidad.

La actividad medular de CVG EDELCA es la generación de energía eléctrica en las centrales Macagua, Gurí, Caruachi, y Tocoma en los próximos años, ubicadas en el Bajo Caroní, atendiendo así la demanda nacional de energía eléctrica al generar 6.008 millones de kilovatios hora, lo cual representa más del 72 por ciento de la energía que consume el país.

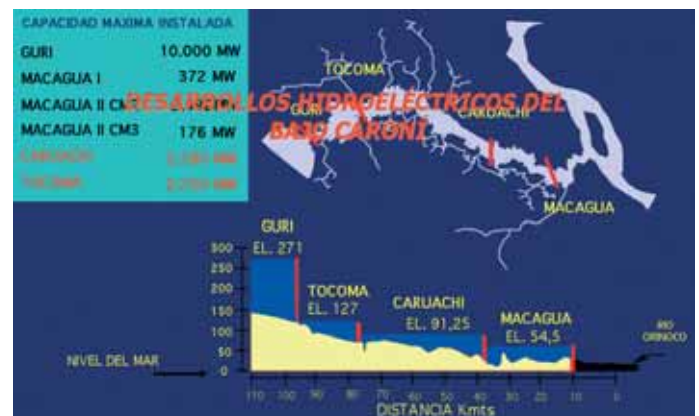
De la potencia generada, 1/3 se queda en Guayana para satisfacer la demanda de la región, mientras el restante 2/3 se envía hacia los principales centros de consumo del resto del país a través de un sistema interconectado, para cuyo funcionamiento la empresa ha construido más de 5.000 kilómetros de líneas de transmisión a 765, 400, 230 y 115 kV, con una participación importante en este sector del negocio a nivel nacional.

CVG EDELCA participa intensamente en el sector generación, seguido de transmisión, pues sus líneas recorren el país de norte a



sur y de este a oeste. En el sector comercialización, su principal cliente es Cadafe; sin embargo, vende directamente su producto a las industrias básicas de la zona, y a algunas empresas hidro-lógicas, del sector petrolero, petroquímico y gasífero a nivel nacional, que necesitan tener la garantía de un suministro eléctrico eficiente y de alta calidad, para llevar a cabo satisfactoriamente sus diferentes procesos de producción industrial. Igualmente, CVG EDELCA es directamente responsable del suministro eléctrico a Colombia y Brasil.

Caruachi es pues uno de los mayores proyectos hidroeléctricos llevados a cabo en el mundo en los últimos 15 años en el



La Central Hidroeléctrica Caruachi es ya un sueño hecho realidad en plena etapa de consolidación, mientras los trabajos para levantar Tocoma, el último desarrollo previsto para el aprovechamiento hidroeléctrico del Bajo Caroní, avanzan imparables.



cual se reúnen características técnicas excepcionales (turbinas Kaplan y compuertas radiales récords mundiales en su género) y medios técnicos de ejecución de última generación, todo ello con una esmerada protección al medio ambiente bajo los principios anteriormente mencionados de sustentabilidad, eficiencia y rentabilidad.

Las obras civiles de la Central Hidroeléctrica Caruachi se iniciaron en 1988 con la construcción de la vía de acceso y la ataguía para el primer desvío del río, obras que culminaron a principios del año 1991.

Desde entonces transcurrieron cerca de dos años que se invirtieron en la ejecución de algunos trabajos preliminares, mientras CVG EDELCA culminaba las obras en Macagua II y ajustaba el programa definitivo que le garantizaría el financiamiento de los contratos principales para la obra civil y las unidades generadoras de Caruachi.

Efectivamente, la empresa obtuvo los recursos que requería para abordar el nuevo desarrollo, tomando en consideración que sus proyectos son reconocidos mundialmente por la Comisión Internacional de Grandes Presas. Así, bajo un esquema financiero establecido en 54% de recursos propios de CVG EDELCA, un financiamiento del 23% del Banco Interamericano de Desarrollo, y un préstamo del 23% restante de un grupo de cinco bancos europeos, el Nordic Investment Bank y la Corporación Andina de Fomento, comenzó la construcción de la

Central Hidroeléctrica Caruachi, con un costo inicial aproximado a los 2.300 millones de dólares.

Con la obra totalmente programada y los recursos asegurados, el 14 de agosto de 1997 arrancó la obra civil principal a cargo del Consorcio Dravica, conformado por tres empresas; Dragados (líder del consorcio), de España; ICA, de Méjico, y Vialpa, de Venezuela. Los trabajos comenzaron con la construcción de las obras de hormigón y el embebido de los componentes electromecánicos no removibles, para cuyo diseño, fabricación e instalación se firmó el contrato 103-200 con el Consorcio Kvaerner-GE Canadá, el 17 de diciembre de 1993.

El mes de noviembre del año 1999 fue complicado. La obra presentaba un retraso de ocho meses, por lo que se hizo necesario tomar acciones y reprogramar las actividades manteniendo inalterables los hitos del proyecto. Para recuperar el tiempo perdido, entre otras cosas, se decidió construir aguas arriba la ataguía B para independizarlas estructuras de toma y del aliviadero, permitiendo el cumplimiento de la meta del segundo desvío en la fecha prevista.

Ésta no fue, sin embargo, la única dificultad. A finales del año 2000 se hizo necesario afrontar una situación bastante delicada en el aspecto laboral, que condujo a la paralización de la obra civil desde el 29 de noviembre de ese año hasta enero del 2001.

De cualquier modo, y muy a pesar de los imprevistos, las complicaciones y las múltiples dificultades que obligaron a reprogramar la obra en dos oportunidades, por supuesto siempre respetando los hitos principales, hoy podemos señalar con total satisfacción que la Central Hidroeléctrica Caruachi es un proyecto desarrollado, de acuerdo a un plan maestro elaborado hace tantos años atrás cuya entrada en operación comercial se realizó en Abril del año 2003. La entrada en operación de las doce turbinas previstas se escalona en función de las necesidades de la demanda, estando prevista la entrada en operación de la última de ellas en el año 2006.

La Central Hidroeléctrica Caruachi es ya un sueño hecho realidad en plena etapa de consolidación, mientras los trabajos para levantar Tocoma, el último desarrollo previsto para el aprovechamiento hidroeléctrico del Bajo Caroní, avanzan imparables.



La zona de la Guayana Venezolana tiene grandes riquezas naturales, entre ellas el río Caroní que con un módulo hidráulico medio de 5.000 m³/sg, un caudal máximo conocido de 18.000 m³/sg y unas condiciones topográficas y geológicas excepcionales, es uno de los ríos en el mundo con mejores condiciones naturales para el establecimiento de centrales hidroeléctricas.

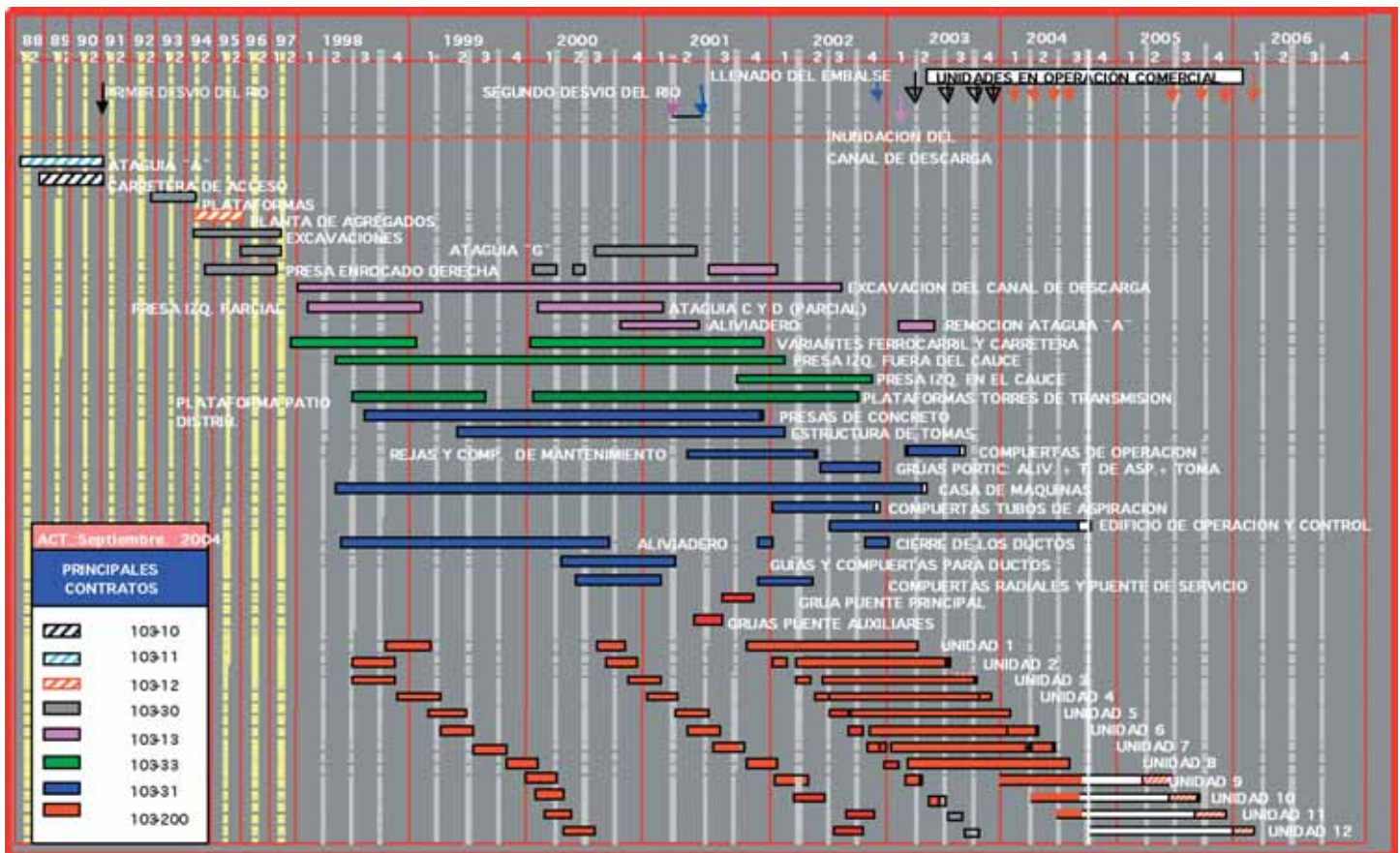
Descripción de la obra

Introducción

La zona de la Guayana Venezolana tiene grandes riquezas naturales, entre ellas el río Caroní que con un módulo hidráulico medio de 5.000 m³/sg, un caudal máximo conocido de 18.000 m³/sg y unas condiciones topográficas y geológicas excepcionales, es uno de los ríos en el mundo con mejores condiciones naturales para el establecimiento de centrales hidroeléctricas.

El proyecto de la Presa y Central de Caruachi, al igual que los proyectos de sus predecesoras, ha sido desarrollado por el propio departamento de ingeniería de EDELCA en colaboración con la ingeniería norteamericana HARZA.

Como se ha dicho anteriormente las primeras actuaciones en el proyecto Caruachi se iniciaron en 1988 habiendo seguido un plan en ocasiones influenciado por condicionantes financieros pero que desde 1997 ha seguido ajustado a un calendario definitivamente cumplido de entrada en producción que se puede resumir en el siguiente esquema:



El proyecto de la Presa y Central de Caruachi, al igual que los proyectos de sus predecesoras, ha sido desarrollado por el propio departamento de ingeniería de EDELCA en colaboración con la ingeniería norteamericana HARZA.

Descripción de las obras civiles del proyecto

El río Caroní, en el tramo inferior cercano a su desembocadura en el Orinoco, presenta cerradas cuyo desarrollo suele tener gran longitud. Las presas y centrales suelen estar situadas en zonas donde el río alberga condiciones especiales que facilitan la construcción, tales como la existencia de islas o brazos laterales.

La tipología que se adopta es la de presa mixta. De gravedad en la zona donde se ubica la central y el aliviadero, y de escollera en el resto. Suele ser siempre la misma en todas las insta-

laciones del río Caroní, motivada por la gran longitud que adquieren las cerradas.

Caruachi no es una excepción a esta regla, así el proyecto de la presa y central está constituido por los siguientes elementos, enumerados desde la ladera derecha a la izquierda:

- **Presa margen derecha:** presa de escollera con pantalla de hormigón aguas arriba. Altura sobre cimientos 50 mts. Longitud de coronación 900 m. Volumen aproximado del cuerpo de presa 3,5 millones de m³.



El río Caroní, en el tramo inferior cercano a su desembocadura en el Orinoco, presenta cerradas cuyo desarrollo suele tener gran longitud. Las presas y centrales suelen estar situadas en zonas donde el río alberga condiciones especiales que facilitan la construcción, tales como la existencia de islas o brazos laterales.

- **Presa transición margen derecha:** presa de gravedad de 57 mts de altura máxima sobre cimientos. Esta presa forma la aleta donde se unen las presas de escollera de la margen derecha y el cuerpo de la presa de hormigón.
- **Presa de hormigón y central integrada:** presa de hormigón de 74,25 mt de altura sobre cimientos en cuyo cuerpo se encuentran insertadas las tomas de agua de la central, la cual está ubicada inmediatamente aguas abajo e integrada en la misma.

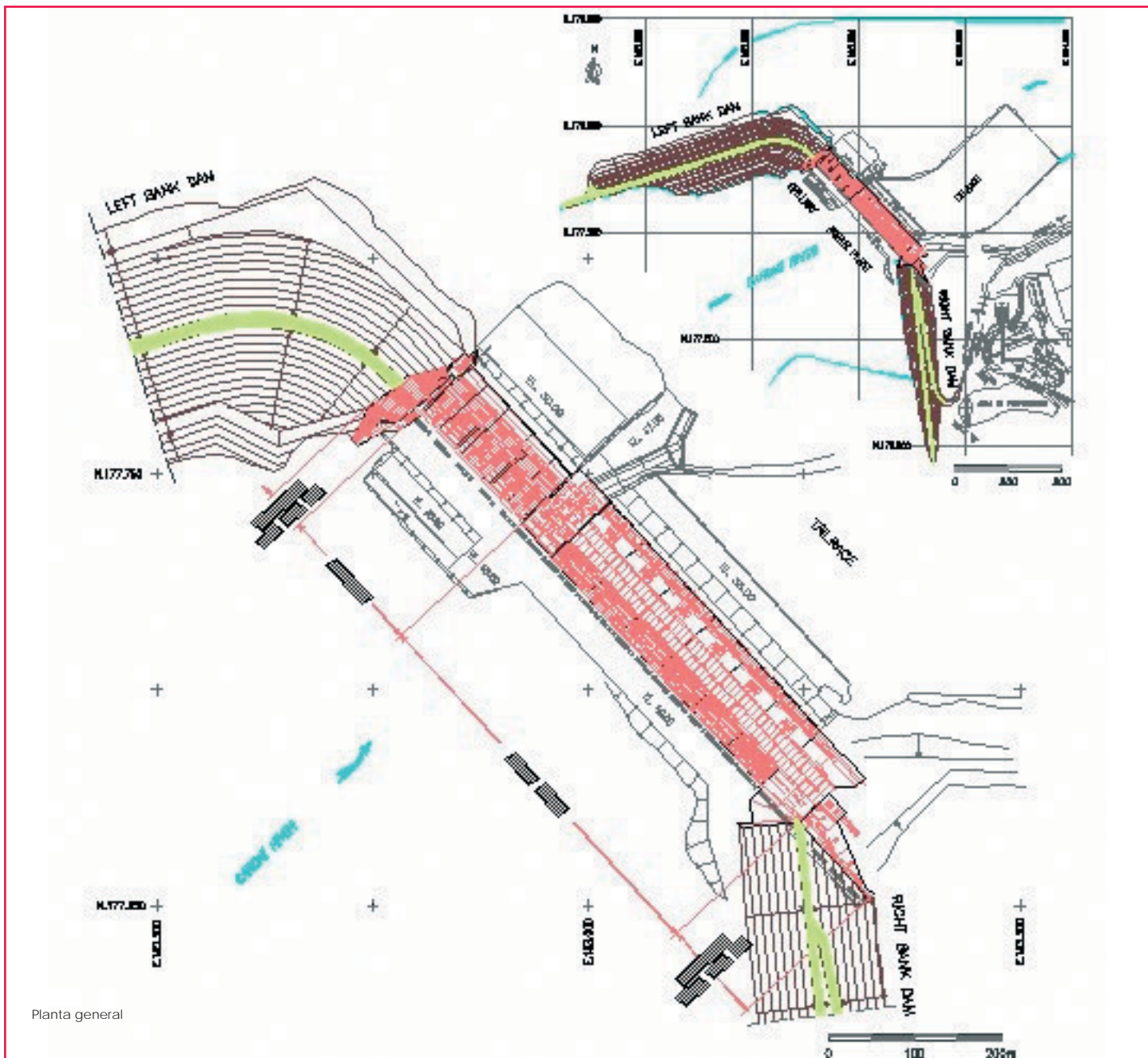
Esta central alberga doce turbinas Kaplan de 180 MW cada una que mueven sendos generadores de igual potencia. Las tomas están diseñadas para un caudal de 6.000 m³/sg que es el caudal que turbinla central de Guri ubicada aguas arriba de Caruachi.

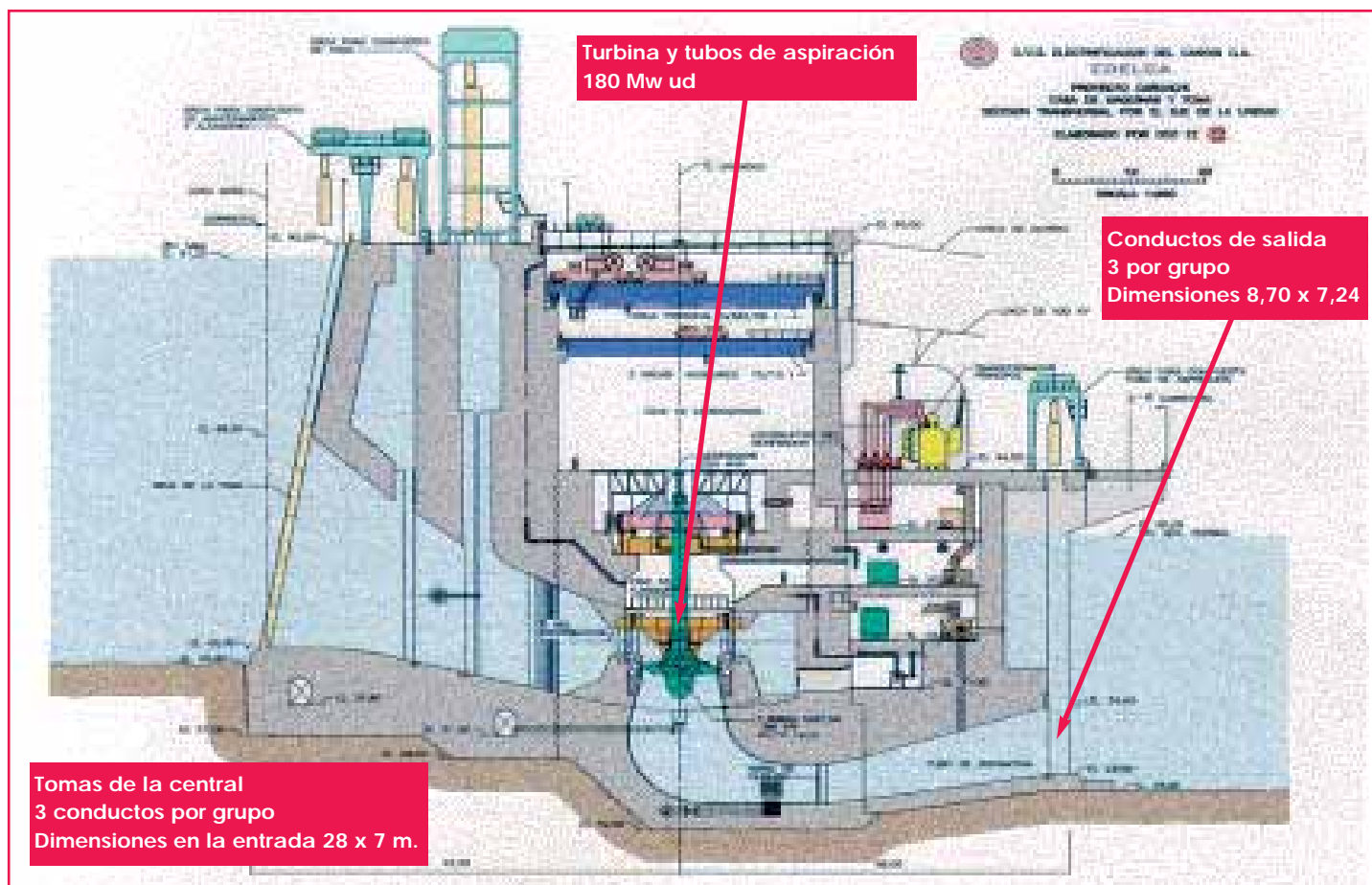


Presa márgen derecha

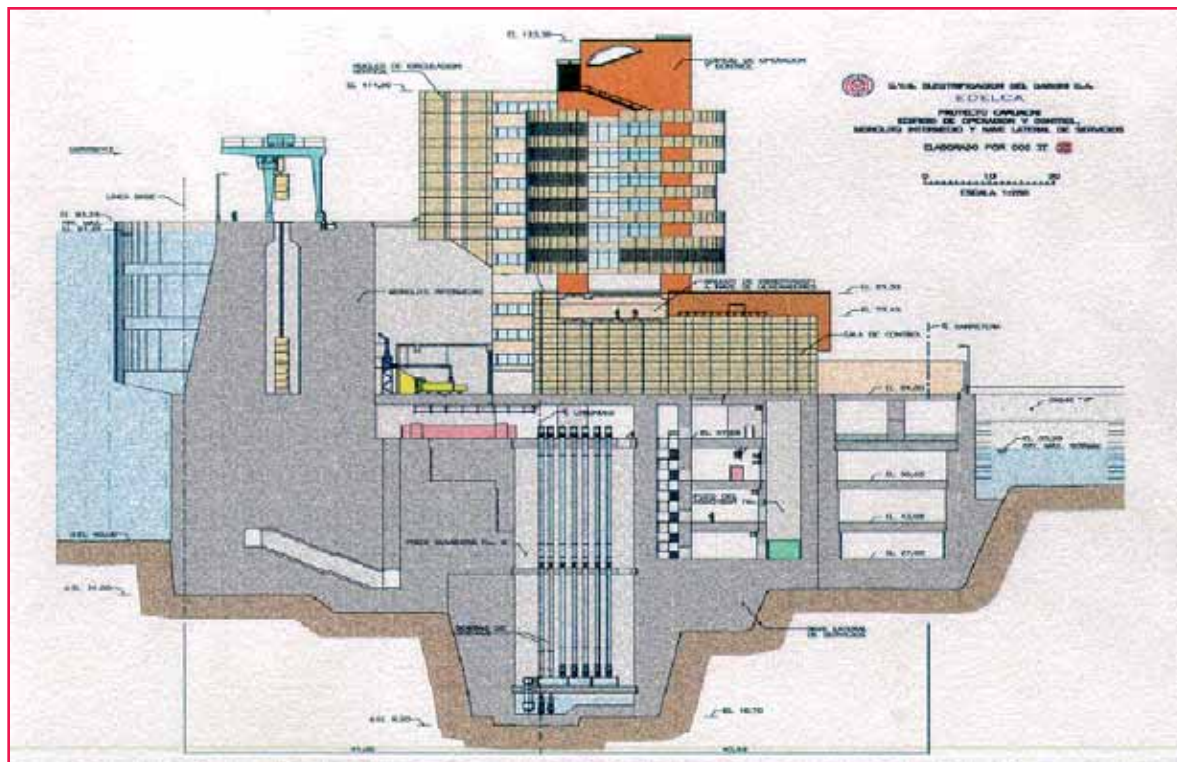


Esta central alberga doce turbinas Kaplan de 180 MW cada una que mueven sendos generadores de igual potencia. Las tomas están diseñadas para un caudal de 6.000 m³/sg que es el caudal que turbina la central de Guri ubicada aguas arriba de Caruachi.





Sección tipo por la central



Sección por el monolito intermedio



La cámara espiral, como en casi todo este tipo de turbinas, no está blindada pero si lo está el tubo de aspiración, el cual es único en la salida de cada grupo para dividirse posteriormente en tres conductos al objeto de minimizar las dimensiones de las compuertas de aspiración.

Longitudinalmente la presa y central presenta una serie de zonas diferenciadas que coinciden con los elementos típicos de una central hidroeléctrica.

En primer lugar se encuentra la zona de la nave de montaje destinada a servir de área para el ensamble de los elementos mas voluminosos de las turbinas y generadores, típicamente los rotores y ejes de cada uno de ellos.

Posteriormente se encuentra la nave de grupos, el área mas extensa de la central, donde se encuentran ubicados los doce grupos turbina – generador.

Al final de la central se encuentra el denominado monolito intermedio, en el cual se encuentran ubicados el edificio administrativo y de control del complejo, así como los accesos a la nave de la central, escaleras y elevadores. Mención especial merece el diseño del edificio mencionado de planta circular el cual aportará una singularidad arquitectónica al proyecto.

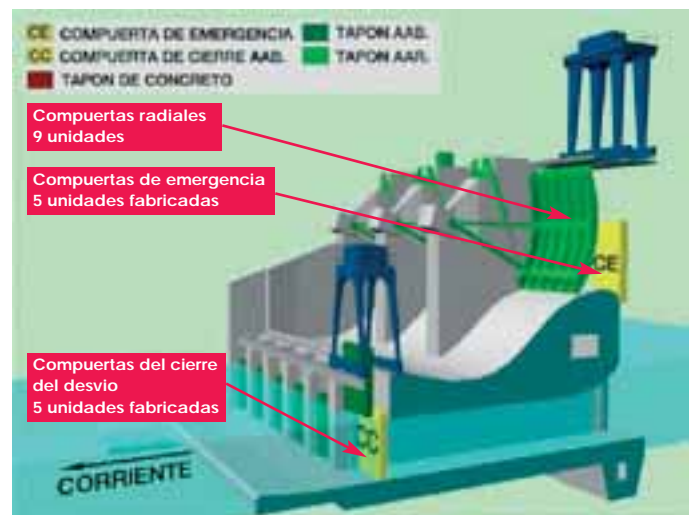
Transversalmente podemos observar que la presa y central está dividida en tres secciones de aguas arriba a aguas abajo, cada una de estas secciones se encuentra diferenciada de las otras mediante una junta de construcción que se inyecta posteriormente

Primeramente se encuentra la zona de Tomas, su perfil es el de una presa de gravedad cimentada en la cota 28 y coronada en la 93,25. En ella se encuentran insertas las tomas de agua de los grupos, la toma de cada uno de ellos consta de tres conductos que en el paramento aguas arriba alcanzan una altura de 27 m teniendo una anchura constante de 6,40 mt

Estos conductos de tomas se encuentran provistos de rejillas de entrada de 7 x 28 m y de compuertas de mantenimiento y maniobra de 6,40 x 24 y 7 x 16,80 m respectivamente. Estas compuertas son maniobradas por un puente grúa que rueda por la cota de coronación.

A continuación se encuentra la zona de la central propiamente dicha. Esta zona está cimentada a la cota 19 y corona a la misma que la presa, 93,25. Sus grandes dimensiones son debidas al tipo de turbinas que se instalan en ella (12 grupos Kaplan), cuya necesidad de funcionar con altos caudales obliga a grandes dimensiones en los circuitos hidráulicos.

La cámara espiral, como en casi todo este tipo de turbinas, no está blindada pero si lo está el tubo de aspiración, el cual es único en la salida de cada grupo para dividirse posteriormente



Sección tipo por el aliviadero

en tres conductos al objeto de minimizar las dimensiones de las compuertas de aspiración.

Por último, aguas abajo, se encuentra la zona denominada nave de servicios. Esta zona está cimentada a la cota 21 y corona en la cota 64,50 en donde se instala el patio de transformadores de potencia y la salida de líneas. Consta de una serie de pisos en los cuales se ubican los equipos auxiliares de la central.

Por la explanada de la cota 64,50 rueda el puente grúa destinado a maniobrar las compuertas de aspiración, 3 por cada grupo, cuyas dimensiones son 7,20 x 8,70 mt.

Es de destacar que ninguna de estas tres secciones es estable, por sí misma, frente a los empujes hidrostáticos, siendo preciso el conjunto de ellas para equilibrar dichos empujes.

- **Aliviadero:** situado a continuación de la presa y central. En su sección transversal podemos ver que está cimentado a la cota 33 y corona, como la presa, a la 93,25.

Este aliviadero está diseñado para un caudal de 30.000 m³/sg. El perfil del mismo es un Creager y acaba en un trampolín que lanza el agua a un cuenco de amortiguación excavado directamente en la roca.



Mención especial merecen los elementos hidro y electromecánicos del proyecto no solamente por sus dimensiones fuera de lo común, que en varios aspectos representan records mundiales en su tipo, sino también por las dificultades técnicas que han representado tanto su diseño como su construcción.



Presa margen izquierda

Este Aliviadero consta de nueve vanos de 15,20 mt de anchura cerrados por compuertas motorizadas tipo Taintor de la misma anchura y 21,66 mt de altura. Asimismo cada vano está dotado con una compuerta de mantenimiento de 16,50 x 15, 20 mt que es maniobrada por un pórtico grúa que rueda sobre el puente.

En su parte inferior este aliviadero aloja 18 conductos de 6 x 9 mts destinados a constituir el desvío del río en la segunda fase de ejecución de la obra, de la cual hablaremos mas adelante. Dichos conductos tienen previstas compuertas de emergencia aguas arriba de 6,50 x 15,00 mt y compuertas de cierre aguas abajo de 6,40x 9,30 mt con las que se realizarán, en su día, las maniobras de cierre de desvío y comienzo de embalse, las cuales comentaremos también mas adelante.

- **Presa transición margen izquierda:** presa de gravedad de 57 mt de altura que, al igual que la presa transición de la margen derecha, está destinada a ser la aleta donde se estrecha la presa de escollera de la margen izquierda.
- **Presa margen izquierda:** presa de escollera con núcleo de arcilla. Altura sobre cimientos 57 mts. Longitud de coronación 4,6 Kmt. Volumen aproximado de cuerpo de presa 9 millones de m³.

- **Canal de descarga:** excavado en roca, tiene mas de 400 mts de anchura y un volumen aproximado de excavación de 3,5 millones de m³. Con los productos de la excavación de este canal se fabricaron los áridos para hormigones. La roca constitutiva de la zona es una granodiorita masiva denominada "granito guayanés" en la terminología local.

Adicionalmente fue preciso construir varios kilómetros de ataguías de escollera con núcleo de arcilla, la mayor parte de ellas semisumergidas, decenas de kilómetros de carreteras y caminos de acceso y explanar varios kilómetros cuadrados para que pudieran servir de ubicación a oficinas, campamentos e instalaciones de obras.

Descripción de los elementos hidromecánicos del proyecto.....

Mención especial merecen los elementos hidro y electromecánicos del proyecto no solamente por sus dimensiones fuera de lo común, que en varios aspectos representan records mundiales en su tipo, sino también por las dificultades técnicas que han representado tanto su diseño como su construcción.

Elementos hidromecánicos de las tomas

La central, como se ha comentado anteriormente, contiene 12 unidades tipo Kaplan de 180 MW cada una que en el momento de su construcción son las mayores turbinas del mundo en su tipo. Cada una de estas unidades está alimentada por tres conductos, lo cual hace un total de 36 conductos, y cada uno de estos conductos dispone de una reja, una compuerta de mantenimiento y una compuerta de maniobra.

A continuación pasamos a describir brevemente las características de estos elementos.

Rejas (36 unidades)

Están diseñadas para impedir la entrada de elementos flotantes en las cámaras espirales de las turbinas, son del tipo de izado inclinado y apoyo aguas abajo. Se operan mediante vi-



Las compuertas de tipo vagón, de izado vertical con el sistema de sellado hacia aguas arriba. Están formadas por 6 secciones de pesos comprendidos entre 10 y 17 toneladas, pesando la compuerta completa 90 toneladas. Estas secciones están articuladas entre sí con pasadores y eslabones de acople al objeto de permitir movimientos angulares relativos.



Rejas

ga de izamiento y grúa pórtico, la misma que para las compuertas de mantenimiento y maniobra.

La reja completa pesa 42,3 t. Para facilitar su manejo están divididas en 5 secciones cuyo peso se encuentra en el entorno de las 8,5 t.

Sus dimensiones, ciertamente notables, alcanzan una altura de 25 m, una anchura de 7 m y un canto de 1,3 m.

Compuertas de mantenimiento de toma (36 unidades)

Son tableros metálicos que están previstos para ser operados con presiones equilibradas en aguas muertas. Están diseñados como tableros ortótropos con el marco de sellado aguas abajo. Su operación está prevista mediante viga de

izamiento y grúa pórtico, la misma que para las compuertas de maniobra.

El peso de la compuerta completa alcanza las 64,7 t. Para facilitar su manejo y montaje están formadas por 4 secciones de un peso aproximado a las 16,2 t.

Sus dimensiones, notables como en el caso anterior, alcanzan los 19,2 m de altura, una anchura de 6,45 m y un canto de 1,25 m.

Compuertas de maniobra (9 unidades)

Son compuertas de tipo vagón, de izado vertical con el sistema de sellado hacia aguas arriba. Están formadas por 6 secciones de pesos comprendidos entre 10 y 17 toneladas, pesando la compuerta completa 90 toneladas. Estas secciones están articuladas entre sí con pasadores y eslabones de acople al objeto de permitir movimientos angulares relativos.

Compuerta de maniobra



El aliviadero está dividido en 9 vanos de 15,24 m de anchura, cada uno de estos vanos emplaza una compuerta radial de 20 m de radio y está preparado para recibir una compuerta de mantenimiento en caso de que sea necesaria.

Cada sección está diseñada para no sobrepasar la carga máxima prevista por rueda. Sus dimensiones son: 16,55 m de alto, 7 m. de ancho y el canto de la compuerta es de 1,3 m. La cota superior de la compuerta cerrada se sitúa 55,43 m.s.n.m y la cota inferior de la compuerta cerrada a 38,88 m.s.n.m.

Una vez en operación, mediante grúa pórtico, las 3 compuertas de cada turbina cerrarán o abrirán simultáneamente, operadas mediante una viga de izamiento de 2,75 toneladas.

Compuertas de Aspiración

La aspiración está formada por los 36 conductos de descarga de las 12 turbinas (3 por cada unidad al igual que las tomas), al final de los cuales se encuentran 36 compuertas tipo vagón de izado vertical y sellado aguas arriba.

Estas compuertas están formadas por dos secciones de 14,4 y 14,1 toneladas y son operadas por grúa pórtico y viga de izamiento.

Sus dimensiones son: 8,7 m de altura, 7,24 m de ancho y 1,3 m de espesor. Su peso total es de 28,5 toneladas, situándose la cota superior de la compuerta cerrada 34,7 m.s.n.m y la cota inferior 26 m.s.n.m.

Aliviadero. Compuertas Radiales

El aliviadero tiene una capacidad de descarga de 30.000 m³/seg con una longitud de 178,16 m. El borde de descarga se encuentra a la elevación 70,55 m.s.n.m.

El aliviadero está dividido en 9 vanos de 15,24 m de anchura, cada uno de estos vanos emplaza una compuerta radial de 20 m de radio y está preparado para recibir una compuerta de mantenimiento en caso de que sea necesaria.

Características de las compuertas radiales

Como se ha comentado anteriormente el aliviadero se compone de nueve (9) compuertas radiales de descarga superficial, con un radio de 20 m, y unas dimensiones de 15,24 m de ancho por 21,66 m de altura (actualmente las mayores del mundo en su género). Su peso alcanza las 250 toneladas que se distribuyen de la siguiente manera:



Compuertas radiales

- Cuerpo de la Compuerta	150 t.
- Brazos y Muñones	67 t.
- Muñones	16 t.
- Soportes de los Cilindros	15 t.

Los cilindros hidráulicos tienen una capacidad de 2.200 kN, miden 13,13 m y tienen una carrera de 11,2 m. Su diámetro es de 530 mm y el de los vástagos alcanza los 280 mm. Su peso sin aceite es 11,5 toneladas (13,5 toneladas en operación llenos de aceite) cuando la compuerta está cerrada.

Características de las compuertas de mantenimiento

En cada uno de los nueve vanos se encuentran instaladas guías para la colocación de las compuertas de mantenimiento. Dichas compuertas son tableros ortótropos con sellado en la cara aguas abajo. Han sido fabricadas dos unidades de 23,76 m de alto por 16,10 m de ancho y un canto de 1,65 m. Su peso total es de 200 toneladas y para facilitar su transporte y manejo están formadas por 10 secciones.

Una vez armadas las 10 secciones, la compuerta es colocada por una viga de izamiento cuyo peso es de 6,10 toneladas.



Las maniobras de cierre se realizaron según los protocolos de cierre desarrollados por EDELCA. Dichos protocolos abarcaban tanto la operación de cierre en condiciones normales, desde el extremo aguas abajo del conducto (compuerta de cierre), como en caso de emergencia, desde su extremo aguas arriba (compuerta de emergencia).



Secciones de las compuertas de mantenimiento

Maniobra de cierre. Compuertas de cierre de conductos

Descripción de la maniobra

Como se ha comentado anteriormente, en una tercera fase de ejecución, necesaria para la puesta en marcha de las unidades de generación, se procedió al cierre de los 18 conductos de desvío situados en la parte baja del aliviadero.

Este cierre se realizó desde el extremo aguas abajo de cada conducto, y de manera secuencial, desde el conducto situado en la margen derecha hacia la izquierda. Este plan de operación contempla la posible ocurrencia de alguna situación excepcional que dificulte el cierre normal desde aguas abajo. En este caso el cierre se llevó a cabo desde el extremo aguas arriba. Por ello, se contó con una compuerta para el cierre normal y otra de emergencia, así como sendas grúas ubicadas una en cada extremo del conducto.

Es de resaltar la dificultad en el cierre de los últimos conductos que se llevó a cabo con caudales en cada uno de ellos próximos a los 1.000 m³/s y aproximadamente una carga hidráulica de 22 m.

Las maniobras de cierre se realizaron según los protocolos de cierre desarrollados por EDELCA. Dichos protocolos abarcaban

tanto la operación de cierre en condiciones normales, desde el extremo aguas abajo del conducto (compuerta de cierre), como en caso de emergencia, desde su extremo aguas arriba (compuerta de emergencia).

El comienzo de dicha maniobra se realizó en octubre del año 2002 finalizando la misma en el mes de diciembre de dicho año.

La operación con estos últimos conductos, y en particular, la del último por tratarse de la situación más desfavorable (máximo caudal y máxima carga) justificó el encargo, por parte de DRAGADOS CONSTRUCCIÓN P. O. S. A., del estudio en modelo reducido en el Laboratorio de Modelos Reducidos del

Compuerta de cierre del desvío





Compuertas de Emergencia del desvío

Dpto. de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental de la Universitat Politècnica de Catalunya. De la realización y resultados de los mismos, de suma importancia para el diseño de las compuertas y de la maniobra en sí misma, se tratará mas adelante.

Características

El diseño de las compuertas está guiado en gran parte por la elección de las ruedas. Para que el número de cuerpos fuese razonable, se ha previsto para las mismas una capacidad de carga ligeramente superior a 1.600 kN en caso de carga normal.

De acuerdo con el cliente se han diseñado trabajando sobre un eje en voladizo, con rodamiento oscilante y llanta plana. Su diámetro es de 700 mm y la llanta tiene 160 mm de anchura, con dureza superficial superior a BHN 270, lo que supone una tensión de rotura en el acero de la misma $f_u \geq 900 \text{ N/mm}^2$

Las compuertas se han dividido en cuerpos articulados entre sí, cuyo número y altura se han elegido de forma que cada uno de ellos reciba un empuje no superior a la capacidad portante de las 4 ruedas de que dispone.

Las compuertas de cierre se han dividido en dos cuerpos de igual altura debido a la presencia de agua contra las dos caras siendo sus dimensiones de 9,73 m de altura por 6,46 m de anchura totalizando un peso de 53 t incluido el lastre.

Las compuertas de cierre se han dividido en dos cuerpos de igual altura debido a la presencia de agua contra las dos caras siendo sus dimensiones de 9,73 m de altura por 6,46 m de anchura totalizando un peso de 53 t incluido el lastre.

Las de emergencia constan de 6 cuerpos de alturas comprendidas entre 2.014 y 2.772 mm, totalizando unas dimensiones de 11,83 por 6,46 metros con un peso de 71,5 t.

La pantalla se sitúa siempre al lado del conducto, esto es, aguas arriba para las compuertas de cierre y aguas abajo para las de emergencia. La rigidización se realiza con dos vigas horizontales principales, 5 horizontales intermedias y 6 vigas verticales. De éstas, las exteriores y sus contiguas soportan además los ejes de las ruedas.

Memoria de ejecución

Fases de Ejecución

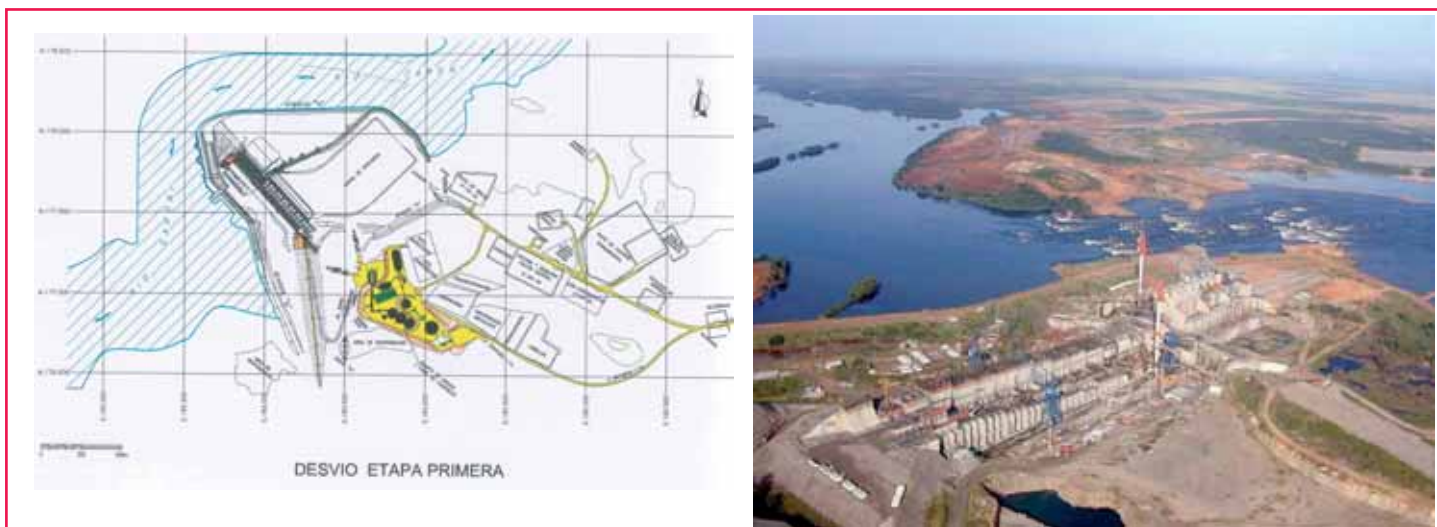
El proceso de construcción del proyecto está dividido, fundamentalmente, en tres fases:

- En una primera fase se construye, mediante ataguías, un recinto estanco derivando el río Caroní por un canal de más de 600 ml de anchura en la margen izquierda. Al abrigo de este

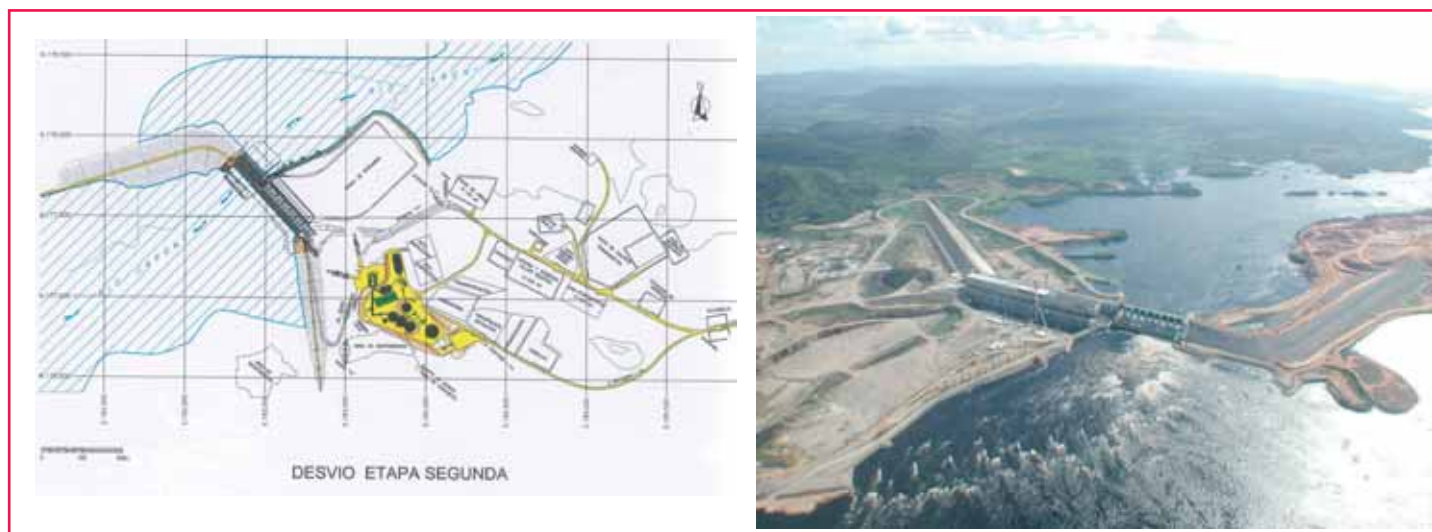
recinto se ejecutan las excavaciones de la central presas y aliviadero, las del canal de descarga; la presa margen derecha; las obras civiles de la presa de hormigón, presas de transición; zona turbogeneradora y aliviadero. Asimismo, para poder comenzar la etapa siguiente, se ejecutan todos los montajes de compuertas afectados por la retirada de las ataguías aguas arriba (compuertas taintor del aliviadero, compuertas de cierre de los conductos de desvío, compuertas de las tomas de los grupos turbogeneradores). A la vez que se ejecutan los trabajos anteriores se construye la zona de la presa de margen izquierda que no está afectada por el cauce del río.

- En una segunda fase se retiran las ataguías aguas arriba y se desvía el río Caroní por los conductos del aliviadero mencionados anteriormente. Finalizada esta maniobra, que sólo es posible ejecutar durante el período de estiaje, se comienza la construcción de la presa margen izquierda afectada por el anterior desvío. A la vez se sigue trabajando en la zona turbogeneradora, principalmente en el montaje de las unidades, equipos auxiliares y en la obra civil asociada a estos trabajos de montaje.

Esquema y fotografía de la primera fase de construcción



La pantalla se sitúa siempre al lado del conducto, esto es, aguas arriba para las compuertas de cierre y aguas abajo para las de emergencia. La rigidización se realiza con dos vigas horizontales principales, 5 horizontales intermedias y 6 vigas verticales. De éstas, las exteriores y sus contiguas soportan además los ejes de las ruedas.



Esquema y fotografía de la segunda fase de construcción

- En una tercera fase se procede a cerrar los conductos de desvío mediante compuertas y se retiran las ataguías aguas abajo,

de esta manera se inunda el canal de descarga y comienza la puesta en marcha secuencial de las unidades de generación.

Tercera fase de construcción; inundación del canal de descarga y cierre de los conductos del desvío



La etapa del desvío del río por los conductos del aliviadero resultó más bien peculiar debido a la particular geometría de dichos conductos. En primer lugar, antes de retirar la ataguía aguas arriba del aliviadero, se colocaron unos tapones metálicos (6,80 x 13,86 m) con el fin de impedir el deslizamiento de rocas y tierra dentro de los conductos.

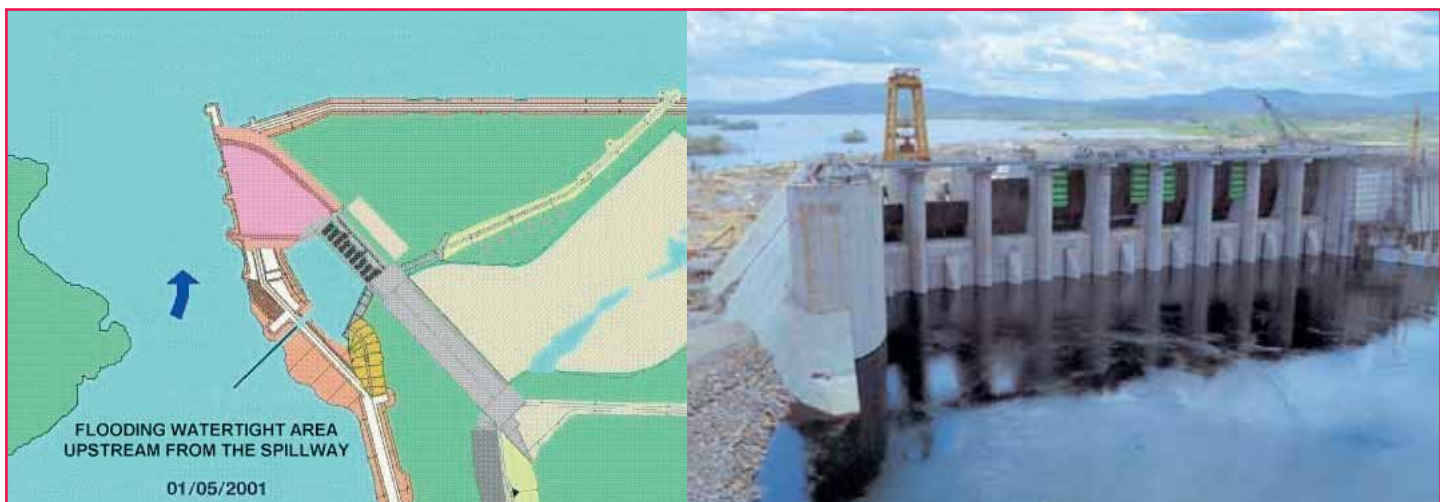
Maniobra de desvío

La maniobra de desvío del río necesitó de una cuidadosa planificación y ejecución por etapas.

Como se había previsto, la primera fase de construcción se terminó en mayo de 2001 y se comenzó la maniobra de desvío del río Caroní por los conductos del aliviadero.

Para realizar esta operación, fueron necesarias las siguientes etapas secuenciales que representamos gráficamente:

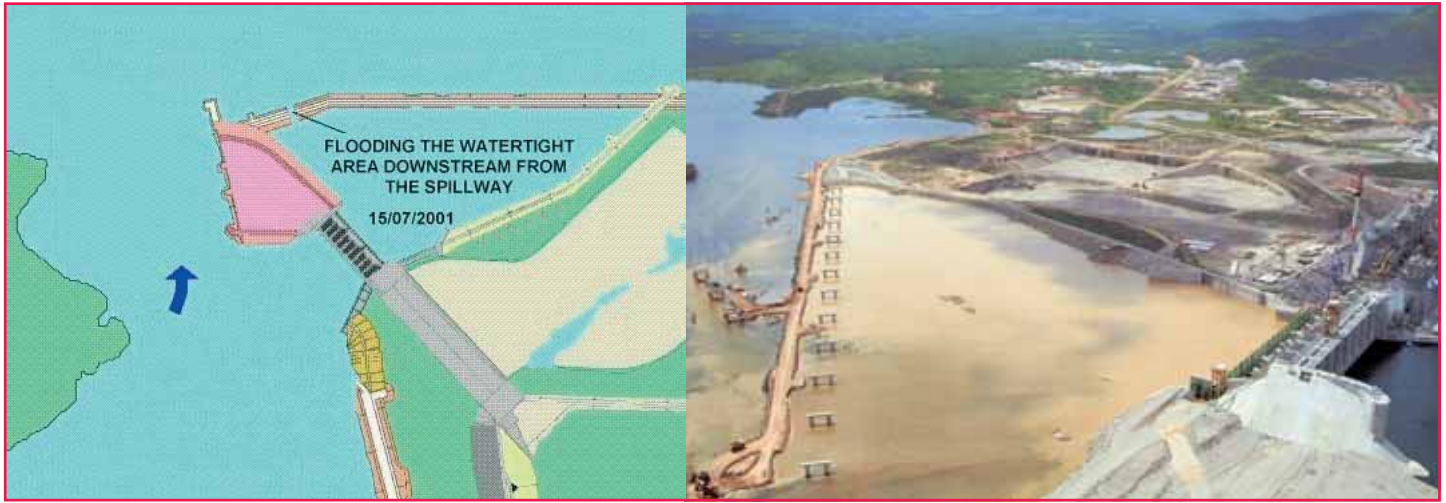
- Inundación de la zona estanca aguas arriba del aliviadero.



- Retirada de la ataguía aguas arriba del aliviadero.



- Inundación de la zona estanca aguas abajo del aliviadero.



- Retirada de la ataguía aguas abajo del aliviadero.



- Desvío del río Caroní por los conductos del aliviadero.



- Construcción de las ataguías C y D a la cota 61.

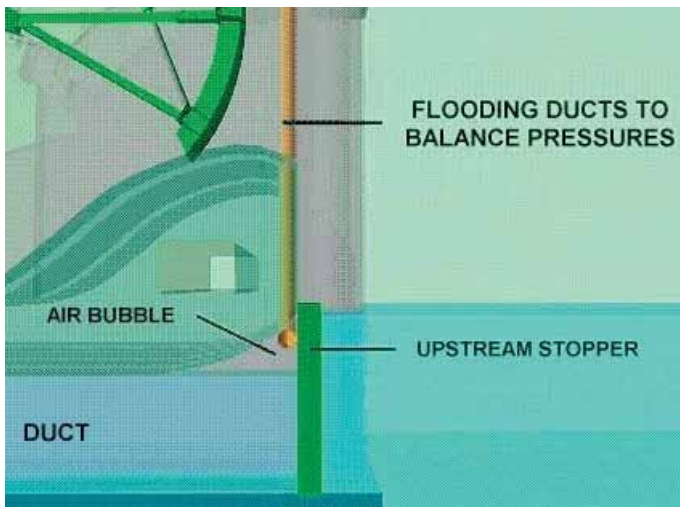


- Construcción de las ataguías C y D a la cota 70 y cimentación de la presa en la margen izquierda, afectada por el cauce del río.

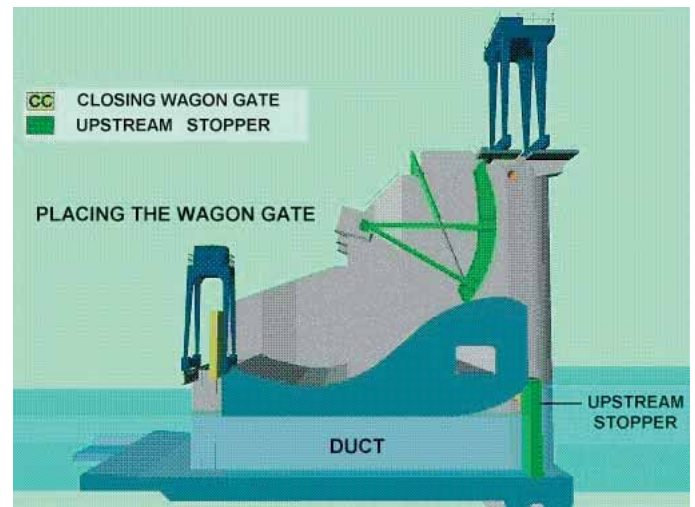


- Ejecución de la presa en la margen izquierda.

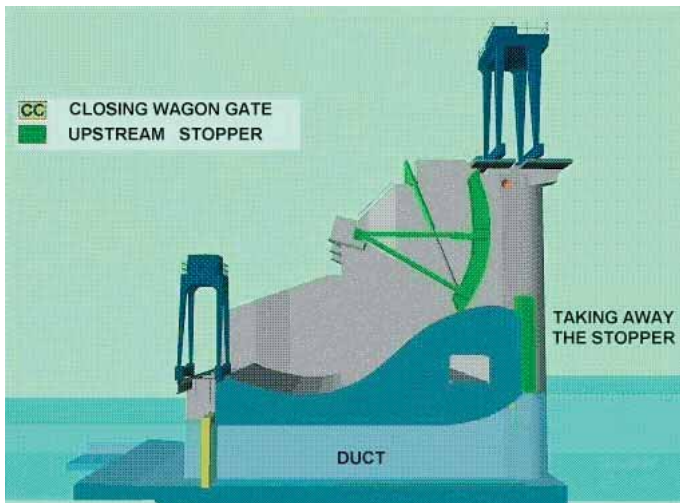




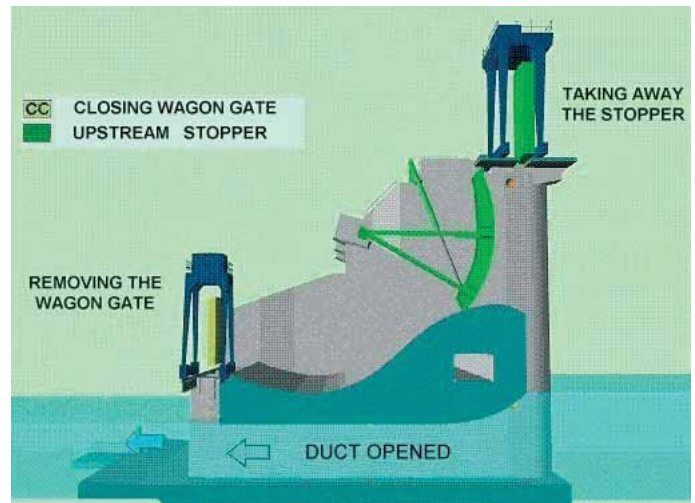
Colocación de la compuerta vagón



Equilibrado de presiones



Retirada del tapón



Retirada de la compuerta vagón

La etapa del desvío del río por los conductos del aliviadero resultó más bien peculiar debido a la particular geometría de dichos conductos. En primer lugar, antes de retirar la ataguía aguas arriba del aliviadero, se colocaron unos tapones metálicos (6,80 x 13,86 m) con el fin de impedir el deslizamiento de rocas y tierra dentro de los conductos. Dichos tapones no fueron diseñados para ser movidos bajo presiones de agua o presiones inestables; ésta es la razón por la cual tuvieron que ser realizadas algunas operaciones auxiliares antes de retirar los mismos. Estas maniobras fueron ayudadas por la compuerta vagón colocada aguas abajo, que se utilizó posteriormente para llevar a cabo la operación del cierre de los conductos con el fin de llenar el embalse y poner en marcha los generadores.

Las operaciones que comportó esta operación de apertura fueron las siguientes:

- Colocación de la compuerta vagón
- Inundación de los conductos para equilibrar las presiones
- Retirada del tapón

- Retirada de la compuerta vagón y paso libre al flujo de agua a través de los conductos.

Maniobra de cierre del desvío de río

Los conductos situados bajo el aliviadero, y la operación de cierre fueron diseñados en el laboratorio de EDELCA (Marcano et al. (1998)). Durante el período que funcionaron como elementos de desvío del río, los 18 conductos trabajaron en lámina libre para caudales inferiores a unos 5.000 m³/s, para caudales mayores y hasta los 13.000 m³/s estuvieron en presión, condicionados además por el remanso producido por la presa de Macagua situada aguas abajo.

Una vez finalizada la construcción de la presa, se procedió al cierre y sellado de los citados conductos con el fin de permitir el llenado del embalse. El cierre previo (Marcano et al. (1998)) realizólo desde su extremo aguas abajo, y de manera secuencial,





(1)



(2)



(3)



(4)

desde el conducto situado en la margen derecha hacia la izquierda. Este plan de operación contemplaba la posible ocurrencia de alguna situación excepcional que dificultase el cierre normal desde aguas abajo. En este caso el cierre se hubiera llevado a cabo desde el extremo aguas arriba. Por ello, se contó con una compuerta para el cierre normal y otra de emergencia, así como sendas grúas ubicadas una en cada extremo del conducto.

En condiciones normales, el protocolo de cierre de uno de los 18 conductos se llevó a cabo como sigue:

1. Se presenta la compuerta de emergencia aguas arriba.
2. Se coloca y se hace descender la compuerta de cierre aguas abajo.
3. Se saca la compuerta de emergencia de la ranura y se sitúa en la posición de descanso.
4. Se levanta la compuerta de cierre aguas abajo.
5. Se coloca un tapón metálico en la boca aguas abajo.



(5)





(6)



(7)



(8)

6. Se coloca un tapón metálico en la boca aguas arriba.
7. Se achica el agua del interior del conducto.
8. Se clausura el conducto con un tapón de hormigón en su interior.

Es importante reseñar la dificultad en el cierre de los últimos conductos, ya que se realizó con caudales en cada uno de ellos próximos a los $1.000 \text{ m}^3/\text{s}$ y aproximadamente una carga hidráulica de 22 m. La operación con estos últimos conductos, y en particular, la del último por tratarse de la situación más desfavorable (máximo caudal y máxima carga) justificó el encargo del estudio en modelo reducido en el *Laboratorio de Modelos Reducidos del Dpto. de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental de la Universitat Politècnica de Catalunya*.

Ensayo en modelo reducido

Instalación experimental

El modelo se construyó a escala 1/20 y se operó según el criterio de semejanza de Froude. Tal y como se ha dicho, reprodujo el conducto número 18, el último que estaba previsto cerrar. Por tanto, se trata del conducto que presentó un mayor caudal en el momento del cierre, puesto que el nivel en el embalse se encontraría a la máxima cota (cota 80 m). Aguas abajo, el río se sitúa a la cota 56.5 m.

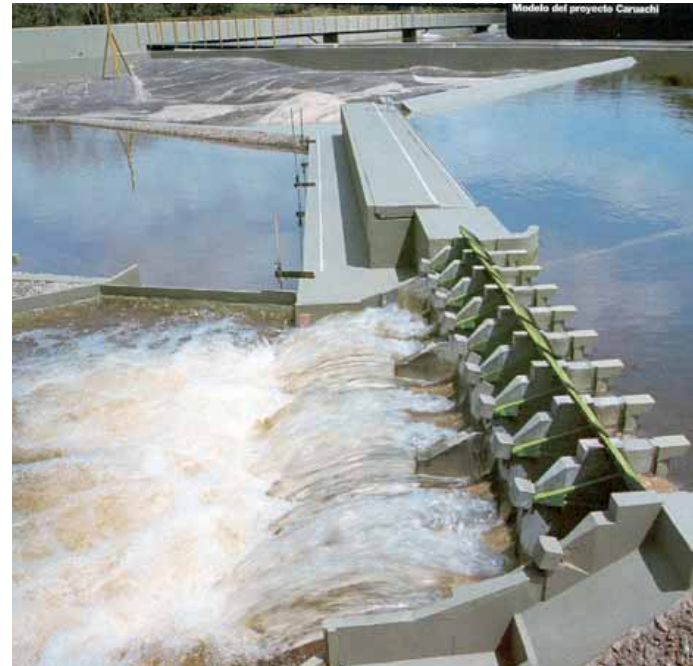
En el modelo, las compuertas se suspendieron mediante un cable, que a su vez se fijó a una célula de carga. Las rigideces del sistema de sustentación fueron simuladas en el modelo con un muelle calibrado que se fijó al cable de sujeción. Experimentalmente se ajustaron las rigideces del modelo. Para ello se determinaron las frecuencias propias del conjunto formado por las compuertas y el sistema de suspensión de las mismas. Los ensayos consistieron básicamente en la captación mediante acelerómetros de la respuesta vibratoria en dirección vertical a excitaciones de carácter impulsivo.

Aunque el modelo sólo contempló un conducto, aguas arriba (embalse) y aguas abajo (río) se reprodujo un ancho equivalente a tres conductos. De este modo se tuvieron en cuenta las posibles influencias que los flujos de entrada y salida pudieran te-

Es importante reseñar la dificultad en el cierre de los últimos conductos, ya que se realizó con caudales en cada uno de ellos próximos a los 1.000 m³/s y aproximadamente una carga hidráulica de 22 m.



Vista general del modelo. A la derecha se aprecia el depósito cabecera (embalse), y a la izquierda el depósito de desagüe (río) y en la parte central el conducto



Modelo a escala 1/80

de conductos próximos pudieran tener en el aquí ensayado. Después de realizadas estas actividades se concluyó que el modelo utilizado no estaba afectado por incertidumbres relacionadas con el ámbito modelado aguas arriba y abajo.

Comportamiento hidráulico del conducto.

Descripción del flujo

Al analizar el flujo para las diferentes aperturas de las compuertas de cierre y emergencia (25%, 50%, 75% y 100%) se apreció toda una casuística de comportamiento hidráulico en el conducto:

- Compuerta de emergencia (aguas arriba) completamente abierta: el flujo en el conducto es a presión sea cual sea la posición de la compuerta de cierre (aguas abajo).



El caudal desaguado depende de la posición de la compuerta de emergencia únicamente cuando la apertura de la compuerta de cierre es superior a un determinado valor. Ello, como es lógico, está vinculado a la existencia o no de lámina libre.



Resaltos hidráulicos en el conducto

- Compuerta de cierre completamente abierta: aparece flujo en lámina libre para aperturas de la compuerta de emergencia igual o inferiores al 75%.
- Ambas compuertas parcialmente cerradas: sólo se aprecia lámina libre para una apertura del 75% en la compuerta de cierre y un 25% en la de emergencia, tal y como puede verse en la Figura 2 y la Figura 3. La presencia de lámina libre requiere una apertura menor en la compuerta de emergencia a medida que también es menor la apertura de la compuerta de cierre.

La presencia de un flujo en lámina libre estuvo acompañada por un movimiento altamente desordenado, de carácter pulsátil y acusadamente inestable. Ello ocasionaba importantes solicitaciones mecánicas sobre el conducto y las compuertas. Esta situación se hizo muy patente para los casos: apertura 100% en compuerta de cierre y 50% en la de emergencia; 100% cierre y 25% emergencia; 75% cierre y 25% emergencia.

Capacidad de desagué del conducto

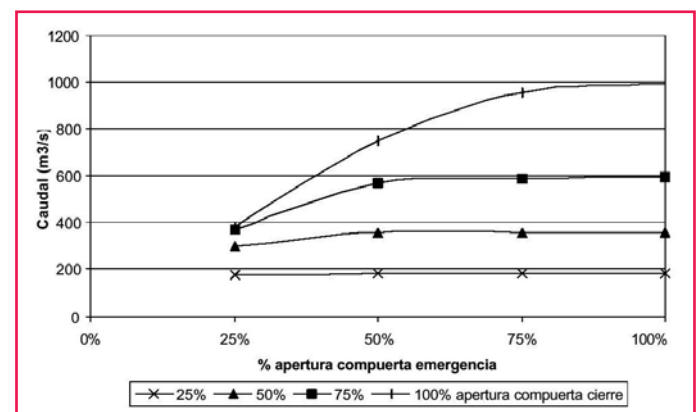
Se analizó el caudal que circula por el conducto bajo diversas posiciones de las compuertas. Cuando ambas están completamente abiertas el caudal era de 994 m³/s. El caudal desaguado depende de la posición de la compuerta de emergencia únicamente cuando la apertura de la compuerta de cierre es superior a

un determinado valor. Ello, como es lógico, está vinculado a la existencia o no de lámina libre.

En el esquema adjunto se muestra el caudal de desagué por el último conducto a cerrar, en función de las diversas aperturas de ambas compuertas, y bajo las condiciones previstas de funcionamiento: cota 80 m en el embalse y 56.5 m en el río.

Aireación del conducto

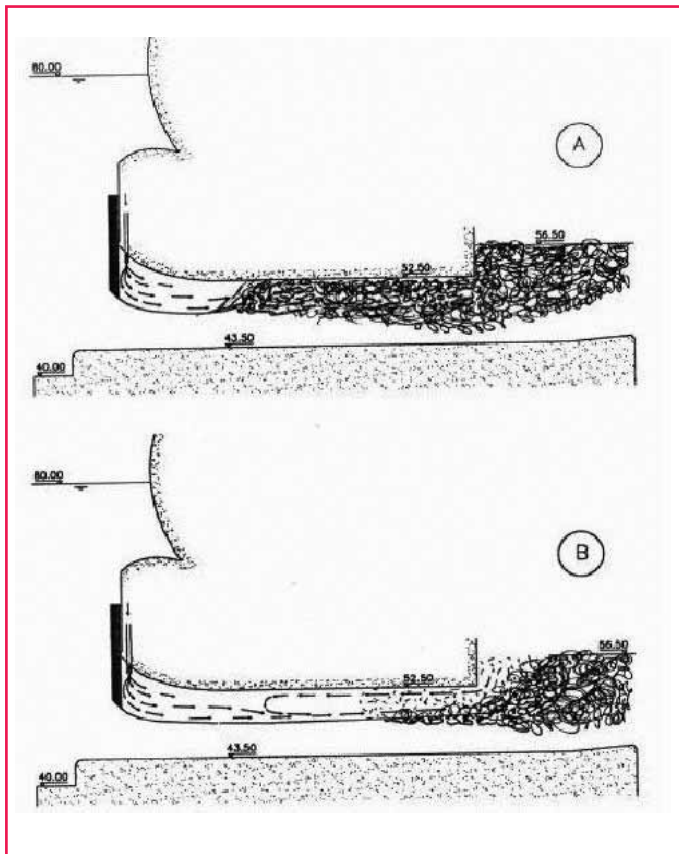
La presencia de un flujo en lámina libre hizo necesaria la aireación de la zona de conducto libre de agua. Por este motivo se instaló una tubería de aireación.



Caudal de desagué. Embalse a la cota 80 m y río a la 56,5 m



Del análisis de las presiones en siete puntos del conducto (tres en la solera, tres en las ranuras de las compuertas y una en la pared lateral izquierda a la salida del conducto) no se desprende que exista riesgo de cavitación. La existencia de lámina libre conlleva una mayor variabilidad temporal en las presiones, lo que está asociado al marcado carácter desordenado del flujo.



Posibles esquemas de flujo en lámina libre. Arriba con resalto en el interior del conducto y entrada en carga del mismo. Abajo todo el conducto en lámina libre. Las flechas indican la circulación del aire.

La presencia de lámina libre viene acompañada de una periódica entrada en carga en el extremo aguas abajo del conducto. Asimismo se presentó una depresión en la zona de conducto libre de agua. Todo ello se tradujo en un flujo en el conducto altamente irregular, espacial y temporalmente. Ello le confirió un carácter pulsátil y pseudoestacionario, de manera que se observó un periódico avance y retroceso del frente agua-aire que pone en contacto con el techo del conducto a la masa de agua que avanza. Esta variabilidad en el flujo llevaba asociada la variabilidad en la depresión

existente en la zona del conducto no ocupada por el agua, y ambas estaban estrechamente vinculadas a la capacidad de la tubería de aireación cuando ésta no era suficiente.

Se ha establecido que el diámetro mínimo preciso en el conducto de aireación era de unos 1250 mm. Con este diámetro el flujo en lámina libre resultaba bastante ordenado y prácticamente desaparecía la depresión en la zona no ocupada por el agua.

De existir lámina libre, ésta podía abarcar toda la longitud del conducto o solo una parte del mismo como se detalla en la figura adjunta (a). En este último caso el nivel del río debía ser lo suficientemente elevado como para provocar un resalto en el interior del conducto y la consiguiente entrada en carga aguas abajo de dicho resalto. La existencia o no de resalto dependía del nivel del río y del número de Froude del flujo en la sección donde se produce la máxima contracción (mínimo calado) aguas abajo de la compuerta: a mayor número de Froude más se desplazaba el resalto hacia aguas abajo, pudiendo ser expulsado fuera del conducto y establecerse, por tanto, un flujo en lámina libre a lo largo de todo él. Por contra, a mayor nivel en el río más hacia aguas arriba se desplazaba el resalto y la correspondiente entrada en carga, pudiéndose llegar a que todo el conducto estuviera en presión.

Así, aunque el nivel del río (cota 56,5 m) se situase 4 m por encima de la cubierta del conducto (cota 52,5 m), era posible, en principio, que en las proximidades de la sección de desagüe el flujo presentase una superficie libre a cota inferior a la correspondiente a la cubierta y, por tanto, se facilitase la entrada de aire hacia el interior del conducto (figura adjunta (b)).

Presiones en el conducto

Del análisis de las presiones en siete puntos del conducto (tres en la solera, tres en las ranuras de las compuertas y una en la pared lateral izquierda a la salida del conducto) no se desprende que exista riesgo de cavitación. La existencia de lámina libre conlleva una mayor variabilidad temporal en las presiones, lo que está asociado al marcado carácter desordenado del flujo. ♦



FICHA TÉCNICA DE LA OBRA

Proyecto:	PRESA Y CENTRAL DE CARUACHI
Propietario:	C.V.G EDELCA (Electrificación del Caroni)
Proyectista:	DEPARTAMENTO DE DISEÑO DE EDELCA
Asesor para el proyecto:	HARZA
Constructor:	Consorcio DRAVICA formado por: DRAGADOS de España (Lider), ICA de México, VIALPA de Venezuela.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

Presa margen derecha

Tipo	Escollera con pantalla de hormigón
Taludes	1,3 H / 1V
Altura sobre cimientos	50 m.
Volumen de presa	3,5 millones m ³
Longitud de coronación	900 m
Anchura de coronación	8 m

Presa margen izquierda

Tipo	Escollera con núcleo impermeable
Taludes	1,8 H / 1V
Altura sobre cimientos	45 m
Volumen de presa	12 millones m ³
Longitud de coronación	4.200 m
Anchura de coronación	8 m

Desvío de río

Caudal de diseño	13.000 M ³ /s.
Nº de conductos de desvío de 9 x 5,50 mt	18 ud.
Compuertas de cierre de los conductos de 6,90 x 9,30 mt	6 ud.
Compuertas de emergencia de los conductos de 6,50 x 15 mt	4 ud.

Central y presa de hormigón

Tipo	Gravedad
Nivel de cresta	93,25 m.s.n.m
Longitud presa principal	360 m
Longitud monolito intermedio	50 m
Longitud presa transición derecha	90 m
Longitud presa transición izquierda	50 m
Longitud casa de máquinas	420 m
Caudal turbinado	6.000 M ³ /s.
Nº de turbinas Kaplan	12 ud de 180 Mw.
Caída nominal	35,60 m
Velocidad nominal	94,74 r.p.m
Generadores	12 Ud tipo paraguas
Potencia unitaria de los generadores	220 Mw
Tensión de generación	13,6 Kv
Potencia instalada	2.280 Mw.

Tomas

Nº conductos de toma	3 por grupo = 36 conductos.
Compuertas de mantenimiento de 6,40 x 24 mt	24 ud.
Compuertas de toma de 7 x 16,80 mt	9 ud.
Rejas de 7 x 28 mt	36 ud.

Aliviadero

Longitud	178,16 m
Nivel de cresta	70,55 m.s.n.m
Caudal de diseño	30.000 M ³ /s.
Nº de vanos de 15,20 mt	9 ud.
Nº de compuertas radiales de 15,24 x 21,66 mt	9 ud.
Nº de compuertas de mantenimiento de 15,20 x 16,50 mt	2 ud.

Aspiración

Nº de compuertas de 7,20 x 8,70 mt	36 ud.
------------------------------------	--------

Embalse

Nivel normal de operación	91,25 m.s.n.m
Nivel mínimo de operación	90,25 m.s.n.m
Nivel máximo infrecuente	92,55 m.s.n.m
Área a nivel normal	236,68 Km ²
Volumen de embalse a nivel normal	3.520 Hm ³
Avenida máxima probable	30.000 m ³

Mediciones principales

Hormigón refrigerado entre 8º y 15ºC	1.985.720m ³ .
Acero de armar	90.165.000 Kg.
Acero en empotrados de 1ª fase y tuberías	5.400.000 Kg.
Encofrados	680.000 m ² .
Excavaciones	18.824.718 m ³
Rellenos	19.743.186 m ³



Mención Especial

La restauración del Pont Trencat (Puente Roto)

The restoration of the Trencat Bridge (Broken Bridge)

Resumen: Esta obra reconstruye el Pont Trencat, antiguo "pont Romá", destruido durante la Guerra de la Independencia. Para su reconstrucción se estudiaron distintas alternativas, dado que no existía una definición precisa de su estado original. Se escogió finalmente una solución consistente en un tablero continuo de dos vanos de sección cajón. La viga continua está soportada por tres líneas de apoyo: dos extremas y una tercera intermedia sobre la clave del arco.

Palabras clave: Puente romano, restauración, Arco, Viga continua

Abstract: The work covers the restoration of the Trencat Bridge, an old Roman bridge destroyed during the War of Independence. Different alternatives were considered for the reconstruction work as there was no precise knowledge of its original state. The solution which was finally selected consists of a continuous deck of two box-section spans. The continuous beam is supported on three lines of support with two end supports and an intermediate support set at the key of the arch.

Keywords: Roman bridge, Restoration, Arch, Continuous Beam

En 1811, durante la Guerra de la Independencia española, el Pont Trencat sufrió la destrucción de uno de sus arcos: el principal. Debido a que el puente fue destruido hace mucho tiempo, nadie sabe con seguridad cómo era éste antes de su destrucción. Por otra parte, la gente del lugar estaba acostumbrada a ver su forma rota, la cual le da nombre. Por todo ello, se

considera más adecuado recuperar su función erigiendo de nuevo la parte desaparecida de forma que presentase un total contraste entre ésta y los restos preexistentes; todo ello utilizando técnicas y materiales contemporáneos. Los trabajos divididos en tres fases, fueron iniciados en Julio de 2000 y la obra fue abierta al público en Septiembre de 2003.



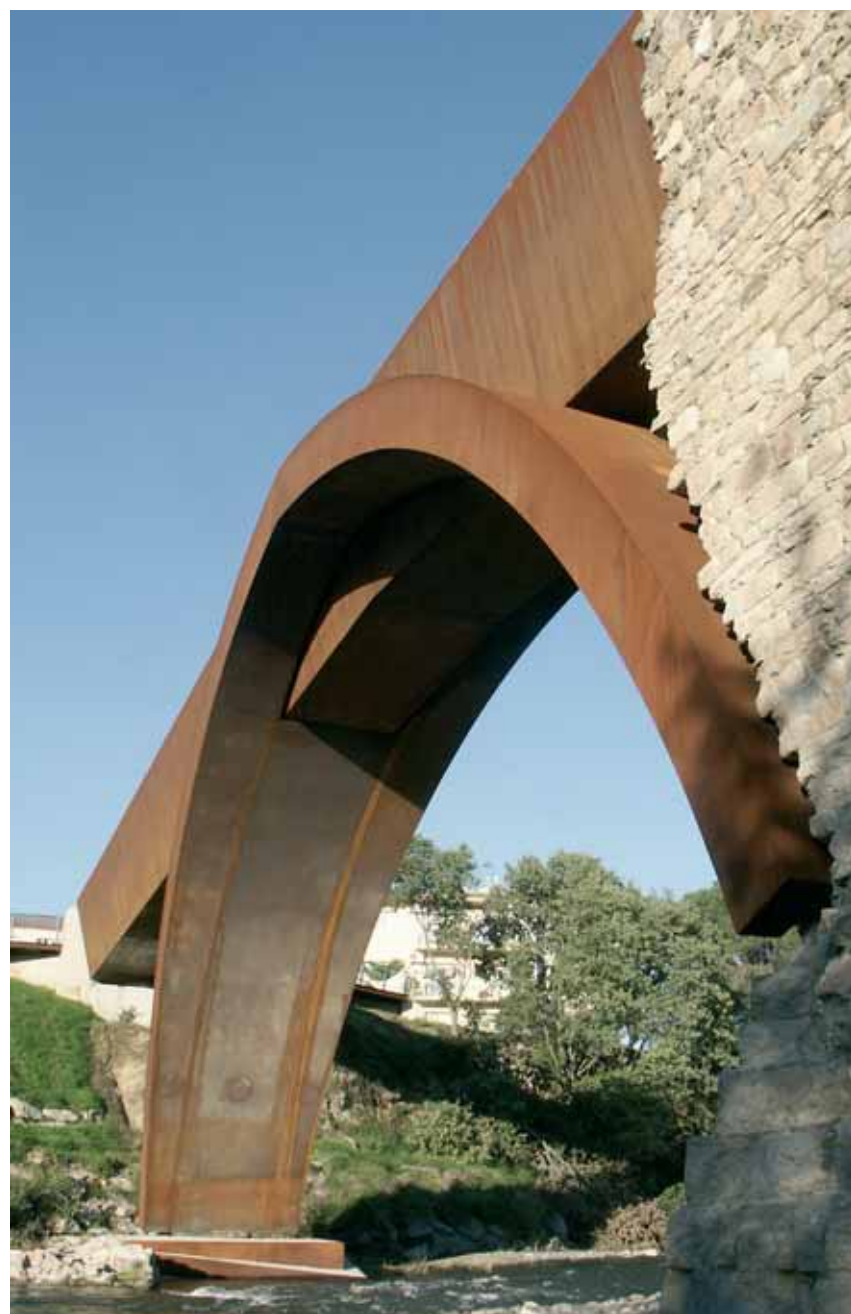
A partir de la geometría de la parte del puente que permanece, de los restos de los arranques del arco destruido y el de los pavimentos descubiertos durante las excavaciones arqueológicas en los dos márgenes, y del grabado de Michel Charles de Langlois, se pudo deducir que el arco destruido era mayor que el existente, y sobre el puente el firme presentaba un perfil en forma de lomo de asno con el punto mas alto situado sobre la clave del arco desaparecido.

La pregunta clave del proyecto era: ¿De qué manera hay que reconstruir el puente? A partir de la geometría de la parte del puente que permanece, de los restos de los arranques del arco destruido y el de los pavimentos descubiertos durante las excavaciones arqueológicas en los dos márgenes, y del grabado de Michel Charles de Langlois, se pudo deducir que el arco destruido era mayor que el existente, y sobre el puente el firme presentaba un perfil en forma de lomo de asno con el punto mas alto situado sobre la clave del arco desaparecido. Sin embargo se desconoce su exacta geometría; incluso si el arco era o no apuntado.

Se estudiaron distintas alternativas, trabajando con modelos digitales como los que las primeras ideas evolucionaron hasta la propuesta finalmente construida consistente en un tablero continuo de dos vanos, de tres metros de canto, de sección cajón, con una anchura variable entre los 2,08 m., de su fondo y 3,36 m. en la parte superior. El pavimento dispone en un nivel intermedio, 1,84 m. sobre el fondo del cajón, de manera tal que la prolongación de las almas del cajón sobre el nivel del firme hace de parapeto.

Esta viga continua esta soportada por tres líneas de apoyo, dos extremas y una tercera intermedia sobre la clave del arco. Éste, con una luz de 24 m. es de canto variable mínimo en arranques, con 0,61 m. y máxima en clave, con 0,89 m. La arista superior del tablero y el intradós del arco siguen la forma que pensamos tenía el viejo puente, de esta manera la nueva estructura evoca la desaparecida silueta del puente original.

Tansversalmente el arco está formado por dos cajones de ancho variable dispuesto de manera que en la zona cercana a la clave dejan un espacio libre por donde pasa el tablero. Por debajo de éste, los dos arcos está unidos por unas cruces de San Andrés que quedan ocultas por una chapa que da continuidad al conjunto, de forma que exteriormente adquiere la apariencia de un único cajón. La anchura de este conjunto multicelular varía de los 3,40 m. en los arranques hasta los 5,12 m. de la clave. Cada uno de los dos arcos se apoya en dos rótulas, una situada sobre las dovelas del remanente del arranque del arco desaparecido sobre la pila central, y la obra sobre el encepado del cimiento en el margen opuesto. ♦



IX Premio Internacional Puente de Alcántara

Convocatoria 2002-2004

— síntesis —

Por Nicolás Navalón García. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Asesor Técnico de la Fundación San Benito de Alcántara



Relación de proyectos presentados

	pág.
1 Pasarela metálica atirantada «La Rosa»	La Coruña (España) 80
2 El Puente Extremadura sobre el río Ashuquema	Tacuba (El Salvador) 83
3 Arco «Los Tilos»	Isla de La Palma (España) 86
4 Viaducto del Guadiana	Badajoz (España) 89
5 Puente atirantado en Envigado	Envigado (Colombia) 93
6 Pasarela para peatones en el Parque de Vallparadis	Tarrassa (España) 96
7 Restauración del Pont Trençat	Barcelona (España) 98
8 Puente de Chiapas	Chiapas (México) 100
9 Puente Juscelino Kubitschek	Brasilia (Brasil) 102
10 Pasarela Pedro Arrupe y Parque Ribera de Abandoibarra	Bilbao (España) 106
11 Distribuidor vial San Antonio y periférico San Jerónimo	Ciudad de México (México) 109
12 Intercambios viales Av. Guardia Chalaca	Callao (Perú) 113
13 Carretera Yura Patahuasi – Tramos I, IV	Santa Lucía (Perú) 115
14 Autopista Scut del Algarbe A-22 Tramo Lagos-Alcantarilha	El Algarbe (Portugal) 117
15 Autovía del Cantábrico CN-632 Rivadesella a Canero. Tramo Caravia-Llovia	Asturias (España) 121
16 Autovía A-381 Jerez -Los Barrios – Tramo VI	Jerez (España) 126
17 Complejo hidráulico San Juan	Pinar del Rio (Cuba) 131
18 Central hidroeléctrica «Río Las Vacas»	Chinautla (Guatemala) 133
19 Aproveitamento hidroeléctrico de Alqueva	Río Guadiana (Portugal) 135
20 Proyecto hidroeléctrico Caruachi	Río Caroní (Venezuela) 138
21 Presa de Yalde y obras complementarias	La Rioja (España) 144
22 Proyecto de construcción tramo final del Canal del Bajo Guadalquivir. I Fase. Balsa de Lebrija T.M.	Sevilla (España) 147
23 Encauzamiento del río Guadalquivir a su paso por Córdoba	Córdoba (España) 150
24 Actuaciones hidráulicas, urbanísticas y ambientales en los ríos Guadiana y Albarregos	Mérida (España) 155
25 Instalación de tratamiento de agua de mar del Delta de La Tordera - Blanes	Gerona (España) 159
26 Nuevo dique de Botafoc	Ibiza (España) 162
27 Metro Sur	Madrid (España) 166
28 Metro ligero de Barcelona (Línea 11)	Barcelona (España) 173
29 Nuevo aeropuerto de Recife	Pernambuco (Brasil) 177
30 Puesta en valor del casco histórico	Salta (Argentina) 182
31 Ordenación y equipamiento del espacio público urbano del límite sur del casco histórico.	Palencia (España) 186
32 Rehabilitación y transformación del antiguo Mercado de Mayoristas en Centro de Arte Contemporáneo	Málaga (España) 191
33 Palacio Ferial de Muestras y Exposiciones	Málaga (España) 195
34 Pabellón Multiusos Sánchez Paraiso	Salamanca (España) 199



1

Pasarela metálica atirantada «La Rosa»

La Coruña [España]

La pasarela metálica atirantada «La Rosa» se construyó en la Avenida de San Cristóbal de La Coruña en el año 2003. Esta Avenida se ha transformado en una barrera física que separa un Polígono comercial y de ocio de reciente construcción y el Polígono residencial de Elviña, mucho más antiguo que el anterior. El nuevo Polígono ha generado un tráfico peatonal importante que se ha ido incrementando con el paso del tiempo.

La pasarela surgió para cubrir la necesidad de conectar peatonalmente ambas zonas, sobrevolando la Avenida de San Cristóbal, de 32 metros de anchura, que se caracteriza por un elevado tráfico de vehículos, con origen y destino en las áreas

periféricas de Arteixo, Carballo y el Polígono Industrial de la Grela. El objetivo del proyecto fue, por lo tanto, la conexión de estas dos áreas con una estructura singular que resolviera los problemas derivados del elevado tráfico peatonal y que sirviera de enlace visual entre ambas zonas.

La ubicación de la Pasarela y los condicionantes existentes en la zona fueron determinantes en el diseño final. La pasarela se posicionó en un lado sobre un área ocupada por las tuberías de canalización de petróleo que discurren desde el puerto de La Coruña hasta la refinería de Repsol. En el lado opuesto, la existencia de un jardín público con un fuerte desnivel, dificultaba un apoyo estético de la estructura. La sus-

pensión de toda la estructura fue la respuesta a la incapacidad de apoyarse en las parcelas extremas.

La ubicación de los arranques de la pasarela provoca en el peatón un acercamiento visual a la obra creada, produciendo una toma de contacto previa a su utilización, lo que proporciona una visión clara del recorrido a realizar. La curvatura continua de la pasarela acompaña en el recorrido, creando el nexo de unión entre la subida y la bajada. Las pilas laterales son el hito de referencia, mientras que los contratirantes contrapesan la aparente inestabilidad de la obra. La barandilla metálica constituye el remate final de la idea, con un diseño de extrema ligereza, realizado con un ma-



terial diferente, el acero inoxidable, sin querer quitar protagonismo a la elevada esbeltez del tablero. El pasamanos potencia la linealidad de la pasarela, mientras que los montantes verticales marcan el ritmo, acercándonos a la escala humana. La estética proporciona la geometría de los tirantes, que varía continuamente con el punto de vista del observador, así como la enorme esbeltez y ligereza del tablero.

Descripción de la obra

El tablero de la pasarela, con un desarrollo total de 156 metros, presenta una planta en forma de "C", que se materializó geométricamente con un óvalo de radios exteriores de 19,15 y 44,50 metros. La sección transversal está formada por un cajón multicelular metálico, diseñado con un perfil en ala de avión de 3,00 metros de ancho total y canto linealmente variable, que está rematada por dos semicilindros de 40 y 20 centímetros de diámetro, lo que le confiere enorme ligereza y gran esbeltez.

La plataforma peatonal, de 2,30 metros de ancho y 7 centímetros de canto, se diseñó en hormigón armado estructural, conectado a la chapa superior del tablero mediante casquillos de angulares. El pavimento de hormigón rugoso se eligió para evitar el efecto de las heladas y los deslizamientos con lluvia, así como para impedir el ruido que produciría el tránsito peatonal en un cajón metálico.

El cajón multicelular, diseñado para conseguir una resistencia a la torsión, está dividido longitudinalmente por una serie de diafragmas. También se diseñaron diafragmas transversales y rigidizaciones intermedias para impedir el abollamiento de la chapa inferior. El abollamiento de la chapa superior queda impedido por el hormigón estructural de la losa. El espesor base de la chapa del cajón metálico es de 7 y 10 milímetros. Este espesor se incrementó en el empotramiento del tablero en los estribos.

El tramo central que sobrevuela la Avenida de San Cristóbal, de 36 metros de longitud, se diseñó con un alzado parabólico con una relación flecha luz de 1/27. El tramo central continúa en ambos lados con dos rampas de directriz curva, de 60 metros de longitud cada una, que discurren con una pendiente uniforme del 10 por ciento.



La pasarela está suspendida del borde interior del tablero a lo largo de todo su desarrollo mediante 44 tirantes formados cada uno por dos cordones de 0,6". Cada cordón está compuesto, a su vez, por 7 alambres galvanizados protegidos con cera petrolera en el interior de una vaina de polietileno blanca resistente a la acción de los rayos solares. Los tirantes concurren en dos pilas inclinadas ubicadas en los bordes de la calzada. Los cables entran en las pilas desde la cota 19,50 metros hasta la cota de 31,00 metros, a lo largo de un tirabuzón, formando dos paraboloides hiperbólicos, con envolvente parabólica.

Las pilas que tienen una geometría fusi-forme se diseñaron con un diámetro máximo de 1,90 metros y con diámetros mínimos de 0,90 metros, estando inclinadas 16,7° en el sentido de la calzada, alcanzando una altura máxima vertical de 36 metros. Los esfuerzos de cada pila están contrarrestados mediante dos contratirantes tubulares metálicos postesados interiormente que se anclan en el estribo y en un elemento central de singular belleza, que se diseñó con claras connotaciones marinas.

Cimentación

El terreno de cimentación de la pasarela está formado por rellenos heterogéneos, de diferente potencia, que descansan sobre un jabre compacto de reducido espe-

sor procedente de la descomposición de la roca matriz inferior. La roca aflora a mayor profundidad en el lado de la ciudad y al aproximarnos a la Avenida de Alfonso Molina.

Los esfuerzos más significativos en las cimentaciones laterales son las tracciones que se generan en los contratirantes, el esfuerzo axil que transmiten las pilas inclinadas, así como un momento de eje vertical que se produce en los empotramientos del tablero con los estribos. El elemento central, en el que concurren dos de los contratirantes, se apoyó directamente en la roca, cuyo nivel se alcanzó al amparo de una pantalla rectangular de micropilotes tubulares metálicos que se arriostraron entre sí. Las tracciones en la cimentación se absorbieron con cinco anclajes de 50 toneladas formados por barras Dywdag de 36 milímetros de diámetro, que se ejecutaron con doble protección frente a la corrosión de la misma patente.

La cimentación más alejada de la ciudad está formada por una viga flotante que apoyada directamente en la roca; tiene 3,00 metros de canto, 2,50 m., de ancho, y 26,83 metros de longitud. Esta viga soporta las solicitaciones de la pila, del contratirante y del estribo de este lado. Las tracciones que se generan en la proximidad del estribo se absorbieron con seis anclajes de 50 toneladas que también estaban formados por barras Dywdag de 36



milímetros de diámetros con doble protección.

La cimentación más próxima a la ciudad también está formada por una viga flotante de 23,90 metros de longitud y de 3 metros de canto, que recoge las solicitaciones de la pila, del estribo y del contratante de ese lado. El ancho de esta viga es variable, siendo de 2,50 metros en los 17,90 metros más próximos al estribo, y de 4,50 metros en los 6 metros restantes, zona que recibe las solicitaciones de la pila. El tramo más ancho se apoyó directamente en la roca: el resto en 14 micropilotes de 200 milímetros de diámetro, de 50 toneladas de carga útil, armados con una barra Gewi de 50 milímetros de diámetro, con doble protección frente a la corrosión y que se anclaron en la roca 5 metros. La excavación de esta zapata se hizo al amparo de una cortina de micropilotes tubulares, análoga a la realizada en el elemento central, que se anclaron temporalmente en cabeza con anclajes formados por 3 cordones de 05".

Cálculos

El análisis de la pasarela en el estado de peso propio, concarga y sobrecarga es diferente, no sólo porque la sección homogeneizada del tablero, al tratarse de una sección mixta, es distinta para cada caso, sino porque el cálculo a peso propio difiere del cálculo realizado frente a concargas y a sobrecargas:

- El estado frente a concargas y sobrecargas se corresponde con un análisis convencional de una estructura.
- El estado de peso propio se simuló para que el tablero, una vez descimbrado, no tuviera ninguna deformación vertical. El análisis se hizo procesando dos estructuras espaciales por separado: la correspondiente al tablero y la relativa al haz de tirantes suspendidos de las pilas. Los resultados obtenidos en el cálculo de cada estructura, son datos que se utilizan para calcular la otra, hecho que se repite sucesivamente hasta que ambos procesos convergen, lo cual se produce con relativa rapidez.

El tablero se analiza sin los tirantes, disponiendo muelles verticales de rigidez infi-



nita en todos los puntos en los que existe atirantamiento, para materializar el hecho que no existe deformación vertical en los encuentros del tablero con los tirantes. Las acciones sobre el tablero son su peso propio y las solicitaciones de los tirantes que inicialmente se desconocen, recordando que la fluencia no modifica los esfuerzos de peso propio a lo largo del tiempo.

El arpa de los tirantes, considerados de área infinita, para tener en cuenta que su

deformación no se contempla en este proceso, se analiza admitiendo que los tirantes permanecen inmóviles en el enlace con el tablero. Las acciones de cálculo son las reacciones verticales obtenidas en los muelles del proceso anterior. Los resultados de este cálculo son las solicitaciones de los tirantes que se vuelven a introducir como datos en el proceso siguiente. De esta forma el proceso se reitera, con relativa sencillez, hasta que converge en pocas pasadas. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Excmo. Ayuntamiento de La Coruña.
Proyecto:	Antonio Gonzalez Serrano. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Arquitecto colaborador:	Julio Besiga Diaz-Blanco
Ingeniero Supervisor Municipal:	Enrique Mitchell Exclusa. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Empresa constructora:	Extraco Obras e Proxectos, S.A.
Presupuesto:	1.312.000 Euros
Fecha de acabado:	2003

CARACTERÍSTICAS

Obra:	<ul style="list-style-type: none">- Ubicación: Avenida de San Cristóbal. La Coruña.- Longitud total: 156,00 m.- Sección del tablero: Sección transversal en cajón multicelular hueco con perfil en ala de avión de 3 m., de ancho total. El canto es linealmente variable desde 40 cm., en el lado suspendido hasta 20 cm., en el borde opuesto. La sección está rematada en dos semicilindros- Tramo central: Longitud aproximada de 36 m., con un alzado parabólico con relación flecha/luz de 1/27.- Suspensión: 44 tirantes excéntricos que van desde el borde interior del tablero hasta dos pilas fusiformes inclinadas ubicadas en los bordes de la calzada.
-------	---



El legado del Puente de Alcántara

La contemplación o la simple evocación del Puente de Alcántara siempre facilita una profunda reflexión. Ya hace casi dos milenios, la ingeniería romana planteaba una solución técnica a un problema de comunicación (atravesar el Tajo) para una vía de interés estratégico, y lo hacía de forma espléndida en un lugar prácticamente deshabitado "para durar por los siglos", como así ha sido, pese a los daños y reconstrucciones sufridas a lo largo de su dilatada y azarosa existencia. No ha precisado de público para su contemplación y halago, ni de importancia económica, ya que era una vía no muy transitada; solo precisó de una necesidad de ser, la accesibilidad, del apoyo de los promotores, y del diseño y ejecución por parte de un "ingeniero" claramente conocedor del problema y de las técnicas para resolverlo, para conseguir como fruto uno de los principales legados técnico - culturales de la ingeniería de todos los tiempos. Ha sido y es fuente de inspiración para muchos ingenieros para quienes los valores de obra bien hecha y bien planeada enmarcan el proceso creativo de las obras en las que participan.

Por ello, la propuesta que presentamos solo se puede hacer desde un planteamiento de gran humildad, con la esperanza de haber recogido, aunque sea minimamente, parte de la magia que rodea aquella obra. Hoy día la ingeniería civil ha alcanzado un nivel de desarrollo ni siquiera soñado por los constructores de antaño, y quizá el dominio de la técnica y la magnitud de los proyectos que se ejecutan ha dado lugar a que aquellos proyectos con menor importancia socio-económica o lejanía física no sean muy del agrado de los actores de hoy, o sean abordados desde una rutina tediosa para salir del paso, o quizá con más motivación política que con ánimo de solventar la necesidad de una comunidad de forma definitiva. La experiencia



en este caso ha sido la opuesta, y por ello, ha resultado altamente gratificante.

El impulso de la solidaridad

Nuestra pequeña obra se encuentra en un camino rural que apenas aparece en los mapas, por lo que no se trata de un puente que vaya a ser apreciado por multitud de usuarios, sino únicamente por los habitantes de un pequeño cantón de uno de los municipios más pobres de un empobrecido El Salvador, máxime tras los terremotos del año 2001. El paso que en su día se hizo con gran esfuerzo por parte de la Alcaldía consistente en una batería de tubos de hormigón armado, tuvo la "suerte" de padecer un Match antes de un año de su terminación, lo que evidenció las deficiencias que igualmente le hubieran llevado a la ruina más o menos tarde. Es por ello que tras el terremoto, la situación de la población al otro lado del río se hizo más desesperada, con necesidad de una ayuda que tenía que vadear el río para llegar a sus destinatarios.

Sólo la participación de múltiples actores permitió dar el impulso para plante-

ar la construcción de un nuevo puente, dentro del marco de un proyecto más ambicioso de ayuda integral que contemplaba componentes de apoyo a la salud y de ayuda para la reconstrucción, tanto de viviendas como de infraestructuras sociales. El nexo entre todos ellos no era otro que la solidaridad entre los pueblos de España, más exactamente de Extremadura, y de El Salvador.

El fruto de la dedicación

Con estos antecedentes, y un presupuesto relativamente exiguo, se podía hacer dos tipos de propuestas técnicas: la rutinaria, donde se trataría de adaptar sin mayores estudios otras soluciones ya conocidas, o bien la dedicada, el "traje a medida" sin ideas preconcebidas que solo buscarse la máxima eficacia y durabilidad. Se optó por la segunda opción, y en base a consideraciones funcionales, técnicas, económicas y estéticas; se llegó a una propuesta de diseño inédita en la región pero perfectamente viable: un arco atirantado de hormigón pretensado de 30 m., de luz entre apoyos.



El por qué de esta propuesta

Con estos breves párrafos de introducción se pretende ilustrar los motivos que nos han llevado a presentar esta pequeña, casi insignificante obra, a la presente convocatoria del Premio Puente de Alcántara. Si bien somos conscientes de que la gran mayoría de las propuestas que se presentan son obras técnicamente relevantes o de gran importancia socioeconómica, pensamos que buena parte de los valores que representa el Puente de Alcántara tienen, aunque sea en pequeña medida, su reflejo en esta obra, destacando especialmente un valor que consideramos primordial: la solidaridad, tanto entre el pueblo de Extremadura, cuyos antepasados levantaron el de Alcántara, y el castigado pueblo salvadoreño, como entre los distintos actos que han participado en la obra, cuyo mutuo apoyo, confianza y dedicación han conseguido llevar el proyecto a buen fin en unas condiciones difíciles, lejos de las relaciones fundamentalmente mercantiles que rigen las obras modernas.

Pretendemos también con esta propuesta reivindicar el papel que la tecnología puede prestar para el desarrollo de las zonas más deprimidas del mundo, y cómo para ello no basta con la solidaridad económica, sino que también se precisa de una transferencia tecnológica y técnica, que todavía tiene mucho camino por recorrer. En ese sentido, el aporte que España puede dar a toda Hispanoamérica, y en concreto a Centroamérica, que es de las regiones más atrasadas, es todavía muy importante, y al hacernos presente en este Concurso, intentamos promover la necesidad de seguir tendiendo puentes entre nuestros pueblos basados en la solidaridad.

El Proyecto

El Municipio de Tacuba, ubicado en el Departamento de Ahuachapán, en el extremo occidental de El Salvador, cuenta con una rica zona agrícola en la cuenca del río Paz, frontera con Guatemala. Esto ha provocado que uno de los principales cantones de Tacuba, el cantón Chagüite, se encuentre en dicha zona,



contabilizando cerca de 6.000 habitantes. Sin embargo, el acceso desde dicho cantón hasta la cabecera municipal, se realiza por una calle en muy precarias condiciones, que además de salvar un fuerte desnivel (360 m.) en poco recorrido, ha de atravesar el que debido a las elevadas precipitaciones de la zona y la fuerte pendiente, hace que sus crecidas sean de gran importancia y que hayan provocado la destrucción de las obras de paso y encauzamiento realizadas hasta la fecha. Se trata pues de un río fuerte e indomable, que solo con una respuesta decidida e inteligente podría ser superado.

Diseño estructural

Dadas las características de la calle de acceso, no se podía pensar llevar grandes elementos prefabricados, por lo que todo había de hacerse allí mismo. Además, había que dejar al menos 3m., libres entre el cauce y la parte inferior del puente. Por ello, para evitar hacer elevados muros y costosos rellenos, y a su vez resolver el problema de pasar 30 m., sin apoyos, se eligió una solución estructural sencilla en esencia pero inédita en la región: unas vigas en celosía de hormigón pretensado de canto variable en forma de arco. Uno de los condicionan-

tes fue el sismo, dado que los cordones superiores comprimidos podían presentar problemas de pandeo; es por ello que para poder sujetar el arco se dispusieron las diagonales de 50 cm., en sentido transversal y solo de 20 cm., en longitudinal, donde la rigidez es incluso contraproducente.

Construcción

La construcción del puente tuvo dos fases. En la primera, se demolió la estructura existente y se prepararon los estribos del puente; así mismo, se hicieron en el cauce cuatro columnas provisionales de hormigón armado de 35 cm., de lado con zapatas del mismo material, sobre las que apoyaría la estructura provisional de soporte, y que una vez terminado su trabajo habían de ser demolidas.

La segunda fase consistió en la ejecución del puente en sí incluyendo los accesos. Sobre las pilas provisionales se apoyó una cimbra sobre la que se construyó el primer arco. Se usó para ello una viga metálica modular con piezas nuevas para adaptarlas al caso concreto, sobre las que se apoyó una viga de la cual colgaba la cimbra suspendida por barras roscadas, de forma que el descimbrado fuese más sencillo. Sobre la cimbra se dispusieron encofrados metálicos de 2x1



m., calzados con madera, que darían soporte al cordón inferior. Debido a que la viga apoyaba centrada sobre las columnas, fue preciso disponer unos contrapesos de hormigón colgados del molde para evitar problemas de giros al colocar las ménsulas prefabricadas.

El arco se hizo por partes, empezando por el cordón inferior, continuando por las diagonales y concluyendo con el cordón superior. Esto vino condicionado por los medios de producción, ya que todo el hormigón se elaboró con una hormigoneira manual de 300 litros, y el hormigonado se hacía con medios semi-manuales, contándose únicamente con un andamio móvil sobre el que se montó un maquinillo para la elevación de las carretillas chinas con que se hormigonó el arco. Aún así, se trabajó en base a dosificación y con control de calidad, lográndose resistencias que superaban los 280 Kg./cm² de referencia. Para estabilizar el arco tras el desencofrado, se procedió a hormigonar las vigas riostra que unen ambos arcos sobre un molde apoyado en el cargadero del estribo.

El sistema de pretensado está compuesto por tres tendones de 7 x 0,6" en cada arco, con anclajes activos en ambos extremos. Una vez concluido el arco, se aplicó una fuerza de pretensado de 1428 kN a cada tendón, lo que provocó el despegue de la estructura con relación al molde de soporte, que en ese momento quedaba liberado de la carga del arco. Entonces se pudo retirar el molde de soporte y la cimbra, que se trasladaron a la posición del segundo arco, y se demolieron las dos columnas provisionales de soporte.

Tras la terminación del segundo arco, se retiró la viga metálica y demolieron las otras dos columnas, realizándose la losa que soporta el tráfico gracias a moldes colgados de los arcos por medio de barras roscadas. Se ejecutaron los topes antisismo sobre los cargaderos, que sujetarían tanto longitudinalmente, como transversalmente la estructura, se inyectaron las vainas con lechada de cemento, y por último, se terminaron los accesos, pavimentándolos con losas de hormigón de 10 cm., de espesor sobre zahorra compactada.



Epílogo

Para aquellos que conocemos cómo se trabajan las infraestructuras en estas zonas rurales, la materialización de este puente conlleva un mensaje de esperanza e ilusión para todos los que, de una manera u otra, participan en las mismas: la solidaridad no solo se puede manifestar en forma de aporte económico, sino también en la confianza mutua entre

promotor y constructor, en la dedicación y responsabilidad del proyectista y los técnicos de obra, en la creatividad sobre la rutina, en la colaboración de la comunidad para llevar a buen fin la obra, su obra. Con esto no solo se consigue una excelente relación calidad-precio, sino también una enorme satisfacción (invaluable) para todos los actores, que al presentar esta propuesta intentamos compartir con todos. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotores:	Alianza de Solidaridad Extremeña (ASE); Asociación Salvadoreña Promotora de la Salud (ASPS) y Alcaldía Municipal de Tacuba. Departamento de Ahuachapan, el Salvador C.A.
Proyecto y Construcción:	CIVING, S.A. de C.V.
Proyectista:	Guillermo Candela García. Ingeniero de Caminos
Director de Producción:	Óscar Amaya Cobar. Ingeniero Civil
Jefa de Obra:	Eva María Amaya. Arquitecta
Presupuesto:	155,113 Dólares USA
Fecha de Acabado:	Diciembre 2003

CARACTERÍSTICAS

Obra:	- Situación: Camino que une el Cantón Chagúite con el pueblo de Tacuba, a unos 7 Km., del mismo.
Tipología:	- Doble viga en celosía de hormigón pretensado con tablero de hormigón armado y aceras en voladizo. 30 m., de luz.



La Consejería de Infraestructuras, Transportes y Vivienda del Gobierno de Canarias se decide a presentar la obra del Arco de Los tilos a la IX Convocatoria del Premio Internacional Puente de Alcántara motivado por la gran importancia social, funcional, estética y cultural que ha alcanzado esta construcción para la isla de La Palma y para el resto de las islas Canarias.

Socialmente, esta obra ha supuesto un acortamiento de las distancias, acercando la zona de San Andrés y Sauces a Santa Cruz de la Palma, capital insular y puerta de entrada a la isla, al situarse en esta ciudad el puerto y el aeropuerto. El término de San Andrés y Sauces destaca por el cultivo del plátano y constituye uno de los municipios de mayor producción en la isla y en el archipiélago. Por otra parte, este acortamiento de las distancias supone una considerable mejora en la accesibilidad al núcleo urbano de Los Sauces, de siempre muy alejando de los nodos de importancia por la distancia y peligrosidad de la carretera. Con la construcción del arco se reduce en 2,3 Km., la distancia a la capital insular.

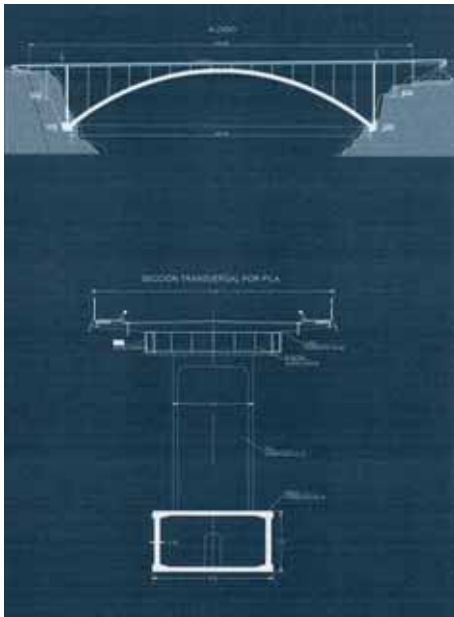
La funcionalidad de la obra está íntimamente ligada a la reducción de distancia y al aumento de la seguridad vial. En efecto, la reducción de distancias motivada por el acortamiento del trazado y por el aumento de la velocidad de circulación permite recorrer el camino hasta Santa Cruz de La Palma en unos veinticinco minutos en condiciones normales, cinco menos que antes de la actuación, con un nivel de seguridad mucho mayor.

La estética de la obra queda resumida en la forma en que se encaja el arco a las laderas del Barranco de los Tilos. El binomio barranco-arco resulta una conjunción armónica, en el que se ha acertado la concepción estructural del arco con la morfología del barranco, siendo la traza del arco la razón de ser de su mayor aptitud resistente.



El aspecto cultural de la obra se entiende desde una doble perspectiva; la tradición de salvar los barrancos con puentes arco, y el respeto a los valores ambientales contenidos en los espacios naturales del entorno en el que se ejecutó la actuación. Históricamente, en todas las islas Canarias, los barrancos, por su peculiar forma de encajarse en el territorio, eran salvados por arcos cimentados

en su geología volcánica. Por ello, el arco de Los Tilos se erige como la máxima expresión de esta tipología estructural y de los logros conseguidos con el avance de la técnica que iniciaron nuestros antepasados anteriormente citados. Por otra parte, el valor natural del entorno se ve protegido con esta actuación al alejar el flujo principal del tráfico del perímetro de Reserva de la Biosfera de los Tilos.



Descripción de la obra

El Arco de los Tilos salva el barranco del mismo con una longitud de unos 370 m., de viaducto. Su vano principal se apoya en un arco de 250 m., de luz. En su punto intermedio alcanza una profundidad próxima a los 150 m. Estas dimensiones lo hacen uno de los mayores de Europa en su tipología.

El análisis del terreno de los taludes del barranco de Los Tilos aportaba las siguientes singularidades:

- El terreno donde el arco se apoya no es homogéneo. Se trata de las típicas alternancias de capas basaltos y niveles de escorias piroclásticas estructuradas de forma horizontal o lige-



ramente inclinadas. Tanto las características composicionales como las resistentes son totalmente diferentes en uno y otro tipo. El espesor y el ritmo de la serie no es continuo ni homogéneo, apareciendo huecos en algunos tramos de las capas de escoria analizadas.

- Las zapatas del arco se encuentran muy próximas al borde de los taludes, siendo el resguardo mínimo entre el paramento exterior de las zapatas y el borde del talud de unos tres metros.
- La resultante de las cargas transmitidas a los dados de cimentación no es vertical.
- Las condiciones anteriormente mencionadas hacen muy complejo definir una tensión máxima admisible del terreno donde se cimentarán los extremos del arco, pudiéndose estimar la misma entre los 5,9 Kg./cm² para el caso de las escorias sin huecos y de los 14 Kg./cm² en el caso de los basaltos.

Para asegurar el comportamiento homogéneo del terreno de cimentación de los dados del arco, se consideró necesaria la ejecución de un tratamiento de inyección de contacto mediante taladros que atravesasen las capas de escorias con el fin de asegurar el relleno de las posibles cavidades.

La experiencia de la Contrata en este tipo de arcos mediante el método de diagonales sucesivas, motivó que se propusiera la ejecución del Arco de los Tilos mediante este sistema constructivo. A la vez que se van hormigonando las dovelas del arco, se van ejecutando las pilas y parte del tablero, con objeto de acelerar el proceso y conseguir el cierre del tablero casi a la vez que el arco, de forma que al final solo queda la terminación completa del tablero y los acabados de la estructura. El proceso constructivo se basa, pues, en el avance en voladizos sucesivos de dos carros de avance, que terminan por unirse en la clave.

Los esfuerzos producidos por el arco, durante su construcción en voladizo, se transmiten del mismo modo que una gran viga en celosía, cerrada superiormente por las vigas metálicas que posteriormente formarán parte del tablero y que reci-



ben la carga de los tirantes que sustentan las dovelas del arco.

Para disminuir el peso de la estructura y, por consiguiente, las cantidades de acero en tirantes, se propuso la realización del arco en hormigón de altas presiones. Tras la realización de las prue-

bas citadas anteriormente se llegó, como valor de la resistencia característica de Proyecto, a 75 N/mm². Con esta resistencia se definieron las dimensiones de las dovelas del arco, de acuerdo con la resistencia elegida, y el proceso constructivo propuesto. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotores:	Gobierno de Canarias Consejería de Infraestructuras, Transportes y Vivienda.
Proyecto:	
Redacción del Proyecto:	Joaquín Herrero Sainz (Director). Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Autores del Proyecto:	David Ortega Vidal, Manuel Juliá Vilardel. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
Empresas Constructoras:	Ferrovial-Agromán, S.A. Vías y Construcciones, S.A. Santiago Pérez Fadón. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Asistencia Técnica:	AEPO – TRAZAS Emilio J. Grande de Azpeitia. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Presupuesto:	5.900.000 Euros
Fecha de acabado:	Octubre 2004.

CARACTERÍSTICAS

Longitud total:	- 320 m.	
Luz de arco:	- 250 m.	
Altura en clave:	- 150 m.	
Principales unidades:	- Excavación en cimientos:	16.000 m ³
	- Acero en armaduras:	1.200.000 Kg.
	- Acero en tirantes y retenidas:	75.250 Kg.
	- Hormigón de latas prestaciones:	2.400 m ³
	- Acero laminado para tablero:	735.000 Kg.





El nuevo puente sobre el río Guadiana pertenece al trazado de nueva ejecución de la carretera N-430 de Badajoz a Valencia, por Almansa, tramo: Presa García Sola-Puerto de los Carneros. Intersección con N-502. Tiene una longitud de 561 m., con un ancho de plataforma de 12 m., y luces de 132 m., en los vanos centrales. Se encuentra enclavado en un punto de especial singularidad medioambiental, paisajística y faunística, situado agua abajo de la presa de García de Sola, sobre la cola del embalse de Orellana, en la que los condicionantes previos al proyecto obligaban a fijar su ubicación.

Antes de la ejecución de la obra y a pesar de estar considerada como "vía de conexión" de la red de carreteras de gran capacidad en el Plan Director de Infraestructuras, el tramo Presa García Sola-Puerto de los Carneros carecía de continuidad y el tramo Puerto de los Carneros-Intersección con la N-502 se encontraba en un estado lamentable. La infraestructura viaria no reunía ni las condiciones ni las características necesarias para satisfacer las crecientes demandas de tráfico de medio y largo recorrido con un nivel de calidad que los usuarios reclaman actualmente.

Teniendo en cuenta la precariedad de las vías de comunicación no es de extrañar la escasa o casi nula, actividad industrial que caracteriza a los municipios de la zona (Talarrubias, Puebla de Alcocer, Garbayuela, Fuenlabrada de los Montes, etc.). Ni tampoco que la densidad de población en su conjunto de las mas bajas, no sólo de la provincia de Badajoz, sino de la propia

Comunidad Autónoma Extremeña y de España (9,06 hab./Km²).

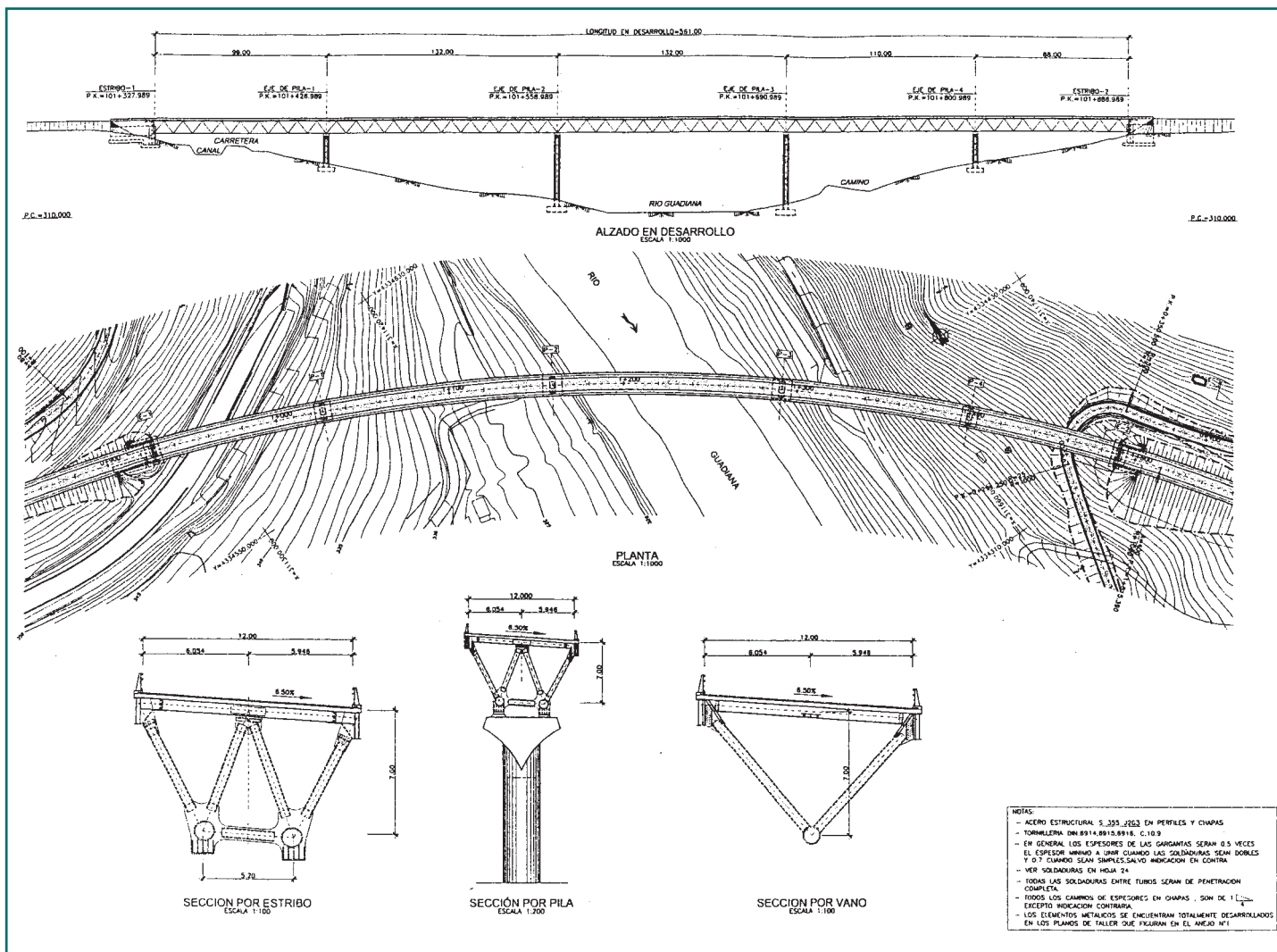
La construcción de la obra posibilita, no sólo el desarrollo de los municipios por los que discurre, sino también, la comunicación por su vía natural, del tráfico a través de la Península Ibérica en dirección Este-Oeste, entre Lisboa y Valencia, que actualmente se desvía por la A-5/Madrid/A-3. La densidad de tráfico de este itinerario, se va a ver considerablemente disminuida para beneficio de todos los usuarios. Gracias a ello, el nuevo eje Lisboa - Badajoz - Ciudad Real - Albacete - Valencia, se convertirá con el tiempo en la elección idónea, tanto por ahorro de tiempo como de distancia, para la mayoría de usuarios.

Solución técnica

Diseño

La zona cuenta con una gran calidad paisajística asociada a la composición escénica del conjunto de sierra y presa encajada entre ellas, como fondo de la vista desde el valle y la penillanura. La amplia visibilidad del viaducto y su disposición en ese especial enclave paisajístico de la cerrada de García Sola, exigían un diseño específico de la estructura, que debía ser singular, realzando sinérgicamente el enclave. Así se llegó a una solución transparente, sustentando la plataforma sobre un conjunto estructural desarrollado sobre la base de tetraedros repetitivos que disponen sus aristas inferiores





sobre una viga continua. Las aristas superiores de la serie de tetraedros sostienen transversalmente la plataforma. Por las grandes dimensiones del canto del tablero (7,5 m., de altura del tetraedro), se ha buscado conseguir una gran ligereza y transparencia mediante la delgadez de aristas.

De esta forma, primando la ligereza visual y transparencia se ha definido el tablero como una celosía tubular, formando una estructura en viga continua de canto constante y cinco vanos cuyas luces son 99, 132, 132, 110 y 88 m.

La viga es una celosía plana de planta curva de radio 1.000 m., con un peralte transversal constante del 6,5%. El cordón inferior es un solo tubo de sección circular centrado con los tubos superiores, a una distancia de 7 m. en vertical. Esta disposición de los cordones superiores e inferiores de la celosía marca una sección transversal trian-

gular invertida. Se forma así una estructura espacial con una modulación de 11 m. En el apoyo del dintel en estribos y pilas el tubo que forma el cordón inferior de la celosía se desdobra en dos de idéntico diámetro con una separación máxima de 5,20 m., en la zona de apoyo. Para arriostrar los dos planos de la celosía en su parte superior se ha dispuesto un entramado de vigas mixtas que materializan la plataforma. Las pilas del viaducto (4 en total) son de hormigón armado y su altura es variable entre 19 y 42 m., formadas por un fuste único de sección elíptica hueca.

Condicionantes constructivos

En la zona nidifican numerosas especies de aves (cigüeña negra, buitre leonado, alimoche, águila real, águila perdiguera, halcón peregrino, etc.), además, en la vegeta-

ción de ribera asociada al río nidifican otras especies como el águila culebrera, águila calzada, ratonero común y la nutria. Cabe destacar la existencia de una nutrida colonia de buitres en el macizo rocoso situado en la margen izquierda del río, muy próxima al viaducto.

Por ello, en la Declaración de impacto Ambiental, ya existían varios condicionantes para la construcción de la estructura como:

- No permitir la localización de instalaciones auxiliares de obra en áreas que pudieran afectar al sistema fluvial.
- Limitar, con objeto de minimizar la afección a la vegetación de ribera, la posible ubicación de instalaciones, acopios y acceso a una banda de 20 m., a cada lado del eje de la traza.
- Desde el inicio de obra hasta el PK 102+1000, por la margen izquierda, lo



declara como área proscrita para la ocupación por instalaciones auxiliares, zonas de préstamos y vertederos.

Proyecto de construcción

Con el objeto de compatibilizar el proceso constructivo con el máximo respeto, no solo a las prescripciones de la DIA, sino a los propios valores del entorno, se estudió y desarrolló una modificación sustancial del proceso constructivo, optando por una solución de empuje de tablero.

Diseño final del tablero

El dintel se resuelve mediante una celosía espacial triangular de canto constante 7 m. El cordón superior de la celosía está formado por dos vigas armadas de 1.500 mm., de canto, y una losa de hormigón armado de 200 mm., de espesor y 13 m., de ancho que materializa la plataforma. El cordón inferior de la celosía está formado por un único tubo de 1.016 mm., de diámetro, que se bifurca en las zonas de apoyos para darle al dintel estabilidad transversal. Entre los cordones superiores y el inferior hay dos planos de diagonales, que también son tubos de 558 mm., de diámetro.

Procedimiento de empuje

La luz máxima de los vanos es de 132 m., muy alejada de las luces habituales de los puentes empujados. Por tanto, para evitar unos voladizos excesivos durante el empuje, se disponen apoyos auxiliares en la mitad de los vanos y en el parque de fabricación. De esta forma, las deformaciones y esfuerzos que se producen permiten realizar el empuje sin necesidad de disponer nariz de avance o mástil de atirantado. Para no afectar al se ha optado por empujar una mitad del dintel desde un estribo y la otra mitad desde el otro.

Las pilas son de hormigón armado de sección transversal constante. Dicha sección es elíptica de 4,20 x 3,15 m., hueca hasta la zona superior, en la que existe un capitel macizo de 8 m., de ancho que recoge las cargas del dintel. El deslizamiento por los cordones superiores requiere aumentar la altura de estas pilas de hormigón, que quedarán como definitivas, unos 6 m. Además, el eje de los cajones supe-

riores queda muy separado transversalmente de los bordes del capitel de las pilas. Esto se resuelve con unas importantes estructuras metálicas auxiliares que se anclan a los capiteles y que se retiran una vez terminado el empuje y apoyado el dintel en los apoyos definitivos.

Por los motivos ya aducidos, de impacto visual, se habían reducido al máximo las dimensiones de las pilas. Ello ha originado que el diseño de estas estructuras auxiliares, como unos "cuernos" añadidos a la pila, haya sido extremadamente complejo, pues el espacio disponible para la transmisión de los esfuerzos que habían de soportar era muy limitado. También por la extremada esbelteza de los fustes de las pilas centrales, ha sido necesario atirantar los pilares durante las fases de empuje, para evitar una excesiva fisuración de las mismas.

Durante el empuje, en cada apoyo físico, se dispone un gato y sobre él una rútu-

la metálica que lleva unas pastillas de neopreno-teflón sobre las que desliza el tablero. Esta disposición de gatos hidráulicos permite saber la reacción o carga que hay en cada apoyo, y compararla con la teórica esperada, manteniendo un control de la resistencia de la estructura frente a los importantes esfuerzos que ha de soportar. Las fases de empuje han sido cinco, tres desde un estribo en el que estaba muy condicionada la longitud del parque de prefabricación y dos desde el otro. Una vez finalizado el empuje desde ambos lados se procedió al empalme de los mismos en el centro del vano sobre el río.

El principal problema para el empalme, fue estimar a priori la situación de ambas secciones de avance en el momento de finalización del proceso de empuje. En primer lugar fue necesario estimar la diferencia de contraflechas a adoptar para cada voladizo de 66 m., pues la distribución de



los vanos contiguos es diferente, lo cual producía mayores flechas en la punta empujada desde el estribo 2. Debido a la intensidad y dirección de los rayos de sol, el punto de la estructura sufría movimiento transversal de hasta 20 cm, y longitudinales de 8-10 cm., en un mismo día. Para completar la unión se requería que no hubiese deformaciones relativas entre los dos tramos empujados y sin embargo, la estructura estaba en continuo movimiento por los efectos de la temperatura. Para evitar esto, se decidió realizar un grapado provisional en ambos tramos de los cordones inferiores y superiores.

Una vez separados los dos tramos se completaron sin problema los carretes de cierre. Posteriormente, se procedió a la colocación "ad-hoc" de dos de las diagonales centrales y los arriostramientos superiores. Adicionalmente a este estudio, se optó por disponer unas estructuras auxiliares en la punta del segundo tramo empujado que permitían corregir los posibles errores de giro y desplazamiento relativo de los dos frentes, mediante la utilización de gatos planos de gran capacidad.

Sistemas de control

Durante las maniobras de empuje ha sido necesario realizar una serie de controles al objeto de comprobar que en todo momento la posición del dintel es la prevista y los esfuerzos que se producen al ir variando la posición y el número de apoyos, coinciden razonablemente con los calculados y por lo tanto, no se supera la capacidad resistente de la estructura. Además y debido a que el rozamiento en los apoyos provoca un empuje horizontal en las pilas, se comprobó que su resistencia era suficiente con los coeficientes de seguridad establecidos.

Para el control de las pilas se han deducido para cada pila y para los distintos valores del esfuerzo axial en cabeza, los diagramas de flexibilidad bajo la acción de fuerzas horizontales crecientes, aplicando la teoría no lineal. De esta forma se establecen para cada pila y cada axial unos límites de deformación en función del criterio elegido: ausencia de fisuración, valor del coeficiente de seguridad, etc. El control de las pilas se efectuó mediante prismas activos y plomadas de rayo láser. ♦



FICHA TÉCNICA

Promotor:	Ministerio de Fomento. Secretaria de Estado de Infraestructuras Demarcación de Carreteras del Estado en Extremadura
Director de la Obra:	Manuel Bruno Romero
Proyecto:	Proyecto de Licitación: Carlos Fernández Casado, S.A. Modificado del proyecto constructivo: Oficina Técnica de Sacyr, S.A.U. Asistencia Técnica: Internac
Empresa constructora:	Sacyr, S.A.U.
Presupuesto:	4.832.137,32 Euros
Fecha de acabado:	Septiembre 2004

CARACTERÍSTICAS

Ubicación:	Carretera N-430 Badajoz a Valencia por Almansa
Tramo:	Presa García Sola-Puerto de los Carneros-Intersección N-502
Tipología:	El tablero está constituido por una celosía tubular, formando una estructura de viga continua de canto constante y cinco vanos cuyas luces son 99, 132, 132, 110 y 88 m.



Envigado es un municipio colombiano de 180.000 habitantes, con el nivel de renta más alto del país, ubicado en el Departamento de Antioquia, junto a la bella ciudad de Medellín. El Municipio, ante la necesidad de construir un enlace vial en la Avenida de Las Vegas, decidió construir un puente de carácter singular, constituyendo una nueva puerta de acceso. Desde el origen permanecía la idea de constituir el puente en símbolo, concibiendo la estructura como representación del esfuerzo y empeño de una comunidad, la más próspera de Colombia, por superar la situación conculsa que vive el país.

Junto al hecho cultural promovido y buscado por el Municipio de Envigado, el equipo proyectista ha intentado en todo momento trascender los criterios más utilitaristas y económicos en el diseño del puente, intentando transmitir belleza y dotando a la estructura de espíritu. Para ello se ha empleado en todo momento la doble capacidad del puente como generador de comunicación: la explícita y física como conector entre extremos, y la implícita y sutil como interacción entre volumen plástico y espectador. Así se ha diseñado una estructura en la que a través de su lenguaje plástico y estética se comunique con la sociedad: se ha creado un puente símbolo y urbanizador a la vez.

Por la adecuada funcionalidad de la estructura, la calidad técnica del proyecto y de la ejecución, la obra ha recibido dos galardones que avalan dichas características: Premio Nacional de Ingeniería 2004, otorgado por la Sociedad colombiana de Ingeniería, y Premio a la Excelencia en Concreto, apartado Construcción de Obras Civiles, otorgado por la Asociación Colombiana de Productores de Concreto.

El Puente

En una primera fase del proyecto se desarrolló un estudio de alternativas. Como objetivo final se debía optimizar el coste de construcción de la obra, manteniéndose las directrices básicas del anteproyecto exis-



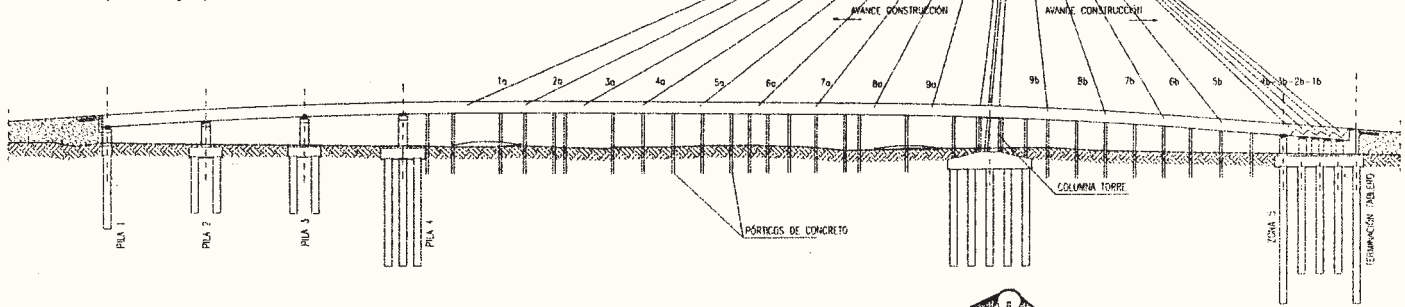
tente: luces y ubicación del pilono. Se analizaron dos posibles alturas de pilono (40 ó 50 m.), con tres variantes de inclinación del pilono (0°, 5° y 10°) y dos tipos de tablero, con cantos máximo de 1,70 ó 2,4 m. Se rea-

lizó una simulación virtual de la estructura con objeto de visualizar el aspecto final del puente. La solución que mejor integró los condicionantes estéticos, constructivos y económicos es la estructura que a conti-



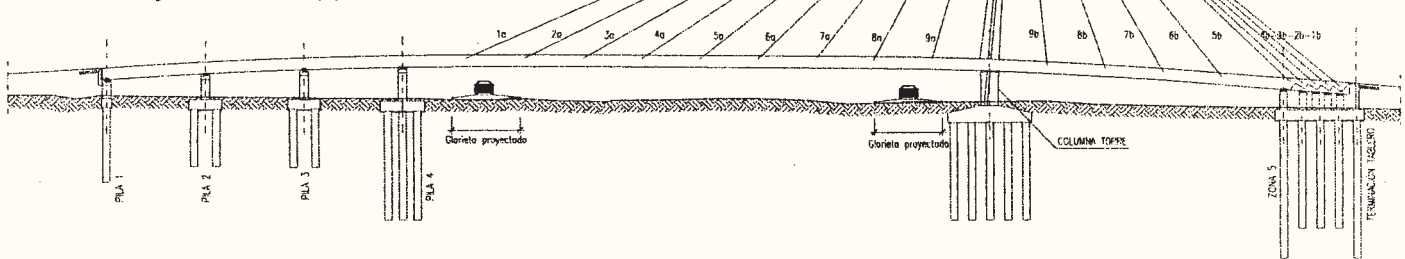
FASE 5

Retirada de encofrado y cimbra entre pilas 1 y 4
Relleno de tierras en punto 5
Construcción de los muros de tierra armada
Colocación, montaje y 1º tesado de los tirantes



FASE 6

Demolición de cimbra de hormigón en tramos atirantados
Definición de obra
Colocación de pavimento y carga muerta sobre el tablero (barrera, aceras, etc.)
Retesado de tirantes
Tesado de anclajes entre tablero y pila 1



nuación se describe: puente de dos vanos atirantados de 121 y 60 m., constituido por un atirantamiento central con cables separados entre 10 y 12 m., y tres tramos de acceso de 20,2 m.

La gran potencia de suelos aluviales de la llanura del río Medellín de resistencia floja o media exige cimentación mediante pilotes que deben empotrarse en el substrato granular, evitándose así la aparición de asentamientos inadmisibles. Todas las cimentaciones son profundas con pilotes de 1,5 m., de diámetro.

La pila bajo pylon presenta una sección transversal circular, de diámetro variable en altura entre 3,6 y 6 m., y está sustentada por un encepado de planta rectangular de 21 / 17 m² y un canto máximo de 4,5 m., apoyado sobre 30 pilotes de 1,5 m., de diámetro. Esta pila actúa como punto fijo del tablero frente a sismo o fuerzas horizontales longitudinales, colocándose dos apoyos de neopreno confinado tipo POT para resistir 4.600 T., de carga vertical y 1.250 T., de fuerza horizontal por apoyo. Los apoyos son fijos,

impidiéndose los movimientos relativos entre tablero y pylon en sentido transversal y longitudinal.

El estribo lado norte funciona como zona de anclaje de los tirantes, debiendo resistir una fuerza vertical de tiro de unas 2.500 T. Este estribo está constituido por una losa de cimentación de planta rectangular de 15,6 x 18,25 m² y un canto máximo de 2,2 m., cimentado por 16 pilotes de 1,5 m., de diámetro.

El elemento más singular del puente es el pylon que, a modo de hito, se afirma como una pieza singular del paisaje urbano y define al puente como puerta de entrada a la ciudad. El pylon está constituido por un único fuste empotrado en el tablero, diseñado en hormigón armado con sección rectangular de canto variable en los dos sentidos (dimensión en la base de 4x2 m²). Su altura máxima es de 50 m., inclinándose ligeramente, para generar una impresión visual de movimiento, 5° respecto a la vertical.

Los tirantes presentan una configuración en abanico, desviándose en la coronación

de la pila mediante una silla metálica, reduciéndose de este modo las dimensiones del pylon. La silla ha sido diseñada previendo una eventual sustitución de los cables, colocándose una cubierta de acero que permitiría la sustitución. Los tirantes están constituidos por cordones paralelos galvanizados, encerados y protegidos con una funda de polietileno de alta densidad, variando el número de cordones entre 33 y 91 unidades.

El tablero tiene planta prácticamente recta en su tramo atirantado y una transición curva de 820 m., de radio en los tramos de acceso del lado sur. La anchura de la plataforma es constante de 18,6 m., y se ha resuelto con una sección de gran inercia a torsión constituida por un cajón tricelular de hormigón de 2,40 m., de canto. El tablero está postesado interiormente con cables longitudinales y transversales. El postesado longitudinal está formado por cables de 12 cordones, con un máximo de 36 cables en la zona central del vano de mayor luz. El postesado transversal se ha ubicado en las zonas de anclajes de tirantes y en algunas de las traviesas sobre pilas.





Programa de ejecución

Un aspecto siempre presente en el proyecto del puente es el análisis de los medios de producción del contratista y de las particularidades del país. En Colombia el coste de la mano de obra es menor que en Europa y los materiales, fundamentalmente los que deben ser importados, representan un elevado coste de la obra. Por este motivo, el diseño de los diversos elementos estructurales del puente tenía como objetivo la optimización de materiales, aunque la ejecución fuera más compleja, requiriéndose más personal en la obra.

La altura del tablero sobre el terreno natural es de aproximadamente 6 m., siendo posible una construcción del tablero sobre cimbra con un hormigonado por fases. La construcción del tablero se ha realizado por tramos que no han sido ejecutados consecutivamente para no interferir con el tráfico existente en las avenidas que confluyen bajo el puente. La cimbra convencional fue, en algunos tramos, sustituida por una estructura de apoyo auxiliar constituida por pórticos de hormigón armado.

El pylon ha sido construido mediante el empleo de encofrado trepante, en módulos de 5m., de altura, con una geometría de sección rectangular variable en sus dos dimensiones con la altura. La construcción del pylon se ha desarrollado en paralelo con la construcción del tablero. Una vez alcanzada la coronación del pylon, se colocó la silla de desviación de ca-

bles, constituida por una serie de tubos metálicos que guían el cable sobre el pylon.

El montaje de los tirantes se realizó cordón a cordón, garantizando su paralelismo durante el tesado. El primer cordón está enfilado en la vaina y se iza, junto a la vaina, mediante un cabestrante, introduciéndolo en una de las guías de la silla de desvío. En la silla metálica los cordones se desnudan de su protección con objeto de incrementar su rozamiento. Una vez completada la instalación del tirante, el tesado se ha realizado por fases de forma simétrica desde ambos extremos para evitar fuer-

zas horizontales descompensadas en la coronación del pylon. Finalmente, se realiza el montaje de centradores, amortiguadores y capots, rellenándose las guías de la silla con un mortero con base de resinas y montándose la cubierta de la silla.

Se realizaron diversas pruebas de carga, estática y dinámica, antes de la entrada en servicio del puente. Adicionalmente se instaló un sistema de instrumentación fija constituida por células de presión en tirantes, acelerómetros en tirantes y tablero y otros sensores para medir temperatura y desplazamientos en determinados puntos. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Municipio de Envigado, Colombia
Proyecto:	Pedelta, Ingeniería Civil
Empresa constructora:	UTE Diconci – Alvarado Düring
Presupuesto:	7.524.838 Euros
Fecha de Acabado:	Julio 2003.

CARACTERÍSTICAS

Ubicación:	Envigado – Colombia. Es el segundo de mayor luz en su tipología en Colombia y se ha constituido en obra de referencia en el país gracias a su calidad tanto en el diseño como en la construcción y acabados finales de la estructura y de su entorno. Puente atirantado asimétrico, de hormigón pretensado, con un único pylon y dos vanos atirantados de 121 y 60 m., de luz.
Detalles:	<ul style="list-style-type: none"> - El puente tiene dos vanos atirantados de 121 y 60 m. - Cimentación profunda con pilotes de 1,5 m., de diámetro alcanzado 30 m., de profundidad. - La pila bajo el pylon es de sección circular y diámetro variable entre 3,6 y 6 m. - Pylon de 50 m., de altura, de sección rectangular y canto variable. - Tablero de 18,60 m., de ancho, cajón tritelular de 2,40 m., de canto.





Pasarela para peatones en Terrassa (Barcelona) que une el antiguo pueblo de Sant Pere con el barrio de Vallparadis, haciendo la conexión entre el Conjunto Monumental de las Iglesias de Sant Pere de Terrassa y el Museo, que actúa como centro de interpretación de las mismas, situado

en la otra orilla del Parque de Vallparadis. Todo ello se enmarca dentro de una serie de actuaciones previstas en el Plan Director del Conjunto Monumental.

La pasarela salva una luz libre de 90 m., y tiene una anchura de 2,70 m., y un canto de sólo 28 cm. Responde al esquema es-

tructura de banda tesa de hormigón con una flecha central de 1,67 m., y un desnivel entre puntos de arranque de la banda de 1,80 metros.

Los primeros puentes abastecidos por el hombre para superar grandes luces seguían la forma de la catenaria, la tipología



del puente colgante. Todavía hoy en día cuando es necesario superar una gran luz, el único esquema posible es el del puente colgante: San Francisco, Lisboa... Los materiales han ido evolucionando: lianas primero, cuerdas a continuación, cadenas más tarde y finalmente cables: el esquema se ha mantenido invariable.

¿Quién no ha visto la fascinante imagen del puente oscilando encima de un rápido de un río en un desfiladero de paredes verticales? En pleno Himalaya o en Los Andes. Al plantearse la construcción, a finales del siglo XX de una pasarela metálica situada en el conjunto arqueológico de Sant Pere de Terrassa, se considera que lo mejor es utilizar un esquema estructural con tradición y solera, el puente colgante la proporciona.

Al recinto se accede a través del puente de Sant Pere, conjunto de arcos de los siglos XVI-XVII, pieza de gran rotundidad y también exponente de una forma estructural consolidada. Competir con él está fuera de lugar y, tal y como acostumbra a ser recomendable en estos casos, batirse en retirada es lo más prudente. Luego, la especificidad de la nueva construcción es necesario que sea la contraria: la ligereza. El puente colgante nos la concede.



Contrariamente a los puentes para tránsito rodado, en las pasarelas para peatones se puede unificar en un solo elemento la función resistente y la de plataforma para los usuarios: por suerte los humanos somos menos exigentes que las máquinas para poder mover con comodidad y además, pesamos menos que cualquier vehículo.

A las estructuras que utilizando el esquema de puente colgante unifican cable y plataforma se las ha bautizado con el nombre de banda tesa. Una de sus características es que no precisan de torres desde donde suspender los cables, siendo la propia flecha de la plataforma la que

proporciona el brazo mecánico suficiente para resistir las cargas.

En Sant Pere la ausencia de torres, conflictivas con la arboleda, es clave para agudizar la esbeltez de la nueva construcción. Como en todos los casos de estructura suspendida, el elemento crítico es el del anclaje de las potentes fuerzas horizontales que se generan, hecho que obliga a disponer estribos enterrados de cierta complejidad. Asimismo, el procedimiento constructivo es extraordinariamente simple y se puede prefabricar la totalidad del tablero. En Sant Pere, tecnología reciente y formas milenarias se pueden dar la mano. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Plan Director de las Iglesias de Sant Pere de Terrassa
Proyecto:	R.G.A. Arquitectes y Enginyeria Reventos, S.L. 2002
Empresa constructora:	R.G.A. Arquitectes y Enginyeria Reventos, S.L. 2003
Instalaciones:	Portell - Brunés Enginyers, S.L.
Presupuesto:	566.000 Euros
Fecha de Acabado:	Octubre 2004

CARACTERÍSTICAS

Obra:	Pasarela de 90 m., de luz, 2,70 m., de ancho y 28 cm., de canto en banda tesa de hormigón con flecha central de 1,67 m., y desnivel entre arranques de 1,80 m.
-------	--



En 1811, durante la Guerra de la Independencia española, el Pont Trencat sufrió la destrucción de uno de sus dos arcos: el principal. Debido a que el puente fue destruido hace mucho tiempo, nadie sabe con seguridad cómo era éste antes de su destrucción. Por otra parte, la gente del lugar estaba acostumbrada a ver su forma rota, la cual le da nombre. Por todo ello, se considera más adecuado recuperar su función erigiendo de nuevo la parte desaparecida de forma que presentase un total contraste entre ésta y los restos preexistentes; todo ello utilizando técnicas y materiales contemporáneos. Los trabajos divididos en tres fases, fueron iniciados en Julio de 2000 y la obra fue abierta al público en Septiembre de 2003.

Destrucción del puente

El veintitrés de Febrero de 1811 murió a la edad de ... ahogada en el Tordera por haber roto el Puente por orden del general de vanguardia Don Joseph Obispo, que ello reportase alta utilidad ni ventaja que las desgracias que se han experimentado, y que se esperan de necesidad). Esta anotación, escrita en catalán antiguo, procedente del Libro de Óbitos del archivo de la parroquia de Sant Celoni, recuerda la destrucción del Pont Trencat ordenada por el general Obispo para entorpecer el movimiento de las tropas invasoras durante la Guerra de la Independencia, en la que la mujer responsable de la explosión perdió la vida. De acuerdo con el grabado de uno de los dibujantes que acompañaban al ejército de Napoleón, Michel Charles de Langlais, esta acción no tuvo la efectividad deseada. En éste aparece el ejército invasor cruzando el río a pesar de la reciente destrucción del puente.

Posibles actuaciones

A pesar de su robustez era necesario protegerlo del deterioro que estaba padeciendo. Para ello, en el otoño de 1996 se creó la asociación Ponto Romà 2000. Una



vez definidos los objetivos de la asociación –recuperar el puente destruido y mejorar los márgenes del río en su proximidad– se redactó un proyecto para obtener los primeros fondos para llevar a cabo los trabajos preliminares. Paralelamente a estos trabajos se llevó a cabo una campaña de divulgación del proyecto.

Los trabajos de arqueología, se hicieron en tres fases –en verano de 1998, en otoño



de 1999 y en la primavera del 2000–, proporcionaron una valiosa información que fue cotejada con los resultados de la búsqueda documental que se realizó. El levantamiento fotogramétrico de los restos proporcionó una precisa representación de su geometría. Del estudio geotécnico se obtuvo información tanto de la morfología del subsuelo como de la estructura interior de los restos. Mientras, con el soporte que proporcionaba la información que se iba obteniendo, se redactó el proyecto constructivo de la restauración del puente.

La pregunta clave del proyecto era: ¿De qué manera hay que reconstruir el puente? A partir de la geometría de la parte del puente que permanece, de los restos de los arranques del arco destruido y el de los pavimentos descubiertos durante las excavaciones arqueológicas en los dos márgenes, y del grabado de Michel Charles de Langlois, se pudo deducir que el arco destruido era mayor que el existentes, y que sobre el puente el firme presentaba un perfil en forma de lomo de asno con el punto más alto situado sobre la clave del arco desaparecido. Sin embargo se desconoce su exacta geometría; incluso si el arco era o no apuntado.



En nuestro caso había tres posibles líneas de actuación. La primera era únicamente consolidar los restos existentes sin recuperar su función de uso; la segunda era reconstruir el puente intentando devolverle la forma que tenía antes de su destrucción; y la tercera era recuperar su función rehaciendo la parte desaparecido de una manera totalmente diferente, marcando el contraste entre las dos partes, la antigua y la nueva. Tras diversas consideraciones se rechazaron la primera y la segunda opción, considerando en cambio más adecuado consolidar los restos existentes y restaurar su función usando materiales y técnicas actuales.

La propuesta

Se estudiaron distintas alternativas, trabajando con modelos digitales con los que las primeras ideas evolucionaron hasta la propuesta finalmente construida consistente en un tablero continuo de dos vanos, de tres metros de canto, de sección cajón, con una anchura variable entre los 2,08 m., de su fondo y 3,36 m. en la parte superior. El pavimento se dispone en un nivel intermedio, 1,84 m. sobre el fondo del cajón, de manera tal que la prolongación de las almas del cajón sobre el nivel del firme hace de parapeto. Éste se prolonga más allá de la nueva estructura, a lo largo de la parte antigua de piedra, proporcionando un fondo sobre el cual destaca, si cabe un poco más, la vieja silueta irregular.

Esta viga continua esta soportada por tres líneas de apoyo, dos extremas y una tercera intermedia sobre la clave del arco. Éste, con una luz de 24 m. es de canto varia-

ble mínimo en arranques, con 0,61 m. y máxima en clave, con 0,89 m. La arista superior del tablero y el intradós del arco siguen la forma que pensamos tenía el viejo puente, de esta manera la nueva estructura evoca la desaparecida silueta del puente original.

Transversalmente el arco está formado por dos cajones de ancho variable dispuesto de manera que en la zona cercana a la clave dejan un espacio libre por donde pasa el tablero. Por debajo de éste, los dos arcos están unidos por unas cruces de San Andrés que quedan ocultas por una chapa que da continuidad al conjunto, de forma que exteriormente adquiere la apariencia de un único cajón. La anchura de este conjunto multicelular varía de los 3,40 m. en los arranques hasta los 5,12 m. de la clave. Cada uno de los dos arcos se apoya en dos rótulas, una situada sobre las dovelas del remanente del arranque del arco desaparecido sobre la pila central, y la

otra sobre el encepado del cemento en el margen opuesto. Con el objeto de proteger el arco de los objetos que pueden ser arrastrados por una avenida, se llenó con hormigón en masa los dos primeros metros de su parte más baja, la que queda sobre la nueva cimentación.

Construcción

La construcción se llevó a cabo en tres fases. En la primera se hizo el refuerzo y la consolidación de los restos existentes de piedra, así como la realización de los nuevos cimientos. En la segunda fase se fabricó y erigió la estructura de acero. La última fase consistió en la realización de los pavimentos, el alumbrado viario y el mobiliario urbano.

En este proyecto el puente ha recuperado su uso pero de alguna manera no ha dejado de ser el Pont Trecat. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Ayuntamientos de Sant Celoni y Santa Maria de Palautordera en convenio con la Associació Pont Romà 2000.
Proyecto y Dirección de la Obra:	Xavier Font. Alfa Polaris, S.L.
Empresa constructora:	Sapic, S.A. de Ingeniería y Construcciones Dragados de España, Ica de México y Vialga de Venezuela.
Presupuesto:	1.234.000 Euros
Fecha de Acabado:	Enero 2004

CARACTERÍSTICAS

Obra:	En 1811, durante la Guerra de la Independencia española, el Pont Trecat sufrió la destrucción de uno de sus dos arcos: el principal. Se consideró lo más adecuado recuperar su función erigiendo de nueva la parte desaparecida de forma que presentase un total contraste entre ésta y los restos preexistentes; todo ello utilizando técnicas y materiales contemporáneos.
-------	--



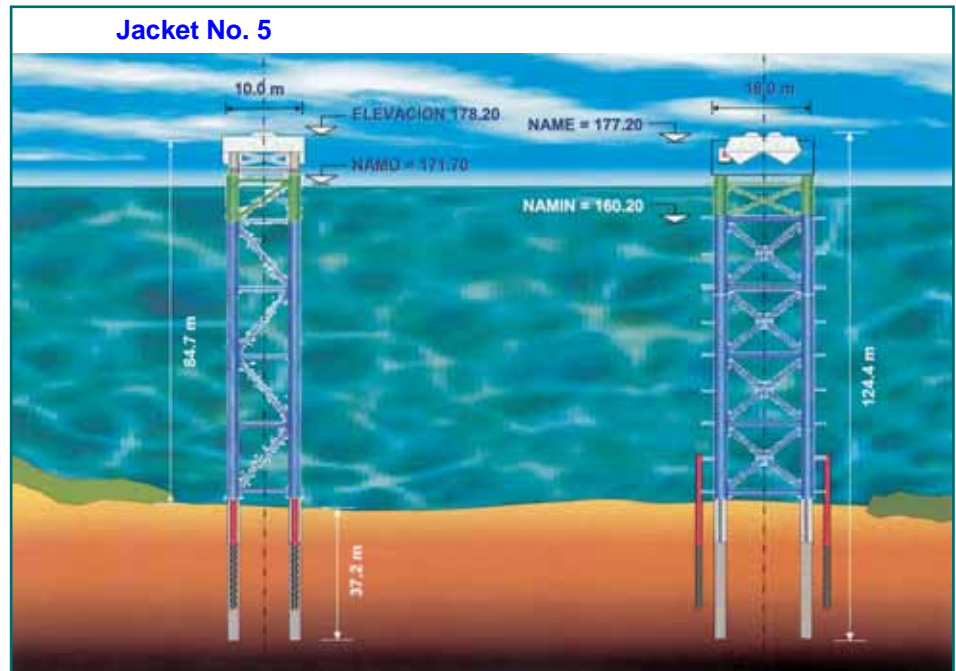
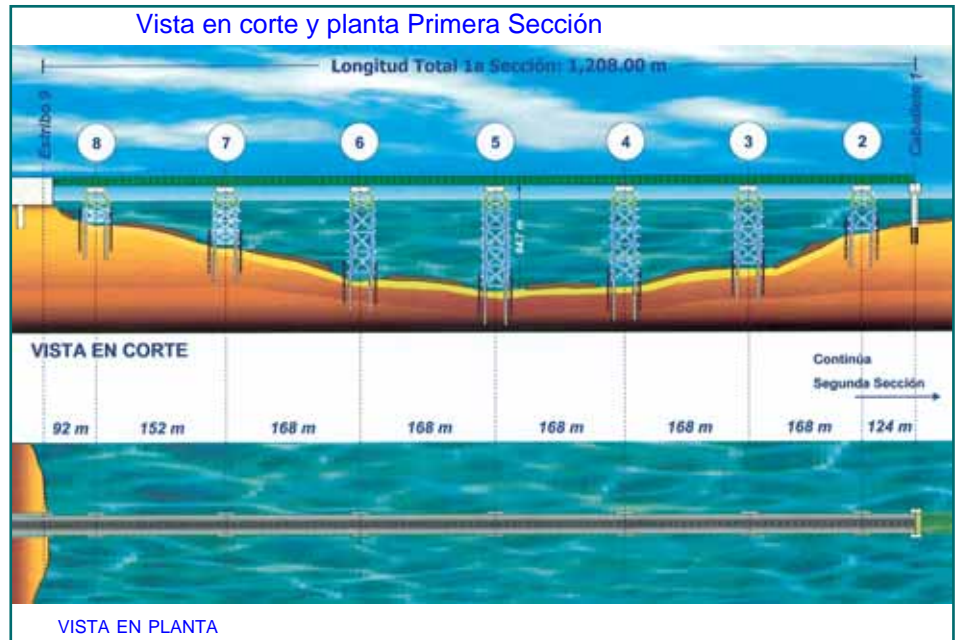
Con el fin de lograr una comunicación directa entre las ciudades de Tuxtla Gutiérrez Chiapas y México D.F., se efectuaron estudios y análisis de una serie de alternativas de ruta, de las cuales hasta 1994 no se definió cual sería la mas conveniente, partiendo de que las rutas existentes contaban con distancias de 1011, 1045 y en el mejor de los casos de 946 Km de distancia entre la ciudad de Tuxtla Gutiérrez Chiapas y México d.F.

Así surge la nueva ruta corta Choapas-Raudales-Ocozocoauatla de 198 Km. de longitud, que cruza la presa Netzahualacoyot, antes llamada Malpaso en una longitud de 1,8 Km., naciendo la necesidad de construir un puente que permitiera cruzar el vaso de dicha presa y conectar los estados de Veracruz y Chiapas, que hasta esa fecha no contaban con una conexión directa.

El Puente Chiapas, de 1.838 m. de longitud, cuenta con un tramo de 630 m., con vanos de 50 m., a base de vigas metálicas sección "I" de alma llena, montadas con grúas y 1.208 m., de sección cajón diseñado por el sistema de empujado. La superestructura está formada por 102 dovelas metálicas de 5,50 m., de canto y ancho inferior de 6 m. El ancho de la calzada es de 10 metros.

Con la puesta en operación en diciembre de 2003 del puente Chiapas y con el de toda la longitud de la mencionada autopista, se abre una nueva era a los habitantes de Chiapas, viéndose transformados sus anhelos al contar con una ruta corta con la que en 9 horas se trasladan de la capital de Tuxtla Gutiérrez Chiapas la capital mexicana, con la seguridad y el confort de transitar en una carretera de altas especificaciones.

El puente Chiapas, fue construido con los más altos estándares de calidad; tomando en cuenta su construcción con profundidad de agua superior a los 80 m., y luces máximas de la superestructura de 168 metros. La estructura fue diseñada por la necesidad de cruzar el embalse de la presa, lográndose conju-





gar la distribución de la misma con el aspecto ecológico y funcional de integración al ecosistema, cuidando en todo momento no daña la ecología local en la presa. La estructura fue modelada con una malla de elementos finitos de tipo viga tridimensional con comportamiento elástico-lineal. ♦



FICHA TÉCNICA

Promotor:	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
Proyecto:	Triada, S.A. de C.V.
Empresa constructora:	Ingenieros Civiles Asociados, S.A. de C.V.
Presupuesto:	1.600 Millones de Pesos Mexicanos
Fecha de acabado:	Diciembre de 2003

CARACTERÍSTICAS

Principales datos de la obra:

- Cimentación profunda:(28 pilas coladas en sitio de 2,50 m., de diámetro localizadas en el fondo del embalse de la presa con profundidad máxima de 85 m.
- Cabezales: 7 de hormigón.
- Estribo y caballete.
- Superestructura: Longitud total de 1.028 m., formada por 102 dovelas metálicas tipo cajón ortotrópico de 5,50 m., de peralte, 10 m., de ancho en su patín superior y 6 m., en su patín inferior.
- Obras auxiliares.
- Obras complementarias.
- Volúmenes totales de obra:
 - Hormigón hidráulico: 21.493 m³
 - Acero de Refuerzo: 1.838 Tn.
 - Acero estructural: 19.000 Tn-
 - Acero de presfuerzo: 39 Tn.
 - Relleno: 91.344 m³

Construir un puente sobre el Lago Sur es un desafío que supera la mera solución de ingeniería de tráfico. Brasilia, nacida del sueño de integración nacional del Presidente Juscelino Kubitschek (JK) y de la inspiración de la brillante mente del arquitecto Oscar Niemeyer, exige soluciones con su arquitectura monumental.

En 1990 se iniciaron los primeros estudios para definir su localización. En 1998 se realizó un concurso para seleccionar el proyecto. La solución elegida contempla características de integración en la naturaleza y respeto a la monumentalidad del conjunto arquitectónico de Brasilia. El crecimiento de la población de la ciudad, registrando más de dos millones de habitantes a principios del 2000 y sobre todo en las regiones próximas al Lago Sur, así como la necesidad de aliviar las congestiones de circulación de la zona, sirvieron de base para el dimensionando del puente y su localización definitiva.

La construcción del puente se inició en junio del 2000, asumiendo su verdadera identidad-Ponte JK en homenaje al fundador de Brasilia y se inauguró el 15 de Diciembre de 2002. Esta infraestructura destaca tanto por sus características estéticas y técnicas como funcionales. Al enlazar el sector de Clubes con el Lago Sur el puente ha conseguido reducir el recorrido de 30.000 usuarios diarios en unos 22 Km. Pero si este puente destaca por su importancia para las comunicaciones de la zona, también sobresale por sus características técnicas: cuenta con una extensión longitudinal de 1.200 m.,



dividido en cinco tramos de 240 m., cada uno; tiene un radio de curvatura en planta de 3.150 m., y una rampa ascendente hacia el centro del puente del 2,5%.

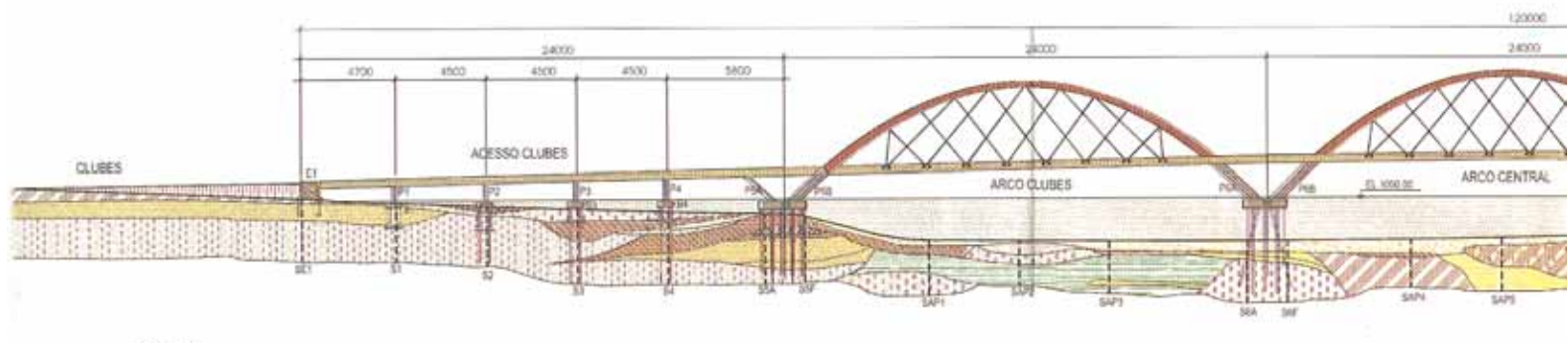
Para dotar al conjunto de una singular belleza, se proyectó todos los encepados sumergidos. Los tableros de los dos tramos de acceso se proyectaron con estructura mixta de viga metálicas y losa de hormigón. Asimismo, los tableros de los vanos de los arcos se diseñaron con losas ortotrópicas de sección trapezoidal, con 24 m., de anchura y 3 m., de canto, todo en acero, llevando la superficie de rodadura un revestimiento de una capa de "Dermafalt", con un espesor de 8 mm.

Los puntos de arranque de los arcos de sección trapezoidal variable (tramo de encepado hasta el nivel del tablero) se ejecutaron con hormigón armado, y el resto con estructura metálica. La sección del arco os-

cila desde los 6,50 x 5 x 2,50 m. en la base, hasta una sección rectangular de 5 x 3 en la clave.

Las calzadas están separadas entre sí y de los paseos laterales por barreras de hormigón del tipo New Jersey. Lateralmente las aceras van protegidas con dispositivos de protección que se han ejecutado con tiras de chapas metálicas y cables de acero, que incorporan en su parte superior un tubo metálico que funciona a modo de barandilla.

Este proyecto, de imponente belleza estética, ha presentado, sin embargo, dos grandes inconvenientes en su realización: los encepados sumergidos, muy caros de ejecutar; así como, los arcos, que pasan a los encepados grandes cargas horizontales (3.200 t.). Por otra parte, cabe destacar la elevada torsión que se imponen al tablero, debido a la colocación excéntrica de los tirantes.





Además de las plataformas para el montaje de los tableros ejecutados en los dos extremos del puente, del taller mecánico y la central de armado y de carpintería, se han construido, también, dos muelles de embarque, uno para las camisas metálicas y para el armado de los pilotes y otro para los tramos de los arcos metálicos. Las plataformas se construyeron conservándose el mismo radio de curvatura y la misma rampa longitudinal del puente. Al estar ubicado en el interior del país, a más de 1.000 Km., del litoral, hubo que proyectar y fabricar las plataformas flotantes para los equipos de ejecución de la obra.

Descripción de la obra

Se trata de un puente en curva, de estructura singular, con arcos oblicuos sustentando los tableros metálicos mediante ca-

bles. Los trabajos de infraestructura presentaron grandes dificultades debido a la naturaleza de los terrenos de fundación, exigiendo una solución distinta para cada apoyo.

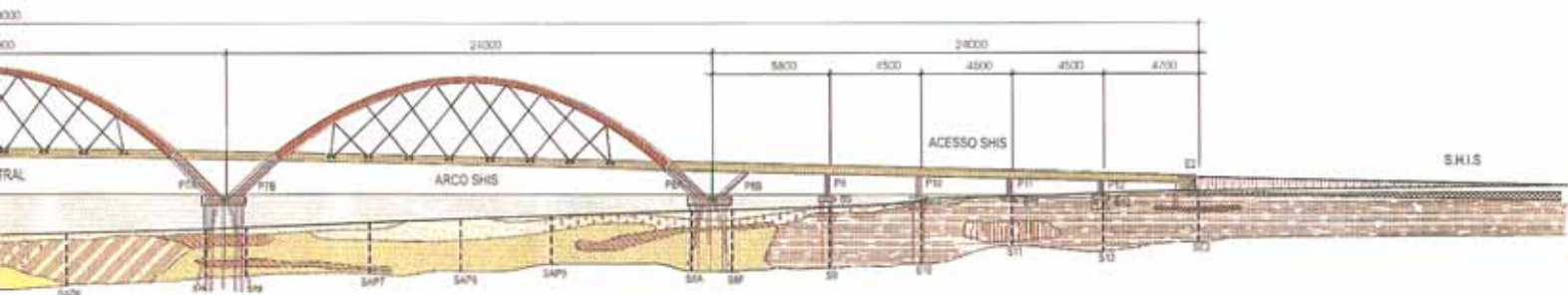
Con vistas a reducir la cantidad de pilas y pilotes de fundación, se proyectaron tres vanos de 240 m. salvados mediante arcos de acero que sustentaban el tablero. El aspecto monumental de la obra nace la presencia de los arcos, que cruzan diagonalmente y de forma sucesiva el espacio aéreo del tablero, apoyados en puntos opuestos y formando planos inclinados, y de las figuras creadas por los cables de suspensión colocados en los laterales de las pistas de rodadura.

El puente JK está dotado de dos pistas con tres bandas de rodadura cada una. En los laterales existen pasarelas de peatones de 1,50 m. de anchura. El ancho total

del tablero es de 24 m. Los bloques de fundación de 25 x 40 x 40 m. y 15.000 Tn de peso, se apoyan en pilotes de 1,20 de diámetros hincados a más de 50 m. de profundidad, a través de una lámina de agua de 22 metros.

La obra presenta tres tramos distintos: los accesos por ambas márgenes de 240 m. de longitud cada uno, con superestructura mixta de tablero metálico y hormigón y el tramo central de 720 m. de longitud, constituidos por tres arcos de acero, sustentando el tablero metálico. Son los elementos principales de la estructura de soporte del puente. Sus dimensiones transversales varían de 6,50 x 5 m, en los arranques a 5 x 3 m., en clave.

Para abreviar el plazo de ejecución y garantizar mayor rigidez al conjunto, el arranque de los arcos es de hormigón hasta el nivel del tablero, con un desarrollo aproxi-



mado de 25 m., y espesor de paredes de 0,50 a 0,80 m. El tramo en acero, se inicia a partir del apoyo de hormigón, se prefabricó en módulos de 40 Tn de peso para facilitar su montaje, con una longitud del orden de 5 metros. Las chapas de las caras varían de 19 mm., de espesor en los arranques a 12,5 m en clave y va dotado de y longitudinales en forma de T.

El tablero del puente, de 25 m., de ancho y 3 m., de canto es de planta curva, de 3.150 m., de radio y 2,25% de pendiente hasta alcanzar el vano central donde logra una elevación máxima de 21,25 m. sobre el nivel del agua. El tablero de cada uno de los dos tramos de acceso, tiene una longitud de 214,3 m., con tres vanos centrales de 45 m., y vanos extremos de 28 m. y 41,3 m. Los 16 tirantes de cada arco están distribuidos por parejas a lo largo del tablero a distancia regular de 20 m. y a lo largo de la cara inferior de los arcos a 18 m. aproximadamente.

Proceso constructivo

Cimientos con aire comprimido-Pilas de acceso y Pila 5

Primero se hincaron las camisas metálicas. A continuación, se construyó una plataforma de trabajo que se apoyaba también en contrapesos de hormigón y se llevó a cabo el montaje de las campanas de aire comprimido, soldándose en los revestimientos metálicos. Las excavaciones se ejecutaron manualmente, con martillos neumáticos y sobre todo con explosivos. Una vez acabadas las bases ensanchadas, se montó el armazón y se ejecutó el hormigonado.

Cimientos con pilotes entubados flotantes con una capacidad de 800 toneladas

La colocación y el enclavamiento de los revestimientos metálicos se ejecutaron del mismo modo que los cimientos con aire comprimido, penetrando éstos en el suelo unos 12 m., tras alcanzar la cota de enclavamiento. Estos pilotes se ejecutaron en dos fases. La primera con la ejecución de tan sólo los pilotes verticales, y después de colocar el encepado en su cota definitiva, se ponían los pilotes inclinados.



Encepados sumergidos

Sobre los pilotes verticales se montaron las plataformas metálicas para el apoyo y la ejecución de las paredes y fondo del encepado. Una vez construido el molde del encepado, se ejecutó una estructura de perfiles metálicos para el soporte de los 29 gatos de izado, con una capacidad de entre 250 y 500 t., cada uno. Al principio, el bloque se levantó para llevar a cabo la retirada de la plataforma inferior, y a continuación se iniciaba el proceso de bajada del envoltorio que se bajó verticalmente unos siete metros, hasta alcanzar su posición definitiva.

Para los encepados menores, esta operación se llevó a cabo con cuatro gatos de izado, con una capacidad de 250 t., por gato. Una vez fijado el molde en la cota definitiva del proyecto, se ejecutaron los pilotes inclinados a través de los agujeros practicados en la losa de fondo del molde

de envoltura, con la ayuda de una plantilla que fijaba las inclinaciones y la dirección de cada pilote.

Dado que la parte superior de los encepados se encuentra bajo el nivel del agua, se ejecutó un complemento provisional de las paredes para que se pudiese llevar a cabo la retirada del agua del interior del encepado. Las siguientes fases fueron el montaje de la armadura y el hormigonado del encepado.

Teniendo en cuenta que el inicio del arco de hormigón sobresalía más allá de los límites de los encepados, resultó necesario ejecutar plataformas apoyadas sobre pilotes provisionales que soportasen la cimbra inclinada. Los hormigonados se ejecutaron en módulos de seis metros de largo.

Transporte y montaje

Los tableros metálicos se realizaron en Usiminas Mecánica, S.,A., fábrica situada





en la ciudad de Ipatinga, en el estado de Minas Gerais, a una distancia de 1.000 Km., de la obra, y se transportaron en plataforma de 3 ejes (con capacidad de 25 t).

El montaje de los tableros se llevó a cabo sobre tierra en los extremos del puente y se empujaron sobre los pilares. Los lanzamientos se ejecutaron por medio de gatos hidráulicos, reaccionado contra las pilas, proyectadas para soportar dichas reacciones. El enlace de los gatos hidráulicos con el tablero se realizó a través de vigas de tiro soldadas en el fondo del tablero. Para que los tableros pudiesen vencer los vanos de 240 m., hasta que se montasen los arcos y se armasen los tableros, fue necesario construir tres puntos de apoyo provisionales por cada vano, reduciendo el vano libre durante la fase de montaje a 60 m. Tras concluir el empuje, se retiraban los aparatos de deslizamiento de modo que se asentasen sobre los apoyos definitivos.

Los arcos se fabricaron en el mismo lugar donde se realizaron los tableros. Por ello, tuvieron que ser transportados hasta la obra y, debido a su forma geométrica, totalmente variable, se tuvo que llevar a cabo un montaje en blanco en el propio taller, enlazando los módulos entre sí para garantizar un perfecto acoplamiento durante el montaje en la obra. Los arcos se dividieron en módulos que oscilaban en longitud entre los siete y los quince metros, y entre 40 y 60 toneladas, en peso.

Para soportar el peso de los arcos y garantizar el perfecto posicionamiento de los mismos, se montaron torres y vigas cruzadas. La última unidad del arco se ejecutó siempre por la noche y con las más bajas temperaturas, ya que, la incidencia del sol durante el día llevaba a un aumento de la temperatura de la estructura del arco.

Tras finalizar el montaje de los arcos, se realizó la instalación de los tirantes y se aplicaron las cargas previstas en el cálculo,

siguiendo rigurosamente la secuencia establecida en el proyecto, que produjo la liberación de los puntos de apoyo provisionales retirados entonces, quedando las cargas de los tableros completamente transferidas a los arcos y pilares.

Control

Al tratarse de estructuras especiales, totalmente diferentes de las convencionales que existen en el mundo, las del puente JK están siendo comprobadas y controladas desde el principio del montaje de los arcos, y dicho seguimiento se mantendrá durante tres años. Básicamente este control consiste en células de carga instaladas en cada uno de las bandas extensométricas. Están localizadas en los puntos estratégicos de los arcos, a fin de comprobar las tensiones de las chapas de la estructura, las medidas de los desplazamientos de los encepados y la prueba dinámica de la estructura con vehículo tipo.

Por último, podemos afirmar que el proyecto ha cumplido todos los objetivos propuestos: Tener un puente que cumpliera la finalidad propia de una estructura viaria y que fuese, al mismo tiempo, un monumento más integrado con los otros existentes en la capital brasileña. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Novacap, Gobierno do Distrito Federal
Proyecto:	Ingeniera: Eng. Mario Jaime Dos Reis Vilaverde Eng. Filemon B. de Barros Eng. Piotr Slawinski
Arquitectura e Iluminación:	Alexandre Chan – Arquitecto y Urbanista
Empresa constructora:	Consorcio Via Dragados - Usimec
Presupuesto:	
Fecha de acabado:	Diciembre 2002

CARACTERÍSTICAS

Ubicación:	Puente sobre el Lago Paranuá en Brasilia.
Tipología:	Puente en curva, de estructura singular, con arcos oblicuos soportando los tableros metálicos mediante cables.
Longitud:	1.200 m.
Tablero:	Ancho: 26,10 m. con dos pistas de 3 fajas cada una más 2 pasillos para personas. Altura del tablero: 18 m. sobre el nivel del agua.
Arcos:	3 arcos centrales de acero, vanos de 250 m. cada uno.
Accesos:	
Unidades de obra:	5 vanos de 45 a 58 m. sustentados por 10 apoyos. Peso: 12.067 Tn. Volumen hormigón: 38.900 m ³ .
Profundidad del lago en la zona de obra:	23 m.



Bilbao es una ciudad sometida a una profunda transformación urbana. La relación entre la urbe y el curso del agua estuvo siempre mediatizada por las actividades vinculadas a la industria y a las infraestructuras portuarias y de transporte de mercancías. La reducción de los espacios que precisa la industria actual y el traslado de las actividades portuarias desde el centro de la ciudad hacia la bahía exterior, están haciendo posible que la ciudad recupere su waterfront. Esta transformación está significando para Bilbao y su zona metropolitana un cambio profundo y, sin duda, uno de los espacios emblemáticos de este cambio es el área de Abandoibarra. Es en este nuevo centro de Bilbao, enmarcado por el museo Guggenheim, de Frank O. Gehry y el Palacio Euskalduna, de Federico Soriano y Dolores Palacio, donde se ubican la pasarela peatonal "Pedro Arrupe" y el nuevo parque de Ribera.

Pasarela peatonal "Pedro Arrupe"

La situación de la pasarela es uno de los condicionantes más importantes que han orientado el proyecto. Se trata de un entorno de fuerte carácter urbano, con piezas rotundas de una gran personalidad como son el nuevo Museo Guggenheim, el puente de la Salve, el conjunto arquitectónico de la Universidad de Deusto, el puente de Deusto, el palacio Euskalduna o los proyectos de la Torre de Cesar Pelli o de la Biblioteca de la Universidad, de Rafael Moneo.

El diseño

El diseño parte de un elemento continuo, de una lámina estructural de espesor constante, con dos pieles diferentes, una de acero inoxidable y otra de madera, a modo de un juego de papiroflexia con una lámina de espesor constante. El juego visual entre el haz y el envés de la lámina convierte a la pasarela en un objeto inusual. El juego de reflejos con el agua de la ría y sobre la propia piel de la pasarela sin duda genera todo un ámbito de reflexio-



nes. El resultado es, finalmente, un objeto con un fuerte carácter zoomorfo, una pieza que se ha posado buscando naturalmente los soportes, como si fuera una libélula. Las escaleras de acceso a la pasarela son concebidas como parte del continuo urbano. La pasarela aparece así como una pieza de gran independencia, que vincula ambos márgenes de la ría.

La elección del acero inoxidable le da a la pasarela un carácter simétrico y unitario y una fuerza tectónica que eran necesarios en esta intervención. Además del

acero, la madera tipo lapacho está presente en el pavimento, como si de una cubierta de barco se tratase, y las superficies de piedra aparecen en las rampas de acceso.

Objetivos conceptuales:

- Con personalidad propia y con entidad estructural en sí misma.
- Innovadora y que, pueda realizarse con un sencillo método de construcción.



- Una estructura de forma geométrica simple pero que incorpora una técnica depurada, consiguiendo sostenerse más por su forma que por la resistencia oculta de su material.
- Una pasarela que fortalece el lugar.
- Una forma siempre que transmite sensación de ligereza y de dominio de la propia materia.

Los flujos peatonales

La pasarela ha buscado también la resolución óptima de los múltiples y complejos condicionantes funcionales de gálibos y flujos peatonales entre ambas márgenes de la Ría, sin añadido entre la propia estructura que salva la ría y las diferentes rampas de acceso.

- La solución resuelve, a través de su propia estructura, la totalidad de recorridos y flujos peatonales entre las distintas zonas de ambas márgenes: Parque de Abandoibarra. Muelle de la margen izquierda de la Ría. Avenida de las Universidades. Recinto universitario.
- Los distintos flujos peatonales pueden así realizarse mediante recorridos suaves.
- Un ascensor panorámico permite la accesibilidad total.

Se trata, en definitiva, de una pasarela-calle que permite dotar a la ciudad de Bilbao de un cruce peatonal de gran amplitud sobre la Ría. La solución permitió, además, un proceso de fabricación y montaje



relativamente sencillo, con elevación de unidades de gran longitud y poco peso. De esta forma, el montaje exigió zonas reducidas de ocupación durante las obras.

La estructura

La pasarela se compone de una estructura singular que se recubre con dos "pieles":

- Una exterior de chapa de acero, de carácter urbano y resistentes, que a la vez desempeña funciones estructurales.
- Una interior de madera, más amable y cálida.

El encuentro entre las dos pieles se resuelve con una pieza especial de madera que sira de albardilla a los petos laterales de cada tramo de pasarela y, a la vez, de pa-

samanos y de apoyo cómodo para ver la Ría y el entorno urbano desde la propia pasarela.

La iluminación interior de la pasarela es de fibra óptica. La exterior o monumental se ha proyectado teniendo en cuenta el especial entorno circulante. Se concibe así la pasarela mas como un mirador sobre la ría y la ciudad que como un objeto que focalice las miradas.

El "Paseo de la Memoria"

La pasarela peatonal sobre la Ría de Bilbao desemboca en su extremo de Abandoibarra en una plaza de nueva creación, la Plaza del "Begirari IV" (de Eduardo Chillida), destinada a ser encuentro entre la pasarela y la ciudad. Begirari IV pieza forma parte del conjunto de piezas escultóricas que forman el "Paseo de la Memoria", creado como homenaje al pasado industrial de la zona sobre la que se ubica. El itinerario, que crea un espacio de arte entre el museo y el Palacio de Congresos.

El Parque de la Ribera

El Parque de la Ribera de Abandoibarra está situado en el lugar en el que durante años se ubicaron los muelles y la zona industrial, limitando al Norte con la Ría del Nervión y al Sur con la Avenida de Abandoibarra, que es el nuevo eje urbano que la ciudad ha ganado con esta importante transformación. Tiene una superficie de 47.868 m². Se trata de un espacio con carácter lineal cuyo papel es el de configurar el nuevo paseo de borde de la Ría. El Parque





cumple con el objetivo de conectar el centro de la ciudad con la Ría y con la Universidad de Deusto, a través de la pasarela Pedro Arrupe.

La Ribera de Abandoibarra, que recoge buena parte de la historia industrial de Bilbao, representa la imagen que vuelva hacia la Ría el nuevo Bilbao en transformación. El Parque de Ribera está concebido como el elemento principal capaz de ofrecer a la Ría una "fachada" de espacio singular. Se estructura en tres niveles:

- El Paseo Inferior es propiamente dicho un paseo de borde de la Ría.
- El Paseo Superior es ya un paseo propio del Parque lineal y es el que forma la "fachada" del Parque sustentada también por la hilera de linternas que tanto de día como de noche marca la imagen y el ritmo del nuevo espacio.
- El Parque Lineal, que marca el suave desnivel existente entre el paseo y la avenida.

En contacto con los espacios exteriores del Palacio de Euskalduna se ha creado un teatro natural aprovechando la mayor anchura de esta zona. En las proximidades del Museo, y coincidiendo con el otro ensanchamiento del parque, se ha construido una zona de juegos y una gran plaza estancial arbolada. La iluminación del Parque ha tenido como objetivo transmitir de noche, una imagen atractiva del conjunto, sacando el máximo partido estético de los espacios y elementos a iluminar. Para conseguirlo se han creado unas características linternas, de acero Corten, que sin duda constituyen el elemento más

característico del Parque y el leit motiv de su diseño.

La necesidad de conectar el transitado puente de Deusto con el nuevo espacio ganado por la ciudad, impulsó la creación de un elemento compuesto por una escalera y un ascensor, resuelve lógicamente la conexión entre el parque y puente preexistente. Se trata de una escalera helicoidal que en un solo paso salva el desnivel existente entre ambas cotas, en cuyo interior, y

situado en posición excéntrica, se sitúa el núcleo del ascensor.

Proceso constructivo de la pasarela

El proceso constructivo es convencional y muy sencillo según técnicas de montaje por tramos propios de la construcción mixta y metálica. La secuencia constructiva prevista se basa en el recurso a la máxima prefabricación e industrialización en talleres metálicos especializados, reduciendo al mínimo las soldaduras y uniones de ensamblaje a pie de obra.

El montaje de la estructura se aborda mediante tramos de gran longitud y poco peso estrictamente metálicos, que previamente se habrán confeccionado a partir de elementos más pequeños transportables desde el taller. A partir de las dovelas de acero inoxidable, armadas en obra o taller con los sistemas de acero Corten interiores, se fabricaran los módulos de montaje. Con ayuda de grúas y carcasas se disponen estos tramos sobre los apeos provisionales y apoyos definitivos correspondientes para su soldadura de unión. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Bilbao Ría 2000
Proyecto:	
Pasarela Peatonal Pedro Arrupe:	Ideam José Antonio Fernández Ordóñez – ingeniero Ccp Francisco Millanes – Ingeniero de CCP Tomás Ripa – Ingeniero de CCP Javier Pascual – Ingeniero de CCP Lorenzo Fernández Ordóñez – Arquitecto
Parque de Ribera:	Javier López Chollet – Arquitecto Marta Dalmau Gonzalez Gallarza – Arquitecto Ignacio Miret Bernal – Arquitecto Susana Lopez Chollet – Arquitecto Ignacio Lopez Chollet – Arquitecto José Antonio del Rosario Tomás – I.t.op. Ángel Moraleda Lopez – Ing. Industrial – Instal.
Empresa constructora:	UTE Ferroviaria Agroman
Presupuesto:	21.800.000 Euros
Fecha de Acabado:	Marzo 2003

CARACTERÍSTICAS

Principales datos de la Obra:

- Pasarela de 142.25 metros de longitud, 1,95 m., de canto y 7,6 m., de ancho en la parte central y 6,60 m., en los tramos laterales.
- Parque de la Ribera de 47.868 m² de superficie.



La ciudad de México ha tenido un crecimiento caótico. Dentro de una cuenca casi cerrada y ubicada a 2.240 m. sobre el nivel del mar, y debido a la mayor concentración de la actividad económica, financiera y comercial del país, al crecimiento de la población y a la ocupación masiva ha ido creciendo integrándose a otros estados federativos, como lo son el Estado de México, el Estado de Morelos y el de Hidalgo. La población pasó de 2.953.000 habitantes en 1950 a 18.210.000 en el año 2000.

Debido a la gran saturación de la zona centro de la ciudad, la mancha urbana ha ido creciendo expandiéndose a los extremos lo que ha provocado cambios importantes en los patrones de viaje. Los viajes metropolitanos, es decir, los que cruzan el límite del Distrito Federal y el Estado de México se calculan de alrededor de 4,2 millones de viajes por día. Hoy en día, tienden a predominar más los viajes largos que los viajes cortos y se estima que para el 2020 esta cifra será cercana a los 5,6 millones de viajes que representan cerca del 20% del total de viajes en la zona metropolitana del Valle de México. Se han configurado polos que crean corredores de viajes Norte-Sur y Poniente-Oriente que atraviesan la ciudad y forman sus arterias más densas para la movilidad de personas y bienes. Los viajes que se realizan en la zona metropolitana del Valle de México coinciden en espacio y tiempo. Las redes primarias se encuentran saturadas con ineficiencias en la coordinación de los diversos modos de transporte, que afectan la velocidad, los tiempos y las emisiones contaminantes.

La cuenca del Valle de México tiene en su lado suroeste una cadena montañosa que alcanza una altitud promedio de 3.200 metros. Con elevaciones que superan los 5.400 m. y constituye una barrera natural que dificulta la libre circulación del viento y la dispersión de los contaminantes, donde se estrellan los vientos dominantes del Noreste. Esta retención de aire y contaminantes se acentúa con el fenómeno de las inversiones térmicas que ocurren



más del 70% de los días del año y que provocan un estancamiento temporal de las masas de aire la atmósfera.

La saturación de las vías primarias como Anillo Periférico, Tlalpan, Circuito Interior, Viaducto y Calzada Ignacio Zaragoza, entre otras, ha provocado que la velocidad de desplazamiento en la ciudad se reduzca a 6 Km./h en horas pico.

Como parte de un programa mayor de colaboración entre el Gobierno del Distrito Federal, el Gobierno Federal y el del Estado de México, se inició la creación de corredores de transporte público (construcción de puentes y distribuidores viales, según dos niveles en Viaducto y Periférico, adecuaciones domésticas a intersecciones conflictivas, ciclistas, adecuación de intersecciones construcción de tren suburbano, optimización de tránsito en zona escolares, regularización de estacionamiento, ordenación del espacio público. El Viaducto y el Periférico se encuentran precisamente entre los corredores tanto Oriente-Poniente como Norte-sur, con una infraestructura construida en la década de los cincuenta y sesenta y que actualmente presenta grave déficit en capacidad de tráfico.

Los segundos niveles se presentan como opción para aumentar la fluidez y la velocidad y con ello reducir costos. Se trata de aprovechar la infraestructura ya creada y no afectar uso de suelo al aprovechar los derechos de piso ya creados y evitar que se afecte el suelo de conservación y, permite volver a ordenar los viajes regionales al fortalecer las principales vialidades primarias y reducir los impactos ambientales y urbanos

El resto es importante, construir un viaducto elevado lo más rápido posible, con procedimientos constructivos que no afecten la zona del tráfico; cumplir con códigos y reglamentos rigurosos de diseño sísmico y protección ambiental; construirlo espacios físicos reducidos; encima de otras instalaciones y con una presión económica para no endeudar más a la ya endeudada ciudad.

La estructura vial primaria que se desarrolla en esta primera etapa permitirá incrementar la velocidad promedio de recorrido en las intersecciones del Periférico con el Viaducto, pasando de 20 Km./h., a 45 km/h., con el consecuente ahorro de combustible y la reducción de emisiones contaminantes asociadas.





Características sísmicas y geotécnicas de la Ciudad de México

La ciudad de México presenta una situación muy peculiar en términos de sismicidad. A pesar de que ninguna fuente está cercana a ella una gran parte de la ciudad es muy sensitiva a los sismos genera-

dos en la Costa del Pacífico. Esto es debido a los efectos de amplificación que se presentan cuando las ondas sísmicas cruzan las capas de arcilla que constituyen la base de los antiguos lagos. La amplitud y la frecuencia de los movimientos del terreno varían en cada sitio de la ciudad, dependiendo del espesor del depósito de ar-

cilla. Por esta razón, el peligro a las que están expuestas las estructuras varía de acuerdo a las propiedades dinámicas de la misma y las propias específicas del sitio en donde se construye. Los reglamentos de diseño son rigurosos. La ciudad de México fue fundada por los aztecas en el siglo XIV en un lago encerrado entre montañas. Las condiciones de subsuelo en el Valle se agrupan en tres zonas:

- Zona III o Zona de lago: consistentes en depósitos profundos de arcilla lacustre, suave y compresible de origen aluvial.
- Zona I o Zona de Montaña (zona dura): localizada en el área que rodea la cama del lago que está formada por roca volcánica y arena y limos densos.
- Zona II o Zona de transición: localizada entre las montañas y que está formada por capas de la silla sobre una formación de roca volcánica que se profundiza hacia la zona del lago.

Los registros de movimiento del suelo son diferentes en las tres zonas. El Viaducto está localizado tanto en zona de transición como en zona del lago, mientras que el periférico está en Zona I.





Descripción del proyecto estructural.....

Primera etapa.

Distribuidor Vial San Antonio

Superestructura: Está definida por una innovadora viga cajón de dimensiones importantes, prefabricada, pretensada tanto en el sentido longitudinal como en el transversal. Sus dimensiones las hacen únicas, presentan grandes ventajas sobre los sistemas tradicionales de construcción. Obra mucha más barata y rápida y con una estructura más ligera necesaria para poder trabajar con las restricciones que impone el subsuelo de la ciudad y su alta sismicidad.

Subestructura: En la Etapa I del Distribuidor Vial San Antonio se distinguen tres tipos de soluciones estructurales básicas:

- Estructuración en Sistema Tipo Árbol.
- Estructuración en doble marco de dos niveles.

- Estructuración a base de marco de triple altura.

La subestructura consiste en un par de columnas ovaladas hormigonadas in situ y postensadas. En la dirección longitudinal, este par de columnas están conectadas monolíticamente con la viga cajón prefabricada pretensada, formando así un marco. En la dirección transversal, debido a la presencia de los carriles actuales, la estructura trabaja como una columna aislada en ménsula. Los vanos principales de 35 m., alternan con vanos de 12 metros en un sistema tipo Gerber o de continuidad isostática. Cada columna tiene su propia cimentación que según el tipo de suelo puede consistir en una pequeña parrilla soportada por pilas o por una cimentación tipo zapata aislada.

Para cruzar avenidas grandes dentro del trayecto, las vigas se modificaron en dimensiones, las llamadas "ballenas", llegando a tener 46 m. de largo con voladi-

zos de 15,5 m. a cada lado y un peralte variable decreciente de 2,20 a 1,60 en los extremos. Las vigas fabricadas en planta, transportadas y montadas llegaron a tener pesos de 280 a 312 toneladas. El tramo central está cerrado por vigas centrales de 31 m. de longitud y 1,6 de peralte.

Las tipo "ballenas" se utilizaron también para uno de los cruces importantes, la intersección con el Periférico. La solución tenía que tener una mayor altura ya que en etapa posterior se construirá la continuación hacia el Norte del segundo piso del periférico que pasa por debajo, respetando los gálibos correspondientes. Los marcos contienen una viga de rigidez a la mitad de la altura de la columna.

Segunda etapa:

Segundo piso periférico San Jerónimo

Superestructura: la viga cajón que compone la superestructura soporta 3 carriles de circulación y en total, de extremo a extre-



mo de las tiene 12 metros de ancho. La viga cajón se forma a través de la unión de dos tipos de elementos prefabricados pretensados. Una prefabricada pretensada con sección transversal en forma de "U" cuyo eje longitudinal coincide con el eje de la circulación y de la vía y varias doble T invertidas cuyos ejes de almas van perpendiculares al eje de la tipo "U". Los extremos de las doble T invertidas forman las alas y cierran la sección cajón. Las tipo U siguen también un sistema tipo Gerber de continuidad isostática. Una vez montadas las U, las T se colocan en la parte superior para cerrar la sección cajón.

Hay diversos tipos de estructuraciones debido a la topografía, a la vialidad actual y al proyecto vial distinguiéndose estructuralmente cuatro:

- Tipo árbol
- Marco con cabezal de una sola pieza con viga conectada al cabezal.
- Marco con cabezal aligerado para unir columnas con viga cajón.
- Marco con cabezal en dos piezas.

Procedimiento constructivo

Dado que a lo largo del desarrollo del sistema de vías rápidas se tendrán diversos procedimientos constructivos, obedeciendo a las particulares condiciones físicas, se describe el caso más típico del procedimiento utilizado. Para evitar interferencias, construcción se llevará a cabo por la noche en la mayoría de los apoyos. Sin embargo, en zonas con espacio suficientemente grande para dar albergue a las máquinas, el trabajo será diurno e incluso de 24 horas.

Una vez trazada la ubicación de los apoyos se posicionara la máquina de perforación para posteriormente construir las pilas que habrán de llegar a la capa dura del subsuelo, de 20 a 36 m. de profundidad. Concluida esta etapa, se procederá a excavar el terreno hasta descubrir las cabezas de las pilas, que se enlazan con las zapatas, sobre ellas irán las columnas que formarán los marcos, y posteriormente complementar los diversos elementos que integran la estructura como son la viga de rigidez y la conexión de los cabezales.

Con los elementos terminados, se colocarán las grúas con extensiones telescópicas, que cogerán de una plataforma móvil



las vigas prefabricadas, y las irán colocando sobre los cabezales. La construcción de elementos prefabricados se llevará a cabo en paralelo a los trabajos descritos. Finalmente y sobre la plataforma crea-

da los equipos de trabajo, continuarán con las etapas siguientes, colocando el firme, las banquetas y los elementos metálicos de protección, los señalamientos y las instalaciones de drenaje y alumbrado. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Gobierno de la Ciudad De México
Proyecto y Dirección:	Grupo Rioboo
Empresa constructora:	Grupo Rioboo
Presupuesto:	132.080.859 Euros
Fecha de acabado:	Julio de 2004

CARACTERÍSTICAS

Obra:	- El distribuidor San Antonio tiene una longitud total de 6.885,97 m.
	- Se localiza en un nivel superior sobre la Avda. San Antonio.
	- Permite recorrer la ciudad de México de Oriente-Poniente-Sur y viceversa.



La obra pública “Intercambios Viales Av. La Marina – Av. Guardia Chalaca” presentada por el Gobierno Regional del Callao es una obra que reúne importancia cultural, estética, funcional y social además de incluir tecnología avanzada y utilizada por primera vez en Perú en el tema de sistema de muros de tierra armada. En efecto:

- Permite interconectar a los Distritos de Lima y Callao, con apertura al Centro Histórico del Callao, la Fortaleza del Real Felipe exponiendo la riqueza cultura que el primer Puerto del Perú presenta a disposición de la sociedad nacional y extranjera.
- Se ha utilizado procedimientos constructivos de avanzada tecnología, aplicados por primera vez en Perú como por ejemplo la utilización de muros de contención en el que se ha empleado el sistema de tierra armada con un total de 2.800 escamas colocadas tipo muro de contención, así como el puente urbano con mayor luz construido en Perú.
- Constituye un hito importante dentro del paisaje urbano que indica el ingreso a la Provincia Constitucional del Callao.
- Es una obra que ayuda a la integración del Cercado del Callao con los Distritos de La Punta, Bellavista y La Perla con el resto de la provincia y la ciudad de Lima ya que permite accesos fluidos, seguros y ordenados para los 22 millones de vehículos que anualmente circulan por esta zona.
- La obra permitirá un mayor ahorro de tiempo en beneficio del público usuario, mejorando sustancialmente los niveles de servicio de la vía, así como también ahorro de combustible y desgaste de los operativos de los vehículos, menores tiempos de viaje en circulación, disminución de pérdidas de horas-hombre, disminución de accidentes de tránsito así como la reducción de gases tóxicos





que atentan contra el medio ambiente.

- La ejecución de la obra generó trabajo para más de 2.800 personas de manera directa e indirecta.

La obra

Esta obra abarca una extensión de 2.100 m., y con un ancho variable entre 35 y 60 m., así mismo comprende dos pasos a desnivel uno de ellos sobre el óvalo Saloom y otro sobre la Av. Buenos Aires y Av. Saenz Peña cuyo radio fluctúa entre 800 y 1000 m., además de dos viaductos que tienen un ancho de 15,80 para dos carriles de circulación en cada sentido.

El primer viaducto ubicado en el óvalo Saloom está formado por dos puentes de 30 m., de longitud y el óvalo Saloom y dos rampas de 430 m., de largo. El segundo viaducto ubicado en la Av. Saenz Peña lo integran 10 puentes continuos cuya longitud total es de 267,30 m., de longitud y dos rampas de 407 m., cada una respectivamente.

El proyecto incluye el uso de muros de contención, ejecutados por primera vez en Perú con el sistema de Freyssinet-Tierra Armada en las cuatro rampas de acceso y salida, que conjugan adecuadamente con la arquitectura de los puentes construidos con vigas prefabricadas postensadas y losas de hormigón. Adicionalmente se levantó un puente peatonal, acondicionado para el uso de personas con discapacidad. ♦



FICHA TÉCNICA

Promotor:	Gobierno Regional del Callao
Proyecto:	Consortio Huascar.
Empresa constructora:	Consortio Huascar.
Presupuesto:	13,6 Millones de Dólares
Fecha de acabado:	Agosto 2003

CARACTERÍSTICAS

Obra:	
- Longitud:	2.100 m.
- Dos viaductos: Saloom y Av. Sáenz Peña.	
- Excavación:	30.000 m ³
- Rellenos:	95.000 m ³
- Jardinería:	2,5 Ha.
- Hormigón en losas:	3.000 m ³



El Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional – Provías Nacional, ha creído conveniente presentar a la IX Edición del Premio Internacional Puente de Alcántara, la carretera Yura Patahuasi Santa Lucía (Tramos I y IV). Es de indicar que en los últimos seis años, el país tomó la decisión de integrar aquellos lugares lejanos y olvidados de la patria, a los que el progreso y la modernidad no habían llegado aún.

La obra que presentamos completa los dos grandes circuitos viales de la macro región del Sur del País y es la base de la integración sudamericana que finalmente será uno de los ejes de integración de Perú con Brasil, siendo ya una de las rutas de conexión con Bolivia, todo ello dentro del marco de la Iniciativa para la Integración de Infraestructura Regional Sudamericana – IIRSA.

La ruta completa se inicia en Arequipa, una de las ciudades más importantes del Sur del país, (a 2.380 m., sobre el nivel del mar) y cuyo dinamismo económico y comercial trasciende enormemente en el resto de ciudades del país. Luego, se llega a Yura a 28 Km., de la ciudad, lugar que cuenta con baños termales al pie de la zona del volcán Misti, para luego seguir subiendo en altura hasta el fin del Tramo (a 4.400 m.). La carretera cruza todo el altiplano peruano, además de la Reserva Nacional Salinas – Aguada Blanco, uno de los lugares más hermosos de Los Andes, donde la flora y fauna convive con el hombre de manera admirable, sin dañar el medio ambiente. A final del tramo I se puede llegar al desvío del Valle del Colca a 148 Km., al noroeste de Arequipa. De allí se pueden vislumbrar las cumbres nevadas de Ampato (donde fue encontrada Juanita, conocida como la Dama de Ampato) y el Sabancaya.

La construcción de la carretera cuidó de manera especial todos los detalles respecto del medio ambiente. La fauna (vicuñas en su mayor parte, pero también alpacas), fue cuidada durante la ejecución de la carretera así como la elimina-



ción del material proveniente de las excavaciones que se aprovecharon para ejecutar miradores para los turistas que acuden a contemplar parajes como la cade-

na de volcanes: El Misti, el Chachani y el Pichu Pich.

El diseño del pavimento, la preparación de la mezcla asfáltica, la ubicación



de las obras de drenaje y la construcción de la vía ha tenido en consideración todas las variables de un medio adverso. Se ha cuidado además el tratamiento de canteras, la reforestación de las mismas, la reconfiguración de las zonas propias del trabajo, el enterramiento del material resultante de las excavaciones y la reconstitución de los pastos.

Perú es un país de grandes contrastes geográficos, ecológicos, sociales y culturales. La cordillera andina lo divide de norte a sur, creando espacios geográficos tan diversos como distintos y que reproducen más del 80% de los climas del mundo. Toda la extensión es un paraíso de recursos naturales que el circuito vial permite visualizar gran parte de toda esta riqueza de nuestra tierra, y conocer los paisajes más variados del Sur de Perú.

Características del cruce Lagunillas

El Puente tiene dos vías con un ancho total de 7,20 m., y veredas de 0,80 m., de ancho a cada lado. El puente es una losa continua de hormigón armado de 6,60 m., de espesor, con 6 tramos, los dos exteriores de 10,55 m., de luz y los cuatro interiores de 13 m. Los pilares están constituidos por pórticos de hormigón armado, con tres columnas circulares en cada caso. Los estribos son cerrados, en forma de U, protegidos por el vertido de la escollera. Se ha proyectado una cimentación a base de cajones

Por otro lado, la integración transversal que se ha logrado en el Sur del país y su proyección de unión con los países vecinos (Brasil y Bolivia) han dado un intercambio comercial, cultural y socioeconómico de enorme trascendencia para el país y sus países vecinos. El mejoramiento carretero significa un impulso sustantivo para el fortalecimiento integral del eje vial básico que une, constituyéndose en el principal elemento integrador de la zona que atraviesa, tal como ha venido aconteciendo en los ejes viales que ya se han construido en el país, como por ejemplo: la Carretera Panamericana, la binacional Illo-Desaguadero, la Arequipa-Juliaca, la Nasca-Abancay-Cusco, que han generado un impacto económico muy grande en los lugares que beneficia. ♦



FICHA TÉCNICA

Promotor:	Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)
Proyecto:	Tramo I: Victor Chavez Izquierdo, S.A. Tramos II,III,IV: Vera y Moreno, S.A.
Empresa constructora:	Tramo I: Asociación Gutsa y Consorcio Yura Tramos II,III: Constructora Queiroz, S.A. Tramo IV: Cosapi, S.A.
Presupuesto:	129,3 Millones de Dólares USA
Fecha de acabado:	Diciembre 2003

CARACTERÍSTICAS

Obra:

Ruta de Transporte Multimodal que permite la integración internacional especialmente con Bolivia y Sur de Brasil, une las cuencas del Pacífico y del Atlántico.

Tipo de carretera:	2ª Clase
Longitud del tramo:	Tramo I: 53,336 Km. Tramo IV: 49,111 Km.

Ancho superficie rodadura:	6,60 m., con bernas de 1,50 m.
Velocidad directriz:	40 Km./h. a 60 Km/h.



Con la apertura del tramo Alcantarilha-Lagos se concluyó la Vía Infante de Sagres, con inicio en Vila Real de Santo Antonio y final en Lagos-Bensatrim. Esta vía forma parte de la red europea E01 y tiene una extensión de 130 Km.

Este proyecto surge debido a la situación precaria en la que se encontraban las comunicaciones de la zona del Algarve antes de la construcción de la Scut. El tráfico que circulaba por la EN 125 al Oeste de Guía se encontraba en condiciones muy desfavorables debido a que esta carretera estaba muy sobrecargada. Dicha carretera soportaba tráficos de diversos tipo (local y de medio y largo recorrido), atravesando poblaciones como Lagos, Alcantarilha, etc., donde desempeñaba funciones de carretera urbana, con apreciable tránsito peatonal. Las características de la EN 125 se manifestaban así insuficientes para responder a la fluidez del tráfico bajo el punto de vista de la seguridad, con un elevado índice de siniestralidad.

Por todos estos motivos, se hizo necesaria la construcción de una vía alternativa, tal como ya se había realizado para el oeste de Alcantarilha. Esta vía se construyó sobre un corredor nuevo sin aprovechamiento de las carreteras existentes y presentadas las características necesarias para los volúmenes de tráfico previstos. Este tramo asegura además, la continuidad hacia el oeste del tramo, que se construyó anteriormente desde Alcantarilha a Vila Real de Santo Antoni.

Es importante subrayar, por lo tanto, que la Autopista Lagos-Lagoa-Alcantarilha es una pieza de fundamental importancia en el desarrollo de la región del Algarve, habiendo sido de vital importancia su construcción. El nuevo tramo, con 37,8 Km., de tronco y 23 Km de enlaces, da servicio a una población fija de 80.000 personas de las localidades de Porches, Lagoa, Portimao, Maxilhoeira, Odiáxere, Lagos y Bensafirim, y una población estival cercana a las 350.000 personas al año, estimándose una intensidad de tráfico medio anual de 14.500 vehículos / día.



Características generales

Tramo Lagoa-Alcantarilha

El tramo de Lagoa-Alcantarilha hasta la zona de Lagoa, en las proximidades de este núcleo urbano (2 Km al norte), donde se construyó un nudo que intercepta con el llamado ramal de conexión Lagoa-Silves que permite los siguientes accesos:

- Por el lado norte, el encauzamiento del tráfico con destino a Silves y a sus zonas envolventes.
- Por el lado sur, el encauzamiento del que tiene como destino o procede de Lagoa y Portimao) a través de la variante a la carretera EN 125 en Portimao).

La alineación inicial del gramo localizado al oeste de Lagoa, define la continuación del trazado de la vía del infante de Sagres en dirección a Portimao y Lagos que constituye el tramo Lagos-Lagoa. El trazado de este tramo de autopista tiene su origen al noroeste de Lagoa siendo su orientación oeste-este hasta su final, también al noroeste de Alcantarilha después de recorrer una extensión de cerca de 9.623 m. La accesibilidad a la red viaria existentes se garantizó, en el lado oeste de este tramo por el ramal de conexión denominada Lagoa-Silves que enlaza con la autopista en el punto kilométrico 0+790 en el denominado nudo de Lagoa-Silves. Del lado este, el acceso a la red existente se realiza a través del nudo de Alcantarilha, el cual estaba en servicio durante la construcción de este tramo, y constituye el extremo oeste del tramo Alcantarilha-Guía. El ramal de conexión Lagoa-Silves funciona prácticamente como una variante de la carretera EN 124-1, que une las poblaciones de Lagoa y Silves, superponiéndose en algunos tramos con la carretera antigua.

Tramo Lagos-Lagoa

Tiene su inicio en Bensafrín, al norte de la población de Lagos, y termina al oeste del nudo llamado Lagoa-Silves P.K. 0+000 del tramo anterior Lagoa-Alcantarilha, siendo la longitud total de 28.241 m. Su trazado discurre de oeste a este, paralelo a la ca-



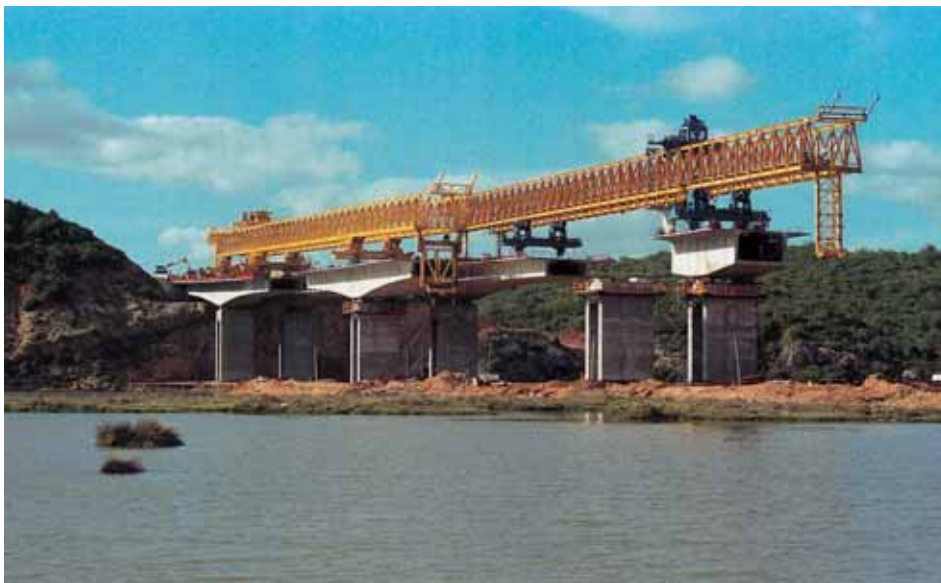
rrera EN 125 y la costa del Algarve al igual que el tramo anterior.

En este tramo están incluidos los siguientes ramales de conexiones:

- Ramal de conexión a Bensafrim situada en el P.D. 0+000 y de 600 m. de longitud permitiendo la continuidad del itinerario IC 22 hacia el norte en dirección a Sines y el acceso al núcleo de población de Bensafrim, mediante una glorieta que intercepta la carretera EN 120.
- Ramal de conexión a Lagos cerca de P.K. 2+740 discurre hacia el sudoeste

con una longitud de 4.971 m., unido al tronco mediante el nudo de Lagos, en trompeta, garantiza el acceso a la futura circular de Lagos mediante una glorieta, así como a la población de Lagos y zona poniente del Algarve a través de otra rotonda construida a la misma cota que la carretera en 125.

- Ramal de conexión a Odiaxere teniendo su origen en el nudo en trompeta de Odiaxere del P.K. 5+780 discurre hacia el sur a lo largo de 2.845 m., permitiendo el acceso a Odiaxere y la zona este de Lagos, mediante una glorieta construida al nivel de la EN 125.





- Ramal de conexión a Mesilhoeira con inicio en el nudo de Melhoeira de la misma tipología que el anterior, situado en el P.D. 11+396 teniendo una orientación norte-sur y un desarrollo de 1.227 m., permite el acceso a la Zona de Melhoeira, teniendo en el P.K. 0+600 una glorieta que sirve de conexión con una carretera municipal, e interceptando con las EN 125 mediante otra rotonda.
- Ramal de conexión a Alvor cuyo punto inicial está próximo al P.K. 17+697, centro del nudo de Alvor. Mide este ramal 1.777 m., discurriendo hacia el sur para unir mediante dos glorietas a diferente nivel con la carretera EN 125 y dando acceso al norte de la población de Alvor.
- Ramal de conexión con Portimago comienza en el nudo del mismo nombre, en forma de trompeta, situado en el P.D. 21+174 y con una longitud de 2.525 m., hacia el sur, dando acceso a la carretera EN 124, a las poblaciones de Palheiros, Malhiero, a la carretera

EN 125, al Hospital del Algarve y a la zona norte de Portimao mediante tres rotondas.

El trazado de estos dos tramos intercepta diversas vías nacionales y municipales y caminos con alguna importancia local los cuales se salvaron mediante estructuras a diferente nivel.

Viaductos de vigas prefabricadas

A excepción del Viaducto sobre el río Arade (V8), todos los tableros fueron ejecutados con vigas prefabricadas.

El perfil transversal de la estructura está formada por dos medios tableros con 12,40 m. de ancho, correspondientes a 7,50 m., de calzada, arcnos laterales de 1,00 m., y 2,50 m., a lo que se suman 1,10 m., de aceras y 0,30 m., para la conexión de la barrera de seguridad de la mediana. Los tableros están separados en planta por 0,20 m.

Los análisis de las condiciones topográficas, geométricas y de integración paisajística de la zona en que se enclava cada

viaducto, condujeron a la solución de losa sobre viga "Artesa" prefabricada con luces entre 32 y 35 m., y continuidad estructural en las zonas de los pilares.

Cada tablero está constituido por dos vigas prefabricadas pretensadas, del tipo "Artesa", como mencionamos anteriormente, con cantos entre 1,40 y 1,70 m., separadas en planta 6,15 m., entre ejes de vigas. Sobre estas vigas se apoya la losa del tablero de hormigón armado de 0,25 m. de espesor total, incorporando prelasas de encofrado perdido estructurante no resistentes. Las prelasas en la zona de la consola tienen armaduras exteriores entrelazadas, en cuanto a las losas entre los nervios son pretensadas. La continuidad estructural está garantizada de forma muy eficaz, por el sellado de la junta de construcción entre vigas, por la unión mecánica entre estos elementos en su zona inferior y por las armaduras superiores longitudinales dispuestas en la losa del tablero en la zona de las pilas.

Las vigas fueron rematadas en ambas extremidades por una carlinga con aproxi-





madamente 1,00 m., de espesor a través de la cual se efectúa la transmisión de los esfuerzos del tablero a los aparatos de apoyo localizados en las pilas y en los estribos. Este elemento mejora las características mecánicas de la sección para esfuerzos de flexión negativos y permite solucionar, de forma adecuada, los problemas relacionados con la unión de las vigas a los tramos adyacentes, realizada mediante barras postensadas, así como la transmisión de las cargas a los apoyos.

Viaducto sobre el río Arade

La estructura más emblemática de la obra fue el Viaducto sobre el río Arade. Tiene cerca de 564 m., de extensión. El perfil longitudinal de esta obra está insertada en una curva cóncava de 8.000 metros de radio. La directriz se encaja en una recta.

El perfil transversal de la estructura es de dos tableros de 12,40 metros de anchura, correspondientes a dos carriles de 7,50 m., arcenes de 1,00 y 2,50 m., a los que se sumas 1,10 m., de acera y 0,30 m., para la unión de la bodega al separador central. Los dos medios tableros están separados en planta 0,90 m.

El viaducto V8 atraviesa al valle del río Arade de gran anchura, ya relativamente próximo del estuario, haciéndose sentir por este motivo la influencia de las mareas. Este aspecto, junto con las débiles características mecánicas del terreno, evidenció seria dificultades en relación a la accesibilidad y a las condiciones de ejecución a adoptar cimentaciones profundas con unas profundidades de más de 50 metros. Por otro lado, la rasante de la obra se sitúa

a más de 20 metros de altura, por todo esto se adoptaron vanos interiores de 96 metros. Con la solución propuesta se asegura un canal de navegación de aproximadamente 50 metros, cumpliendo con una de las condiciones exigidas por las autoridades portuarias de Portimao.

Para la ejecución del tablero se utilizó el método de avances sucesivos en consola, con dovelas prefabricadas. Las dovelas, en cajón, son prefabricadas con su ancho total, y con una longitud de 2,39 metros. Para la colocación de las dovelas se hizo uso de dos "carros lanzadores", los cuales se iban apoyando en el propio tablero. La sección transversal de cada dovela está constituida por dos consolas con 2,95 metros de vano, unidas lateralmente con un cajón de 6,50 metros de anchura y altura variable entre 4,75 metros en la zona del pilar y 2,50 metros en el

centro del vano. Las barras de pretensado provisional para el montaje de las dovelas, así como las vainas de los cables de pretensado definitivo son acomodadas en compartimentos laterales interiores al cajón citado.

En relación con los pilares, se adoptó como sección dos láminas con sección transversal rectangular de 1,00 m., por 6,50 m., con pequeño bisel en las caras laterales. Durante las fases de estudio y de reconocimiento fue detectada una intensa Karstificación, lo que llevó a mejorar las condiciones del terreno donde se apoyaban los distintos pilotes con inyección de cemento. Los pilares de los alineamientos P2 a P5 tienen cimentaciones indirectas profundas, constituidas por pilotes de hormigón armado, con 1,50 metros de diámetro, unidas con un macizo de encabezaamiento de 11,50, x 11,50 x 3,00 m. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Estado Portugués
Proyecto:	Euroscut – Sociedad concesionaria de la Scut del Algarve, S.A.
Empresa constructora:	Vialscut A.C.E.
Presupuesto:	240 Millones de Euros
Fecha de acabado:	Abril 2003

CARACTERÍSTICAS

Obra:	Tramo de 37,8 Km., de tronco y 23 Km., de enlaces, con una superficie ocupada de 3.974.800 m ² , que incluye 32 pasos inferiores, 24 pasos superiores y 12 viaductos.
Principales unidades:	Acero: 25.000 Tn. Hormigón: 287.500 m ³ Suelo-cemento: 457.900 m ³ Viaductos: 11 de vigas prefabricadas (576 vigas con una longitud total de 35.900 m.), con una extensión total de 4.480 m.
Obra más significativa:	Viaducto sobre el río Arade de 564 m., de longitud.



El túnel Ordovicio del Fabar en Ribadesella (Asturias) se enmarca dentro del tramo que discurre entre Caravia y Llovio, el cual pertenece a la Autovía del Cantábrico; en la nomenclatura oficial A-8. El mencionado tramo tiene 11,6 Km., de longitud. La ruta se inscribe dentro de un corredor de transportes, de una gran tradición viaria, ahora llamado Autovía del Cantábrico, que fue, desde siempre y junto con la mar, el hilo umbilical de la península ibérica.

En el siglo XX nació la carretera N-634 que, dentro del Plan de Modernización de Don Miguel Primo de Rivera, convirtió la ancestral ruta costera en una de las primeras carreteras en las que se experimentó la construcción de una obra lineal tal y como hoy la entendemos. Más tarde en esta zona se iniciaron varias de las obras pioneras del plan REDIA, que cambiaron, en su conjunto, la red española. Un antecedente de esta autovía fue el proyecto de la ruta Esmeralda, parte de una red europea, diseñada en los años 60 del pasado siglo, que no se construyó, pero que fue la base de esta Autovía del Cantábrico, que se está poniendo en servicio y que será el eje vertebrador de la cornisa cantábrica y el nexo que unirá a Portugal, a España y a Francia en estos albores del siglo XXI, durante los que se está fraguando esa nuestra, ya actual en la ilusión, patria europea.

Nuestro tramo de la Autovía del Cantábrico discurre, prácticamente en su totalidad, por terrenos del concejo de Ribadesella. Esta población y su entorno son, desde muchos puntos de vista, un conjunto de parajes privilegiados dentro de esa especie de paraíso terrenal que el Oriente de Asturias. Comarca plena de belleza, patrimonio cultura, gastronomía, gentes,... historia. Si se valora la importancia social y económica de la obra de la Autovía del Cantábrico, debemos mirar hacia la vega del Sella. Esa mirada nos lleva a considerar que la influencia positiva de la autoría es esencia para ella y que por su existencia puede cambiar a mejor, tanto el modo de vida de sus habitantes, como los intereses





de los forasteros. En resumen que la auto-
vía nos acerca a todos y que, por otra par-
te, los visitantes revitalizaron la comarca
riosellana. Si dentro de Ribadesella levan-
tamos la vista, vislumbramos los Picos de
Europa. En ellos se funde, a través del río la
mar y, entramos en una región de inigualable
belleza. País en el que el río es el ele-
mento estructurador de valles y comarcas,
de aldeas y de pueblos.

Agua arriba del Sella está Cangas de
Onís, primera capital del Reino Asturiano y
también entrada al macizo occidental de
los Picos de Europa, donde al este de Can-
gas se encuentra la Montaña de Covan-
donga. Espacio natural protegido desde la
vista de Alfonso XIII en 1918, rey que concibi-
ó el embrión del que nació el primer Par-
que Nacional de España. En esa Monta-
ña de Covadonga, ubicada en el fondo
del angosto valle que por estos lugares ha
creado el río Deva, se encuentra el Real Si-
tío de Covadonga, espacio mágico en cu-
ya cueva se rinde culto a la Santina, patro-
na de Asturias. Si el viajero asciende por el
padre Sella hasta que este se hace niño,
sentirá el vértigo de los Beyos –garganta en
asturiano- el vértigo de ver el verde turque-
sa de las aguas muy abajo, vértigo que se
disuelve hacia arriba en las también vertigi-

nosas blancas calizas o negras que se
abren al verde esmeralda de los claros del
bosque y al azul infinito del cielo. Toda es-
ta belleza natural quedará, una vez cons-
truido la Autovía del Cantábrico, a menos

de una hora de Oviedo o Gijón, a menos
de dos horas de Santander, a menos de
tres de Vasconia y a menos de cuatro y
media de Madrid.

Aspectos medioambientales de la obra

La necesidad social de construir la auto-
vía debía de conciliarse con una adecua-
da integración en el Medio. Ello es difícil en
un territorio de tan alto valor biótico y pai-
sajístico como el afectado por esta obra.
La primera tarea realizada, fue la de anali-
zar la solución que se denominó solución
costera. Esa era una solución barata, pero
que potencialmente presentaba posibles
problemas ambientales. Después se analizó
otro corredor, denominado corredor interior.
Al final, y este fue el principal éxito ambien-
tal de este proyecto, se eligió la solución in-
terior, más larga, más cara, con más via-
ductos y con más túneles, pero que evitaba
los gravísimos problemas ambientales que
planteaba la solución costera.

La solución técnica

La importancia técnica del tramo de
autovía construido queda de manifiesto al
describir las obras contenidas en sus 11,6



Km. de recorrido. Destacan, de entre ellas las siguientes:

- Tres túneles cuyas longitudes, son: cercana a 1500 m., el del Ordovícico del Fabar, 515 m., el de Tezangos y 433 m., el de Llovio.
- Dos viaductos singulares, formados por dovelas prefabricadas, montadas con cimbra superior autolanzable. Sus longitudes son: 450 m., el del Río Acebo y 535 m., el del Río Sella; este último tiene una luz máxima de 106 m.
- El complicadísimo desmote de Torre que dio lugar a una obra de gran altura, dotada, tanto de sistemas de sostenimiento, como de drenaje muy importantes en el ámbito europeo.
- Dos viaductos de vigas prefabricadas, el del río san Miguel de 64 m., y el de Llovio, de 209 m.
- El enlace, tipo trompeta, de Llovio.
- Un marco de dos alturas y 120 m., de longitud, que atraviesa un terraplén y que dio lugar a una solución muy complicada técnicamente.
- El falso túnel del Carmen, construido con el fin de reducir los impactos y evitar de esa forma que se afectase a la población del mismo nombre.
- Tres pasos superiores, uno de ellos en curva y perteneciente al enlace de Llovio.

De las obras realizadas, las más significativas desde el punto de vista de la innovación son los puentes sobre los Ríos Sella y Acebo. En el primero los proyectistas han resuelto la estructura tras proyectar un vano central de 106 m., suficiente para respetar el cauce el río. Este vano, como el resto del puente, está construido mediante la moderna técnica de dovelas conjugadas prefabricadas de hormigón armado, emplazadas en su lugar definitivo en el tablero del puente, por medio de una viga de lanzamiento metálica en celosía. El viaducto del Acebo también se ha construido por el mismo procedimiento.

Los túneles de la obra también se han construido de una manera correcta. El método constructivo seleccionado fue el Nuevo Método Austriaco, con excavación mediante explosivos o, en ocasiones a máquina. La excavación se realizó en dos fases, el avance y a continuación la destro-



za. Hubo serios problemas bien resueltos, esencialmente los derivados de la extraordinaria cantidad de agua que apareció en la excavación del túnel del Fabar. El revestimiento de los túneles se ha realizado por medio de la colocación de hormigón blanco, lo que les dé una luminosidad excepcional, detalle que es muy significativo, tanto desde el punto de vista de la estética, como del de la seguridad; es una innovación muy importante.

De entre estas obras, la más singular es la del Túnel Ordovícico del Fabar. Este tú-

nel, el más largo de los tres que tiene la obra principal, es un túnel doble de 1.355 m., de longitud, con falsos túneles de entrada de 60 m., y dos galerías intermedias de comunicación. Se ubica en la zona más occidental del tramo, cerca del enlace de Caravía. La estructura geológica que atraviesa el túnel es tectónicamente compleja ya que se ponen en contacto dos unidades del Hercínico de la cordillera cantábrica (cuarcitas, areniscas y pizarras) hasta llegar a las boquillas donde se encuentran las calizas carstificadas.



La investigación científica del túnel de Ordovícico del Fabar

El azar y la necesidad se aúnan para dar lugar a un descubrimiento paleontológico de primer orden. Durante unas investigaciones realizadas, entre los años 1989 y 1998, por un equipo multidisciplinar, que procedía de cinco centros nacionales y extranjeros financiados por el Ministerio de Educación y Ciencia, se llevó a cabo un trabajo sistemático, que culminó con el descubrimiento de unas pocas secciones fosilíferas en la zona. El análisis de esos datos planteó numerosas incógnitas, que no pudieron ser resueltas con la información procedente de los afloramientos de superficie estudiados.

Con la investigación en ese estado, se inició la construcción del Túnel del Fabar, el cual tenía que atravesar perpendicularmente la sucesión de restos paleozoicos existentes. La metodología de trabajo para la investigación acordada entre el Ministerio de Fomento, las empresas constructoras y el equipo de investigación, consistía en aprovechar la fase de destrozo del túnel realizada desde el lado Caravia y obtener toda la información posible sin interrumpir los trabajos de ejecución del túnel.

En el año 2000 las excavadoras comenzaron a horadar la tierra para construir el túnel del Fabar, perteneciente a la Autovía del Cantábrico. Los miles de toneladas removidos durante cinco meses dieron finalmente su fruto. El registro fosilizado, que allí había aflorado era impresionante y de



gran interés científico. Resto de invertebrados como trilobites, equinodermos, braquiópodos; "microfósiles invisibles" (solo visibles al microscopio electrónico) o centenares de marcas fósiles (de organismos desconocidos que no fosilizan, pero que dejan su huella). Nos encontramos ante el yacimiento con mejor control estratigráfico del Ordovícico español. Un descubrimiento de importancia mundial y que permitirá a los científicos ahondar más en el conocimiento del Ordovícico. Los datos obtenidos son excepcionales:

- 181 niveles fosilíferos localizados en la sucesión estudiada.
- 197 especies distintas de microfósiles invertebrados y microfósiles planctónicos.
- 14 especies nuevas para la ciencia y otras muchas desconocidas en el continente europeo.
- 850 m., de túnel estudiado durante los cinco meses de trabajos.
- 635 m., de roca estratificada.
- 34.000 m³ de roca controlada geológicamente.
- 3.000 Kg., de material fósil y geológico.

Algunos de los fósiles encontrados en el Fabar rompen más de un esquema científico, resultan problemáticos y parecen no encajar en las tipologías conocidas. Se sabe de ellos cuando y donde vivieron, pero se desconoce que fueron en realidad. Entre todos los habitantes del túnel se han descubierto nada menos que 14 especies nuevas para la ciencia, destacando unas estructuras cilíndricas sorprendentes y desconocidas, con una ranura estrecha que las atraviesa. Todo un hallazgo bautizado como "Tunelia riosellana" en honor al conde.

El hallazgo es de tan gran importancia, que la Subcomisión Internacional de Estratigrafía del Ordovícico, ha declarado el lugar de interés geológico mundial. El Instituto de Geología Económica (CSIS-UCM), descubridor del yacimiento, lo califica como "el más importante del Ordovícico del noroeste peninsular".

La finalización de este tramo de Autovía puesto en servicio en noviembre de 2002 constituye un ejemplo paradigmático de rescate de información científica, en



tiempo real, durante el desarrollo de una gran obra pública de infraestructura. La actividad de los científicos, durante la excavación del Túnel del Fabar, se ajustó en todo momento al ritmo de ejecución de la obra, sin crear interferencia alguna con la misma. Gracias a ello se pudo estudiar una sección de más de 800 m., lineales de pizarras y cuarcitas del periodo Ordovícico, que sirvieron para documentar con gran detalle un avance del mar sobre el desaparecido continente de Godwana, en rocas excepcionalmente fosilíferas de antigüedad comprendida entre los 457 y 490 millones de años. Los estudios geológicos y paleontológicos pusieron de manifiesto el

interés internacional de los resultados científicos a consecuencia del cual el túnel fue renombrado oficialmente y se llamó desde entonces "Túnel Ordovícico del Fabar".

Finalmente, conviene resaltar la gran enseñanza que aporta el Túnel Ordovícico del Fabar. Ella es la vivencia de una extraordinaria experiencia de colaboración entre una gran obra pública y la ciencia, porque en esta obra la labor de investigación geológica y paleontológica y el método de trabajo impuesto por el Nuevo Método Austriaco de construcción de túneles tuvieron que acoplarse sin interferirse mutuamente. Lo que se consiguió con voluntad y comprensión mutua. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Ministerio de Fomento, Dirección General de Carreteras. Demarcación de Carreteras del Estado en Asturias.
Proyecto:	Autor del Proyecto y Director de Obras: Ignacio García-Arango Cienfuegos-Jovellanos - Ingeniero de Caminos.
Empresa constructora:	FCC Construcción, S.A. y Dragados, Obras y Proyectos, S.A.
Presupuesto:	167.394.932,32 Euros
Fecha de acabado:	Noviembre 2002

CARACTERÍSTICAS

Obra:	Autovía del Cantábrico CN-632 de Ribadesella a Canero tramo Caravia-Llovio
	- Longitud de tronco: 11.605, 50 m.
	- Longitud total incluidos ramales: 14.924, 50 m.
	- Radio mínimo: 700 m.
	- Pendiente Máxima: 4%
	- Velocidad de Proyecto: 100 Km/h.
	- Enlaces: 1 Ud.
	- Pasos Superiores: 3 Ud.
	- Pasos Inferiores: 4 Ud.
	- Túneles: 4 Ud.
	- Viaductos: 4 Ud.



La construcción del tramo VI de la A-381, Autovía Jerez-Los Barrios, es sin duda una gran oportunidad para mostrar a la Sociedad, que es posible alcanzar el desarrollo económico y social en armonía con el máximo respeto al medio ambiente. La importancia cultural de esta obra, su nivel estético, su utilidad funcional, su trascendencia económica y social reside en los propios valores de la actuación y en la riqueza histórico-ambiental de su entorno. Por una parte, soluciona un tradicional déficit de vertebración del territorio por el que discurre, y lo hace de acuerdo con las características de su patrimonio natural y cultural. Su finalidad específica es mejorar las comunicaciones entre la Bahía de Cádiz y el marco de Jerez con la Bahía de Algeciras y el Campo de Gibraltar, a la vez de servir de vía directa por el Norte de Andalucía hacia Europa, dando así salida al primer puerto español en tráfico de contenedores.

El tramo de carretera entre el Embalse de Charco Redondo y Los Barrios en el que se iniciaron las obras de acondicionamiento, que posteriormente se paralizaron, coincide con el Tramo VI de la Autovía A-381. Tiene 10,733 Km., de longitud del tronco y, salvo en los 930 últimos metros, discurre por el interior del Parque Natural de los Alcornocales

Vestigios arqueológicos

Los vestigios arqueológicos que llegan hasta nuestros días se reconocen en la Cañada Real de "San Roque a Medina", cuya denominación alude claramente a la conexión entre la Bahía de Algeciras y la Bahía de Cádiz. En los yacimientos arqueológicos del Jautor encontrados durante los trabajos de la Autovía A-381 y se encuentra un poblado semicircular datado en el Bronce final con restos que indican que sus moradores mantenían contactos con los fenicios, además de construcciones íberas, una "villae" romana acompañada de una interesantísima basilica mozárabe de doble ábside.





Los trabajos de prospección y excavación arqueológica realizados han permitido demostrar que la zona por donde discurre la Autovía ha constituido a lo largo de los tiempos, desde finales del Paleolítico Inferior hasta la Edad Moderna, la principal vía de penetración en Europa de cuantos colonizadores llegaban de África o del Próximo Oriente, a la vez que el camino natural de todos aquellos que desde el norte de la península pretendían acercarse al estrecho de Gibraltar.

Las sierras del Aljibe y el Parque Natural de los Alcornocales

Tres son las grandes unidades ambientales sobre las que discurre la autovía A-381 (antigua C-440) de Jerez de la Frontera a los Barrios: En primer lugar la campiña jerezana, tradicionalmente agrícola, con manchas relictas de acebuchas-lentiscar que hacia el sudoeste de la provincia de Cádiz, y por su representación y tamaño, poseen un gran interés botánico y ambiental. En segundo lugar las serranías del Aljibe, sobre las que se desarrolla el Tramo VI de la A-381. Por último el campo de Gibraltar, donde se combina el interés geoestratégico, social y ambiental como zona de contacto entre las Sierras del Aljibe y el Océano, además del propio interés biogeográfico derivado de la cercanía del continente africano, así como de la ruta princi-

pal de migración para Europa y África Occidental.

El Tramo VI de la Autovía A-381, discurre por el sur de las estribaciones serranas del Aljibe, donde el paisaje alcanza una belleza extraordinaria superponiendo en el campo visual las formaciones cerradas de alcornocales y quejigos, junto a las cresterías de areniscas del Aljibe, de coloración plateada, y las manchas de pastizales. Se caracteriza por ser un área de media montaña con litología de areniscas y arcillas que soporta un excelente y singular bosque de alcornocales y quejigos.

En 1989 estas sierras son declaradas Parque Natural bajo la denominación de "Los Alcornocales", destacando en su declaración que este espacio alberga el

"mayor" y "mejor" conjunto de alcornocales de todo el continente europeo. Mezclado con acebuches, quejigos, robles melojos..., dependiente de la humedad y el tipo de sustrato, el Parque de los Alcornocales es una sucesión de bosque en galería excepcionales. En 2002 Los Alcornocales es designado por científicos y especialistas del entorno natural "el Mejor Bosque de España" situándose, por delante del hayedo de Iratí (Navarra), el pinar de Valsain (Segovia), Somiedo (Asturias) y la laurisilva de Garajonay (La Gomera), del sabinar de Calatañazor (Soria) y Muniellos (Asturias).

El Proyecto

La gestión de planificación, proyecto y construcción de la A-381, desde Jerez de la Frontera a Los Barrios, fue encargada por la Consejería de Obras Públicas y Transportes a su Empresa Pública GIASA, que redactó, en un principio, dos Estudios informativos, uno para un tramo de los aproximadamente 48 Km más cercanos a Jerez y otro para los 42 restantes incluida la variante de los Barrios al final del mismo. De este segundo tramo los 33 primeros kilómetros atraviesan el Parque Natural de los Alcornocales. Posteriormente ambos estudios se refundieron en un único Estudio Informativo, fechado en Enero de 1996, sobre el que recayó la Declaración del Impacto Ambiental de 30 de diciembre de 1996 de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

En la construcción del Tramo VI de la A-381 no se ha sacrificado parte de un espacio natural protegido (único en el mundo) y se ha revitalizado y potenciado su pro-





tección. La idea principal del proyecto fue incorporar desde el primer momento las variables y los condicionantes ambientales en el encaje del trazado, en un proceso interactivo entre los diferentes especialistas. A este proceso, que fue clave para producir el mejor trazado posible, le llamamos "optimización ambiental del trazado". Los objetivos básicos de este proceso se resumen en tres:

- Alcanzar el óptimo ambiental y técnico en la incorporación de las prescripciones ambientales de la D.I.A. al trazado.
- Evitar la aparición de impactos que, en etapas posteriores, requerirían la necesidad de establecer medidas correctoras adicionales con soluciones de elevado coste.
- Corregir los impactos ambientales producidos por las explanaciones realizadas por las obras de acondicionamiento paralizadas.

El Estudio Informativo fijaba muy detalladamente el trazado de este Tramo IV de la Autovía, que en sus dos tercios finales debía aprovechar las explanaciones a medio construir de la obra paralizada por rechazos medioambientales. La optimización ambiental de su trazado ha permitido analizar las distintas variables ambientales afectadas.

- Aumento de longitud de puentes y viaductos.
- Mayor número de estructuras y viaductos respecto a lo previsto por las condiciones topográficas, para disminuir la altura de terraplenes.
- Diseño de túneles artificiales para disminuir la altura de desmontes.
- Compensación de tierras, así como empleo sistemático de estabilización de suelos con cal, evitando al máximo la necesidad de vertederos y préstamos.
- Pasos de fauna específicos para asegurar tanto una gran permeabilidad como la reposición de las vías pecuarias afectadas.
- Establecimiento de barreras antisónicas.
- Transplantes y plantaciones restaurar las nuevas superficies alteradas.



El resultado

El Tramo VI de la autovía A-381 de Jerez de la Frontera a Los Barrios es la materialización de cómo canalizar el desarrollo económico con la protección del medio ambiente. La A-381 constituye actualmente la estructura viaria más importante para mejorar la comunicación entre la Bahía de Cádiz y Jerez de la Frontera con la Bahía de Algeciras y el Campo de Gibraltar. Soluciona la vertebración de las comunicaciones internas de la región, facilita su desarrollo económico y social, la accesibilidad de Andalucía Occidental y de gran parte de España al puerto de Algeciras, y por extensión, la de la propia Europa hacia el continente africano. Por ello, la importancia estratégica de la A-381 trasciende el ámbito local, ya que representa una necesaria y nueva vía rápida de comunicación entre continente.

Características técnicas del proyecto

Este tramo de autovía discurre sobre depósitos sedimentarios compuestos por materiales Terciarios, encuadrados estructuralmente en el denominado Campo de Gibraltar o Surco Turbidítico. Recubriendo a estas unidades, se han reconocido materiales más modernos, atribuidos al Plioceno y al Cuaternario (coluviales, aluviales y terrazas). Se trata de una región geológicamente compleja donde el sustrato terciario está formado por unidades alóctonas, es decir, desplazadas de su posición original por efectos de una tectónica compresiva,

responsable de la estructuración actual de los materiales y del origen de las cadenas montañosas Béticas. Los materiales afectados han sido los siguientes: Unidad de Aljibe (Paleógeno-Mioceno inferior); Arcillas Tectónicas (Mioceno inferior medio); Depósitos de Glacis-Pliocuaternario y Materiales Cuaternarios.

Dentro de la Unidad del Aljibe y de la de Arcillas Tectónicas, se encontraron lutitas rojizas con vetas verdosas (argillitas y limonitas) y arcillas y lutitas algo margosas, respectivamente, que mostraron un elevado potencial expansivo. Estos materiales fueron prohibidos para su utilización en terraplenes y las bases de los desmontes situados en ellos se drenaron e impermeabi-

lizaron hasta profundidades superiores a la capa activa.

El trazado de 10,733 Km. de longitud del tronco de autovía se completa con tres enlaces: dos de tipo diamante y uno tipo trébol parcial con dos cuadrantes enfrentados. En el tronco de la autovía la sección tipo general está compuesta por: calzadas de 7 m., arcenes exteriores de 2,50 m., e interiores de 1,00 m. La mediana, es de 8 m., arcenes interiores incluidos. Esta misma sección se mantiene sobre estructuras aunque estas son dobles y se proyectan separadas y ampliables a 3 carriles por calzada.

La sección tipo en túneles es, en general, de calzada de 7 m., arcenes exteriores



de 2,50 m., e interiores de 1 m. Se han proyectado aceras de 1,75 m., para permitir su ampliación futura. La sección de la calzada derecha del 1er. Falso túnel, que se provee ya de un carril para vehículos rápidos, tiene 10,50 m., de calzada, arcones de 1,00 m., y aceras de 0,75 m. Los dos falsos túneles por la excesiva altura de relleños de más de 40 m., en el primero, y de más de 30 m., en el segundo, hubo que proyectarlos de hormigón armado fabricado in situ.

Se han construido 16 estructuras, 5 de ellas pasos inferiores de caminos, y 3.815 m² de muros de suelo reforzado con placas de textura pétreo similar a la piedra del lugar. Destacamos de todas estas estructuras a dos de ellas:

Viaducto Nº 5

La autovía cruza la Garganta de Juan Ramos, dando lugar al Viaducto nº 5. Esta zona tiene un especial valor ambiental, circunstancia que se concreta en la delimitación de una franja de máxima protección, con bordes a ambos lados del cauce, en la que se proscriben la alteración de la vegetación de ribera. No se permite disponer apoyos ni provisionales ni definitivos. Tampoco se considera aceptable la construcción de caminos de acceso ni afección alguna por paso de maquinaria, materiales, apoyo de cimbras, etc. Los accesos a los estribos o apoyos deben efectuarse sin cruzar el cauce, desde ambas laderas. A este condicionante es preciso añadir el importante escarpe de las laderas, con taludes naturales próximos al 1/1.

Se proyecta un puente de un solo vano, con un tablero mixto isostático de 70 m., de luz por calzada. La sección transversal, con 11,50 m., de ancho por calzada, está compuesta por tres vigas metálicas armadas tipo doble T, de 3 m., de canto, separadas 4 m., entre sí. Sobre ellas se dispone la losa de compresión de 0,22 m., de espesor mínimo, peraltada 0,13 m., sobre las vigas. El canto total resultante es de 3,35 m.

El procedimiento de ejecución del tablero es el de lanzamiento de las vigas metálicas por empuje y el posterior hormigonado de la losa superior tras la colocación de prelosas prefabricadas. Situa-



das las vigas, y arriostradas entre sí por los elementos secundarios entre las cabezas superiores, pueden colocarse las prelosas. Se completarán los estribos y los restantes elementos de acabado de la estructura.

Falsos túneles

Por condiciones medioambientales, se proyecta la construcción de dos falsos túneles, con idéntica tipología, que consiste en una doble bóveda de hormigón in situ con hastial común en mediana. Las formas interiores de los túneles se mantienen

constantes para que pueda optimizarse el empleo de los encofrados.

La sección transversal aloja anchos de 7 m., de calzada (2 carriles de 3,5 m.), arcén exterior de 2,5 m., e interior de 1,0 m., y aceras de 1,75 m. La calzada derecha del túnel nº 1 dispone de un tercer carril para vehículos lentos, con calzada de 10,5 m., arcones de 1 m., y aceras de 0,75 m. El ancho total entre hastiales es de 14 m., para todos los túneles. En segunda fase, está prevista la implantación de un tercer carril en el resto de las calzadas, reduciendo el ancho de los arcones exteriores y de las aceras. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Dirección General de Carreteras de la Junta de Andalucía.
Proyecto:	Consejería de obras Públicas y Transportes. Gerencia de las Obras: Gestión de Infraestructuras de Andalucía, S.A. (Giasa).
Director de obra:	Jose Ignacio Calzada Morilla
Empresa constructora:	Alcornocales U.T.E. (ACS-SANDO)
Control de calidad:	Vorsevi, S.A.
Presupuesto:	67.024.454 Euros
Fecha de acabado:	30 Julio 2003

CARACTERÍSTICAS

- Obra:
- Tramo VI de la Autovía A-381 de 10,733 Km. que discurre por el interior del Parque Natural de Los Arconocales.
 - Incluye dos falsos túneles de 220 y 295 cm., de longitud, de doble bóveda con hastial común.
 - Varios viaductos de 210 m 312,50, 375 m y 165 m de longitud.
 - Puente de 70 m de luz



En junio de 1982 el ciclón "Alberto" azotó a la provincia de Pinar del Río ocasionando grandes inundaciones y cuantiosos daños a la economía. En el pueblo de San Juan y Martínez, situado a unos 20 Km, al suroeste de la capital de la provincia, las penetraciones del río en horas de la noche condujeron a la pérdida de 9 vidas humanas y miles de damnificados. Para solucionar el problema se pensó en la construcción de una presa que asegurase el control de las crecidas periódicas del río mediante la laminación de las grandes avenidas.

El Complejo Hidráulico San Juan ubicada en la provincia de Pinar del Río da respuesta a esta necesidad. La presa situada 3 Km., al noroeste del pueblo de San Juan y Martínez, con una altura de 48 m., y 400 m., de desarrollo, crea un embalse de 16,3 Hm³. Dotada de dos aliviaderos a distinto nivel realiza la función de laminación deseada.

Estudios realizados

El río San Juan fue estudiado en varias ocasiones dando siempre como resultado que la solución contra las frecuentes inundaciones a que se ha visto sometido el pueblo de San Juan y Martínez, era la construcción de un embalse aguas arriba del mismo. La concepción de "San Juan"

como embalse está vinculada a la utilización del mismo de una forma más óptima y relacionado con las diferentes obras hidráulicas (presas, canales, etc.) que forman parte del Esquema Hidráulico de la provincia de Pinar del Río.

Después de varias etapas de investigaciones, se elaboró un proyecto de presa mixta de escollera de 70 m., de altura. Se comenzaron los trabajos de caminos de acceso en Abril de 1991, deteniéndose en 1992 por la difícil situación económica del País. A fines de 1995 se tomo la decisión de modificar el proyecto para garantizar la protección del pueblo de San Juan para caudales de probabilidad centenaria –similar al ciclón Alberto– con valores del orden de 500 m³/seg. Las condiciones del cauce en las inmediaciones del pueblo admitían caudales alrededor de este valor sin inundar grandes zonas de viviendas.

En Febrero de 1996 se reinician los trabajos de ejecución de los caminos de acceso y una serie de investigaciones geológicas complementarias para utilizar al máximo posible todos los materiales locales, abaratando con ello los costos del proyecto. Hubo una paralización unos meses más tarde por problemas de financiamiento, reiniciándose los trabajos a mediados de 1997 con un cronograma previsto para 6 años que se logró reducir en 1 año. Finalmente se concluyó la presa en Enero del

2001, antes del comienzo del periodo lluvioso de ese año.

La obra

La obra esta compuesta por tres elementos fundamentales: Presa, Aliviadero y Toma de Agua, además de tener una extensa red de caminos locales y principales

Obra de Toma

La Toma de Agua está compuesta de un canal de entrada en forma trapezoidal a cota 30,00, de 70,0 m., de longitud y 6,0 m., de ancho en la parte inferior, con taludes 1:1 excavados en roca blanda y dura. Este canal tiene una entrada tipo bocina con 16,0 m., de ancho y 6,0 m., de altura, con rejilla de ancho y altura variable, y paredes ancladas a la roca, con 8 orificios de 3,0 x 3,0 m. Una galería con 19 tramos de 10 m., de longitud cada uno que se dividen en tramo inicial (con pendiente nula), central y final (con pendiente 0,002), con 3,0 x 3,0 m., de dimensiones interiores y espesores de pared y losas variables. Al final se ubica la obra de salida de 10,0 m., de longitud, horizontal y dentellón de protección contra erosiones, descargando en un canal de salida de 5,0 m., de ancho y 140,0 m., de longitud con taludes 1:1, excavado en roca.





Aliviadero

En el proyecto del aliviadero se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

1. Para la probabilidad de una vez cada 100 años, similar al ciclón Alberto, los caudales máximos transformados que deben llegar al pueblo estarán alrededor de 500,0 m³/seg.
2. Para la avenida de probabilidad de una vez cada 1000 años, garantizará fundamentalmente su evacuación.
3. Tratar de utilizar las condiciones geológicas existentes en la zona para cimentar toda la estructura en la roca más conservada y utilizar parte del volumen de la roca excavada como material de construcción en la presa y la otra parte, de peor calidad, los caminos auxiliares.

El aliviadero está compuesto por un canal de entrada de forma trapezoidal a cota 60,00, variable en planta y una longitud de 70,0 m., revestido en sus últimos 10 m., con hormigón pobre en su base, una entrada y sección vertedora de control de 16,0 m., de ancho con pendiente nula, con muros laterales de 9,0 de altura anclados a la roca. A continuación una rápida con una longitud de 19,0 m., un ancho de 16,0 m., y una pendiente de 0,2632 dotada de un dentellón con una profundidad de 3,5 m., y un ancho de 1,5 m. Finaliza en el canal de salida, excavado en roca blanda y dura, con cota de fondo 55,00, un ancho de 16,0 m. y una

longitud de 110,0 m. Toda la solera y muros laterales va anclada y dotada de elementos de drenaje.

Presa

Se partió de la idea inicial de diseñar una presa con núcleo de arcilla y espaldones de roca, con materiales locales situados 3 ó 4 Km., aguas abajo del cierre. Ambos materiales son prácticamente impermeables con coeficientes de permeabilidad muy pequeños (entre 5x10⁻⁵ y 2,5x10⁻⁶ cm./seg.) que contribuyen a garantizar la impermeabilidad del terraplén. La presa se apoya sobre una base semirocosa de reducida permeabilidad. Para garantizar una unión correcta entre el núcleo y la cimentación se intercala un dentellón de hormigón.

Construcción

La construcción de esta presa se concibió en 6 etapas constructivas, una llamada

etapa preparatoria donde se incluía todo tipo de trabajos antes del comienzo del desvío del río y 5 etapas de cierre comprendiendo 3 períodos secos y 2 períodos húmedos, estas últimas en función del esquema concebido para la realización de los trabajos. Así con el cierre para Noviembre de 1998, la obra se terminaría en el año 2001. A partir del 6 de Marzo de 1999, y tomando en cuenta la solicitud por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos y del Ministerio de la Construcción, el cronograma de ejecución cambió, para poder adelantar un año la terminación de la obra.

La construcción se desarrolló desde 1997 hasta inicios del 2001, reduciéndose un año el tiempo de ejecución con el ahorro de más de un millón de pesos.. Asimismo, la Presa "San Juan" cumplió su función el pasado 2002 ante el embate de los huracanes "Isidore" y "Lily", cuando reguló las avenidas correspondientes evitando con ello las inundaciones del poblado situado a 3 Km., aguas abajo. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Dirección Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH)
Proyecto:	Centro de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos (CIPH) Pinar del Río. Unión Nacional de Arquitectos e Ingenieros de la Construcción de Cuba (UNAICC)
Empresa constructora:	"Contingente Comandante Pinares". Ministerio de la Construcción (MICONS) Pinar del Río.
Presupuesto:	9.677,6 Millones de Pesos.
Fecha de acabado:	Enero 2001. (Fuera del Periodo)



Las empresas Fabrigas y Cementos Progreso inauguraron, en marzo del 2003, la Central Hidroeléctrica Río las Vacas, una de las hidroeléctricas privadas más grandes de Centroamérica, en la cual se genera del 8 al 10% de energía eléctrica que se consume en Guatemala; su funcionamiento ha sido de vital importancia para la mejora del suministro eléctrico del sector noroeste de la ciudad, con una producción media anual que superara los 100 GWh.

El proyecto de aprovechamiento del río Las Vacas se desarrolló en el departamento de Guatemala y municipio de Chinautla, en la Aldea San Antonio Las Flores, ubicada 18 Km., de la capital, con el objetivo de aprovechar este recurso compuesto por el 60% de los drenajes de la capital. El diseño, construcción y montaje de los equipos electromecánicos, fue realizado por empresas guatemaltecas y en las obras de Ingeniería Civil se utilizaron materiales nacionales. El financiamiento se logró con Banco Nacionales y Centroamericanos. Durante el proceso de construcción, que duró desde 1998 hasta 2003, las empresas contratistas generaron trabajo para más de 700 familias que en su totalidad pertenecían a poblaciones cercanas. Actualmente la hidroeléctrica continúa beneficiando a numerosas familias como fuente de trabajo.

El proyecto

La presa

La presa de tipo gravedad, tiene una longitud de 136 m., y una altura de 17 m., está dotada de un vertedero de caída libre de 75,5 m., de longitud con capacidad de 395 m³ por segundo. Se emplearon 25.000 m³ de hormigón en su construcción. Crea un embalse de 259.000 m³.

La toma de agua, situada en la propia presa, va dotada de rejillas y conecta con el túnel que conduce el agua a la central. El embalse cuenta con seis diferentes sistemas mecánicos para retener y desviar los



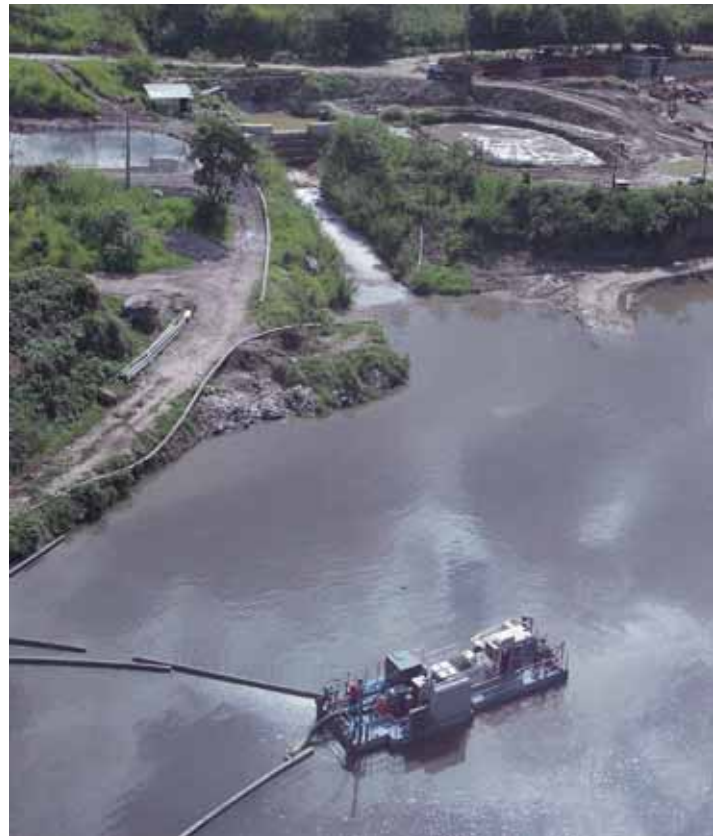
desechos no orgánicos como plástico, caucho y otros tipos de basura.

Circuito hidráulico

El túnel de aducción es de hormigón armado de una longitud de 4.530 m., un diámetro interno de 2,65 m., y espesor mini-

no de 39 cm. El volumen de hormigón fue de 28.000 m³. El túnel finaliza en una compuerta de acero para cierre de emergencia y a continuación el flujo se divide por medio de 2 tuberías de acero en paralelo para la conducción del agua, con un diámetro que va de 120 a 76 pulgadas y una longitud de 650 metros. Cada una de es-





tas tuberías de alta presión llega hasta la casa de máquinas.

La Central

En la Central están instaladas 6 turbinas tipo Pelton, 4 de ellas de eje horizontal y dos de eje vertical, por donde pasa el agua para ser convertida en energía a través de los 3 generadores de 45 MW de potencia. Después de cumplir su cometido, los canales de desagüe conducen el agua al río, ya más oxigenada debido al movimiento de las turbinas. Adosada a la central se encuentra la subestación cuyos transformadores elevan la tensión de 13.800 a 69.000 voltios, antes de ser transportada a través de una línea de 18 Km., hasta la subestación de Ciudad Quetzal, donde se entrega al sistema nacional.

La contaminación del río

La contaminación del Río Las Vacas es un problema que afecta a Guatemala desde hace varios años, ya que aquí se vierte el 60% de los desagües de la ciudad capital. Las aguas provenientes de desechos, aguas residuales domésticas, desa-

gües de las municipalidades de las comunidades aledañas, residuos de detergentes y jabones usados por pobladores, desemboca finalmente al Río Motagua. Dentro del programa de control que se

lleva a cabo, se ha construido y acondicionado un laboratorio para análisis de agua, una planta recicladora de plásticos, una arenera y elaborado un Plan de Reforestación. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Fabrigas, S.A. y Cementos Progreso, S.A.
Proyecto:	Fabrigas, S.A. y Cementos Progreso, S.A.
Empresa constructora:	Construcciones Viales de GUATEMALA Constructora Ghella Sogene
Presupuesto:	75.000.000 Dólares Usa
Fecha de acabado:	Mayo 2003

CARACTERÍSTICAS

Ubicación:	Aldea San Antonio las Flores.	
Embalse: Presa:	Volumen:	58.970 m ³
	Altura máxima:	17 m.
	Longitud total:	136 m ²
	Altura de vertedero:	16 m.
	Longitud de vertedero:	75,55 m.
Túnel de conducción:	Longitud:	4.450 m.
	Diámetro:	3,43 m.
Tubería I:	Longitud total:	650 m.
Tubería II:	Longitud total:	700 m.
Central:	Área en planta:	1.000 m ²
Equipo electromecánico:	5 Turbinas Pelton:	4 de eje horizontal y 1 de eje vertical.
	3 Generadores:	2 de eje horizontal de 20 MW c/u.
		1 de eje vertical de 5 MW.



El proyecto del Alqueva, la mayor inversión pública actual del país, es un proyecto multidisciplinar, de características muy importantes para la región del Alentejo, región desfavorecida que servirá como instrumento de su desarrollo y como motor para el crecimiento de Portugal.

Las primeras referencias en cuanto a la necesidad de crear una reserva estratégica de agua en el río Guadiana datan de, al menos, cien años, pero solo al final de la década de los cincuenta el Proyecto tomó forma dentro del plan de regadíos del Alentejo. Se pretendía entonces construir una gran presa que crease una gran reserva de agua para el conjunto de infraestructuras de regadío que permitiera el desarrollo de la agricultura alentejana.

Más tarde, en la década de los setenta, con la crisis petrolífera, Portugal se vio en la necesidad de aumentar sus centrales hidroeléctricas, lo que motivó introducir en el Proyecto de Alqueva esta nueva posibilidad energética. Tras varias vicisitudes en 2003 la obra quedó finalizada.

Dentro del conjunto de obras que integran el Proyecto de Alqueva, destaca como componente principal el Aprovechamiento Hidroeléctrico de Alqueva compuesto por la presa y la central hidroeléctrica. Entre los principales componentes de este Proyecto, debemos considerar también la Presa y Central de Pedrógão, la Estación Elevadora de los Álamos y todo el Sistema Global de Regadíos con 46 presas y embalses y 65 estaciones de elevación que se extiende por un área de 110.000 Ha.

La presa de Pedrógão, es la estructura del contraembalse, situada a 23 Km de la Presa de Alqueva, crea el embalse que permite a los grupos reversibles de la central de Alqueva, bombear de nuevo al embalse de Alqueva las aguas turbinadas en su central. Esta infraestructura de Pedrógão irá también equipada con una minicentral con dos grupos de 5 MW de potencia unitaria.

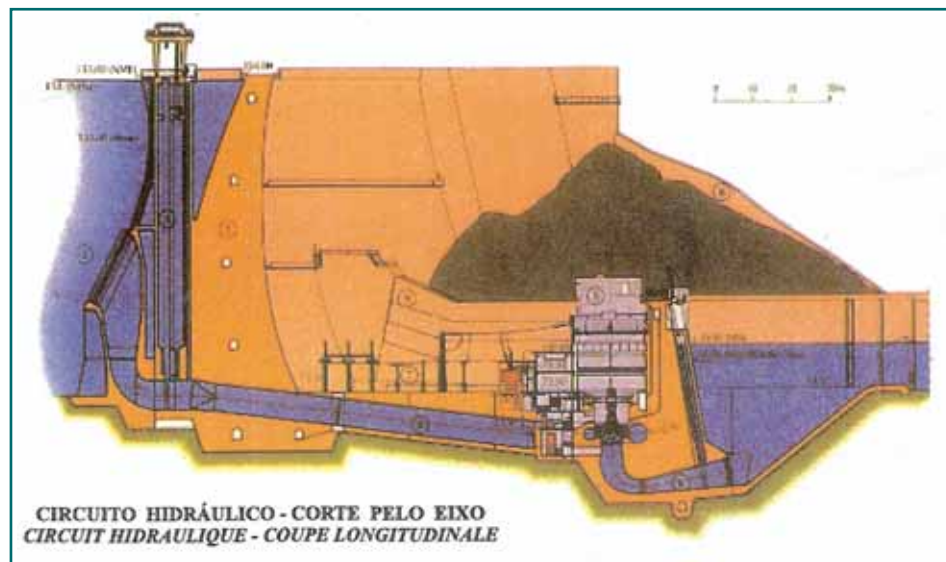
La estación elevadora de los Álamos permite la elevación del agua desde el embalse de Alqueva al embalse creado por la presa de los Álamos y dotar de agua al sub-



sistema de regadíos de Alqueva. La toma de agua de la Estación Elevadora está equipada con 6 grupos de bombeo de 6.088 m³/s de caudal unitario.

El Sistema Global de Regadíos, con una extensión total de 2.240 Km. a lo largo de 110.000 Ha., estará compuesto por 31 embalses y 56 estaciones elevadoras.

La inversión realizada en los proyectos asociados o inducidos por Aprovechamiento Hidroeléctrico de Alqueva es del orden de 200 millones de Euros y se estima que se llegará a sobrepasar los 1.800 millones de Euros hacia 2025- Globalmente la inversión prevista ascenderá a cerca de 2.700 millones de Euros.



La Presa de Alqueva

La presa de Alqueva es una estructura de 96 m., de altura, de doble curvatura y 458 m., de desarrollo en coronación. Crea un embalse de 4.150 Hm³ de capacidad máxima de los que 3.150 Hm³ representan la capacidad utilizable. La presa, con coronación en cota 154, está equipada con tres aliviaderos de superficie, dos de medio fondo y otro de fondo.

- Los aliviaderos de superficie proporcionan una capacidad en desagüe de 6.300 m³/s., van dotados de componente tipo segmento. Su configuración es de tipo canal con salto de esquí.
- Los aliviaderos de medio fondo tienen una capacidad de desagüe de 3.500 m³/s., y van dotados de compuertas de regulación también de tipo segmento. Son del tipo de canal blindado auto resistente seguido de canal abierto, también blindado y salida en salto de esquí.
- El desagüe de fondo tiene una capacidad de desagüe de 160 m³/s, Dotado de compuertas, canal blindado con sección circular en 3 m., de diámetro y 228 m., de desarrollo, tiene su salida en el antiguo túnel de desvío.
- Desde el punto de vista energético la presa también engloba el circuito hidráulico constituido por dos tomas de agua, dotadas de sus correspon-



dientes compuertas. El caudal máximo de admisión es blindado, circular de 7 m., de diámetro.

La Central

La central hidroeléctrica, situada al pie de la presa, está equipada con dos

grupos reversibles de 129,6 MW cada uno. Son grupos Francis de eje vertical, para un salto de 72 m., y un caudal de turbina de 203,2 m³/s. Esta central utilizará el agua del embalse de Alqueva para la producción de energía eléctrica, recuperándola posteriormente, según las posibilidades y necesidades, mediante el bom-





beo desde el embalse de Pedrogão, situado aguas debajo de la presa de Alqueva. Pueden bombear 140,2 m³/s., con una potencia de 106,9 MW. El alternador motor tiene una potencia de 120 MW.

La inversión total realizada en el Aprovechamiento Hidroeléctrico de Alqueva ascendió a 310 millones de Euros, utilizándose 1.200.000 m³ de hormigón. El contrato principal de construcción del aprovechamiento se inició en 1996 y finalizó en Mayo de 2004, momento en que fue inaugurada la central hidroeléctrica.

La obra

Del conjunto en las obras realizadas: presa y órganos de descarga, central, circuitos hidráulicos, subestación y trabajos accesorios y complementarios, las más importantes por orden cronológico fueron el contrato de las excavaciones de la presa y central, que marcó el arranque de los trabajos, seguida del contrato de construcción principal que abarcó casi el total del periodo de construcción y represento la mayor inversión.

Acciones complementarias

El embalse inundó el poblado de Aldeia da Luz, que tuvo que ser reconstruido a unos dos kilómetros de distancia. Afectó a 380 habitantes. Asimismo, fue necesario restablecer alrededor de 61 Km. de carreteras y cerca de 4 Km. de puentes. Las expropiaciones necesarias se elevaron a 26.000 Ha afectando a terrenos de Portugal y España. A nivel ambiental quedo garantizada la preservación y revalorización del patrimonio natural y cultura, asumiendo

de forma ejemplar la minimización de los impactos negativos. La inversión realizada en las acciones complementarias necesarias para la construcción del aprovechamiento ascendió a cerca de 360 millones de Euros, de los que 160 millones se dedicaron a la expropiación de los terrenos.

Las razones

Las razones que fundamentaron la implantación del Aprovechamiento Hidroeléctrico de Alqueva pueden resumirse en los siguientes:

Funcionales:

- Creando el mayor lago artificial de Europa.
- Lograr el dominio de un recurso escaso: el agua.
- Constituir una reserva estratégica de agua.
- Abastecer 19 concejos.
- Abastecer 110.000 Ha de regadío.
- Contribuir a la producción de energía hidroeléctrica en el sur de Portugal con 460 GWh/año.
- Mejorar la interconexión eléctrica entre España y Portugal.
- Reducción del riesgo de desertización.

Socioeconómicos:

- Crear nuevos puestos de trabajo y más riqueza.
- Contribuir a la fijación de la población.
- Dinamizar el mercado empresarial.
- Fomentar el desarrollo turístico.
- Mejorar el sistema viario.
- Aumentar la calidad de vida. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	EDIA, S.A., Empresa de Desenvolvimento e Infraestruturas de Alqueva.
Proyecto:	Hidrorumo, Proyecto e Gestão, S.A. – Grupo EDP
Empresas constructoras:	Excavaciones: Sociedade de Empreitadas Adriano, S.A. Construcción: Ace – Agrupamento Complementar de Empresas, Somague. Benito Pedroso – Nexo – Dragados, Ace. Maquinaria hidromecánica: Abb, S.A., - Asea Brown Boveri Grupos reversibles: Asea Brown Boveri – Abb Power Generation, Lda e Gec Alsthom Neypic, S.A.
Presupuesto:	310 Millones de Euros
Fecha de acabado:	2003

CARACTERÍSTICAS

Obra:	<ul style="list-style-type: none"> - Aportación: 2.650 Hm³ - Embalse: 3.150 Hm³ - Presa: Bóveda de doble curvatura - Altura: 96 m. - Desarrollo: 458 m. - Volumen hormigón: 1.232.000 m³ - Aliviaderos: Tres de superficie con 6.300 m³/s de desagüe. Dos en medio fondo con 3.500 m³/s de desagüe. De fondo 160 m³/s de desagüe. - Maquinaria: Dos Grupos reversibles Francis de eje vertical para un salto de 72 m., y caudal unitario de 203,2 m³/s. Potencia: 2 x 147 MVA ó 2 x 129,6 MW. Velocidad Nominal: 136,36 rpm. - Producción: 460 GWh/año. - Contraembalse de Pedrógrão
-------	---



El proyecto hidroeléctrico de Caruachi forma parte del desarrollo de la denominada parte baja del río Caroní en la Guayana venezolana. Este proyecto junto con los de Gurí y Macagua y el futuro de Tocoma, actualmente en construcción, pertenecen a la empresa EDELCA (Electrificación del Caroní), la cual a su vez forma parte de la Corporación Venezolana de Guayana.

La zona de la Guayana en Venezuela es rica en recursos naturales, minerales de hierro y bauxita, y adicionalmente está atravesada por el río Orinoco que es navegable desde su desembocadura hasta Ciudad Bolívar, capital administrativa de la región, teniendo uno de sus afluentes, el río Caroní, unas excepcionales condiciones para la producción de energía hidroeléctrica. Ello ha propiciado el desarrollo de importantes industrias en la zona relacionadas con la producción de acero, aluminio y sus derivados que a su vez son grandes consumidores

de energía, las cuales se encuentran encuadradas dentro de la Corporación Venezolana de Guayana (C.V.G.).

A la luz de este desarrollo industrial nació la necesidad de producción de energía eléctrica, lo que dio origen a la creación de EDELCA cuyo objetivo primordial ha sido y es la producción, transporte y comercialización de energía eléctrica. Actualmente EDELCA es una empresa de servicio eléctrico de categoría mundial, líder en desarrollo sostenible y pilar del progreso del país. La actividad medular de CVG Edelca es la generación de energía eléctrica en las centrales Macagua, Gurí, Caruachi y Tocoma en los próximos años, ubicadas en el Bajo Caroní, atendiendo así la demanda nacional de energía eléctrica al general 60.000 millones de kWh., lo cual representa más del 72% de la energía que consume el país. De la potencia generada, 1/3 se queda en Guayana para satisfacer la demanda de la re-

gión, mientras el restante 2/3 se envía hacia los principales centros de consumo del resto del país a través de un sistema interconectado, para cuyo funcionamiento la empresa ha construido más de 5.000 Km., de líneas de transmisión a 765, 400, 230 y 115 KV., con una participación importante en este sector del negocio a nivel nacional.

Caruachi es pues uno de los mayores proyectos hidroeléctricos llevados a cabo en el mundo en los últimos 15 años en el cual se reúnen características técnicas excepcionales (turbinas Kaplan y compuertas radiales récords mundiales en su género) y medios técnicos de ejecución de última generación, todo ello con una esmerada protección al medio ambiente bajo los principios anteriormente mencionados de sustentabilidad, eficiencia y rentabilidad.

Con la obra totalmente programada y los recursos asegurados, el 14 de agosto de 1997 arrancó la obra civil principal a cargo





del Consorcio Dravica, conformado por tres empresas; Dragados, de España; ICA, de México y Vialpa, de Venezuela. Los trabajos comenzaron con la construcción de las obras de hormigón y el empotrado de los componentes electromecánicos no removibles, para cuyo diseño, fabricación e instalación se firmó el contrato 103-200 con el Consorcio Kvaerner-GE Canadá, el 17 de diciembre de 1993.

El mes de noviembre del año 1999 fue complicado. La obra presentaba un retraso de ocho meses por dificultades para lograr la producción del hormigón requerido, por lo que se hizo necesario tomar acciones y reprogramar las actividades manteniendo inalterables los hitos del proyecto. Para recuperar el tiempo perdido, entre otras cosas, se decidió construir aguas arriba la ataguía B para independizar las estructuras de toma y del aliviadero, permitiendo el cumplimiento de la meta del segundo desvío en la fecha prevista. Ésta no fue, sin embargo, la única dificultad. A finales del año 2000 se hizo necesario afrontar una situación bastante delicada en el aspecto laboral, que condujo a la paralización de la obra civil desde el 29 de noviembre de ese año hasta enero del 2001.

De cualquier modo, y muy a pesar de los imprevistos, las complicaciones y las múltiples dificultades que obligaron a reprogramar la obra en dos oportunidades, hoy podemos señalar con total satisfacción que la Central Hidroeléctrica Caruachi es un proyecto desarrollado de acuerdo a un plan maestro elaborado hace tantos años atrás cuya entrada en operación comercial se realizó en

Abril del año 2003. La entrada en operación de las doce turbinas previstas se escalona en función de las necesidades de la demanda, estando prevista la entrada en operación de la última de ellas en el año 2006.

Descripción de la obra.....

La zona de la Guayana Venezolana tiene grandes riquezas naturales, entre ellas el río Caroní que con un módulo hidráulico medio de 5.000 m³/sg., un caudal máximo conocido de 18.000 m³/sg., y unas condiciones topográficas y geológicas excepcionales, es uno de los ríos en el mundo con mejores condiciones naturales para el establecimiento de centrales hidroeléctricas.

La Presa y Central de Caruachi constituyen el tercero de los cuatro proyectos que

desarrollan la capacidad hidroeléctrica del Bajo Caroní. Está situada a unos 40 Km., de la ciudad de Puerto Ordaz en la Guayana Venezolana, dista 30 Km., de la desembocadura de dicho río en el Orinoco, y está proyectada para instalar una potencia de 2.160 MW.

Aguas arriba de Caruachi se encuentra la central hidroeléctrica de Guri con 10.000 MW de potencia instalada (actualmente la segunda mayor instalación hidroeléctrica del mundo en potencia instalada por detrás de la central de Itaipú de 12.000 MW) y aguas abajo la de Macagua I, II y III con 2.964 MW. Un cuarto desarrollo será la central hidroeléctrica de Tocomá con 2.160 MW, que se ubicará entre Guri y Caruachi, actualmente en fase de ataguado del recinto.

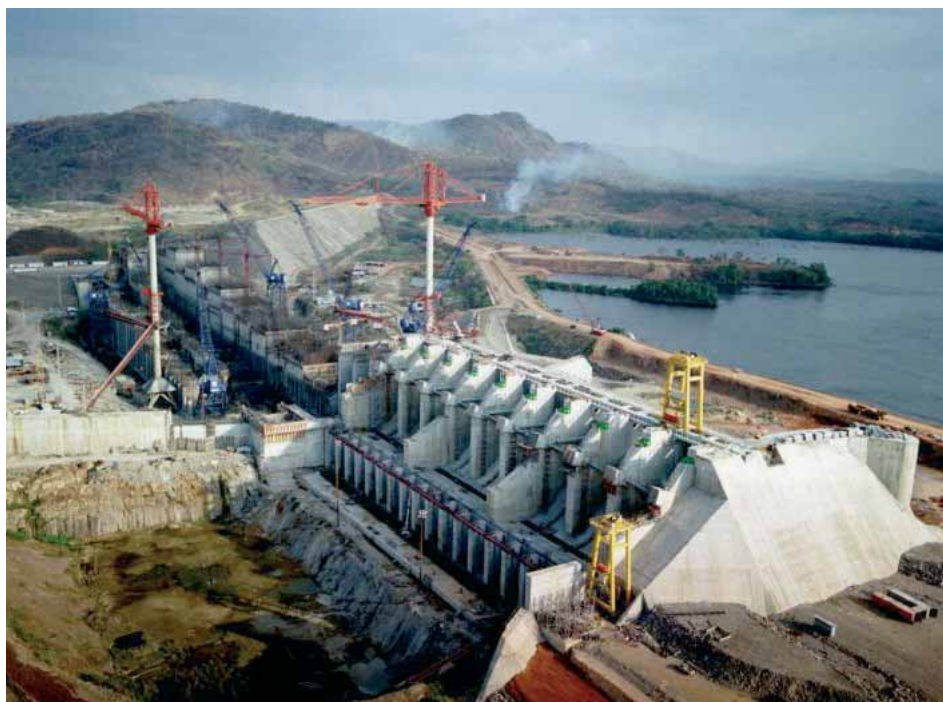
Descripción de las obras civiles del proyecto

El río Caroní, en el tramo inferior cercano a su desembocadura en el Orinoco, presenta cerradas cuyo desarrollo suele tener gran longitud. Las presas y centrales suelen estar situadas en zonas donde el río alberga condiciones especiales que facilitan la construcción, tales como la existencia de islas o brazos laterales. La tipología que se adopta es la de presa mixta. De gravedad en la zona donde se ubica la central y el aliviadero, y de escollera en el resto. Suele ser siempre la misma en todas las instalaciones del río Caroní, motivada por la gran longitud que adquieren las cerradas. Caruachi no



es una excepción a esta regla, así el proyecto de la presa y central está constituido por los siguientes elementos, enumerados desde la ladera derecha a la izquierda:

- Presa margen derecha: presa de escollera con pantalla de hormigón aguas arriba. Altura sobre cimientos de 50 m. Longitud de coronación 900 m. Volumen aproximado del cuerpo de presa 3,5 millones de m³.
- Presa transición margen derecha: presa de gravedad de 57 m., de altura máxima sobre cimientos. Esta presa forma la aleta donde se unen las presas de escollera de la margen derecha y el cuerpo de la presa de hormigón.
- Presa de hormigón y central integrada: presa de hormigón de 74,25 m., de altura sobre cimientos, en cuyo cuerpo se encuentran insertadas las tomas de agua de la central, la cual está ubicada inmediatamente aguas abajo e integrada en la misma. Esta central alberga doce turbinas Kaplan de 180 MW cada una, que mueven sendos generadores de igual potencia. Las tomas están diseñadas para un caudal de 6.000 m³/sg., que es el caudal que la Central de Gurí tiene ubicada aguas arriba de Caruachi.
- Longitudinalmente la presa y central presenta una serie de zonas diferenciadas que coinciden con los elementos típicos de una central hidroeléctrica: En primer lugar se encuentra la zona de la nave de montaje destinada a servir de área para el ensamblaje de los elementos mas voluminosos de las turbinas y generadores, típicamente los rotores y ejes de cada uno de ellos. Posteriormente se encuentra la nave de grupos, el área más extensa de la central, donde se encuentran ubicados los doce grupos turbina – generador. Al final de la central se encuentra el denominado monolito intermedio, en el cual se encuentran ubicados el edificio administrativo y de control del complejo, así como los accesos a la nave de la central, escaleras y elevadores.
- Transversalmente podemos observar que la presa y central está dividida en tres secciones de aguas arriba a aguas abajo, cada una de estas secciones se encuentra diferenciada de las otras mediante una junta de construcción que se



inyecta posteriormente: Primeramente se encuentra la zona de Tomas, su perfil es el de una presa de gravedad cimentada en la cota 28 y coronada en la 93,25. En ella se encuentran insertas las tomas de agua de los grupos, cada toma consta de tres conductos que en el paramento aguas arriba alcanzan una altura de 27 m., teniendo una anchura constante de 6,40 m. Estos conductos van provistos de rejillas de entrada de 7 x 28 m., y de compuertas de mantenimiento y maniobra de 6,40 x 24 x 16,80 m., respectivamente

- A continuación se encuentra la zona de la central propiamente dicha. Esta zona está cimentada a la cota 19 y corona a la misma que la presa, 93,25. Sus grandes dimensiones son debidas al tipo de turbinas que se instalan en ella (12 grupos Kaplan), cuya necesidad de funcionar con altos caudales obliga a grandes dimensiones en los circuitos hidráulicos. La cámara espiral, como en casi todo este tipo de turbinas, no está blindada pero si lo está el tubo de aspiración, el cual es único en la salida de cada grupo para dividirse posteriormente en tres conductos al objeto de minimizar las dimensiones de las compuertas de aspiración.
- Por último, aguas abajo, se entra la zona denominada nave de servicios. Esta

zona está cimentada a la cota 21 y corona en la cota 64,50 en donde se instala el patio de transformadores de potencia y la salida de líneas. Consta de una serie de pisos en los cuales se ubican los equipos auxiliares de la central.

- Aliviadero: situado a continuación de la presa y central. En su sección transversal podemos ver que está cimentado a la cota 33 y corona, como la presa, a la 93,25. Está diseñado para un caudal de 30.000 m³/sg. El perfil del mismo es un Creager y acaba en un trampolín que lanza el agua a un cuenco de amortiguación excavado directamente en la roza. Consta de nueve vanos de 15,20 m., de anchura cerrados por compuertas motorizadas tipo Taintor de la misma anchura y 21, 66 m., de altura. Asimismo cada vano está dotado con una compuerta de mantenimiento de 16,50 x 15,20 m., que es maniobrada por un pórtico grúa que rueda sobre el puente.
- En su parte inferior este aliviadero aloja 18 conductos de 6 x 9 m., destinados a constituir el desvío del río en la segunda fase de ejecución de la obra, de la cual hablaremos más adelante. Dichos conductos tienen previstas compuertas de emergencia aguas arriba de 6,50 x 125,00 m., y compuertas de cierre aguas debajo de 6,40 x 9,30 m., con las que se realizarán, en su día, las maniobras de



cierre de desvío y comienzo de embalse, las cuales comentaremos también mas adelante.

- Presa transición margen izquierda: presa de gravedad de 57 m., de altura que, al igual que la presa transición de la margen derecha, está destinada a ser la aleta donde se estrella la presa de escollera de la margen izquierda.
- Presa margen izquierda: presa de escollera con núcleo de arcilla. Altura sobre cimientos 57 m. Longitud de coronación 4,6 Km. Volumen aproximado de cuerpo de presa 9 millones de m³.
- Canal de descarga: excavado en roca, tiene más de 400 m., de anchura y un volumen aproximado de excavación de 3,5 millones de m³. Con los productos de la excavación de esta canal se fabricaron los áridos para hormigones. La roca constitutiva de la zona es una granodiorita masiva denominada "granito guayanés" en la terminología local.

Adicionalmente fue preciso construir varios kilómetros de ataguías de escollera con núcleo de arcilla, la mayor parte de ellas semi-sumergidas, decenas de kilómetros de carreteras y caminos de acceso y explanar varios kilómetros cuadrados para que pudieran servir de ubicación a oficinas, campamentos e instalaciones de obras.

Elementos hidromecánicos

Mención especial merece los elementos hidro y electromecánicos del proyecto no solamente por sus dimensiones fuera de lo común, que en varios aspectos representan records mundiales en su tipo, sino también por las dificultades técnicas que han representado tanto su diseño como su construcción.

La central, contiene 12 unidades tipo Kaplan de 180 MW cada una que en el momento de su construcción son las mayores turbinas del mundo en su tipo. Cada una de estas unidades está alimentada por tres conductos, lo cual hace un total de 36 conductos, y cada uno de estos conductos dispone de una reja, una compuerta de mantenimiento y una compuerta de maniobra.

- Rejas (36 unidades): Están diseñadas para impedir la entrada de elementos



flotantes en las cámaras espirales de las turbinas, son del tipo de izado inclinado y apoyo aguas abajo. Se operan mediante viga de izamiento y grúa pórtico, la misma que para las compuertas de mantenimiento y maniobra. La reja completa pesa 42,3 t. Para facilitar su manejo están divididas en 5 secciones cuyo peso se encuentra en el entorno de las 8,5 t. Sus dimensiones, ciertamente notables, alcanzan una altura de 25 m, una anchura de 7 m., y un canto de 1,3 m.

- Compuertas de mantenimiento de toma (36 unidades): Son tableros metálicos que están previstos para ser operados con presiones equilibradas en aguas muertas. Están diseñadas como tableros ortótropos con el marco de sellado aguas abajo. Su operación está prevista mediante viga de izamiento y grúa pórtico, la misma que para las compuertas de maniobra. El peso de la compuerta alcanzar las 64,7 t. Para facilitar su manejo y montaje están formadas por 4 secciones de un peso aproximado a las 16,2 t. Sus dimensiones notables como en el caso anterior, alcanzan los 19,2 m., de altura, una anchura de 6,45 m., y un canto de 1,25 m.
- Compuertas de maniobra (9 unidades): Son compuertas de tipo vagón, de izado vertical con el sistema de sellado

hacia aguas arriba. Están formadas por 6 secciones de pesos comprendidos entre 10 y 17 toneladas, pesando la compuerta completa 90 toneladas. Estas secciones están articuladas entre sí con pasadores y eslabones de acople al objeto de permitir movimientos angulares relativos. Cada sección está diseñada para no sobrepasar la carga máxima prevista por rueda. Sus dimensiones son; 16,55 m., de alto, 7 m., de ancho y el canto de la compuerta es de 1,3 m. La cota superior de la compuerta cerrada se sitúa 55,43 m.s.n.m., y la cota inferior de la compuerta cerrada a 38,88 m.s.n.m. Una vez en operación, mediante grúa porticado, las 3 compuertas de cada turbina cerrarán o abrirán simultáneamente, operadas mediante una viga de izamiento de 2,75 toneladas.

- Compuertas de Aspiración: La aspiración está formada por los 36 conductos de descarga de las 12 turbinas (3por cada unidad al igual que las tomas), al final de los cuales se encuentran 36 compuertas de tipo vagón de izado vertical y sellado aguas arriba. Estas compuertas están formadas por dos secciones de 14,4 y 14,1 toneladas y son operadas por grúa pórtico y viga de izamiento. Sus dimensiones son; 8,7 m., de altura, 7,24 m., de ancho y 1,3 m., de espesor. Su peso total es de 28,5 toneladas, si-



tuándose la cota superior de la compuerta cerrada 34,7 m.s.n.m., y la cota inferior 26 m.s.n.m.

- Aliviadero. Compuestas Radiales: El aliviadero tiene una capacidad de descarga de 30.000 m³/seg., con una longitud de 178,16 m. El borde de descarga se encuentra a la elevación 70,55 m.s.n.m. Está dividido en 9 vanos de 15,24 m., de anchura, cada uno de estos vanos emplaza una compuerta radial de 20 m., de radio y está preparado para recibir una compuerta de mantenimiento en caso de que sea necesaria.

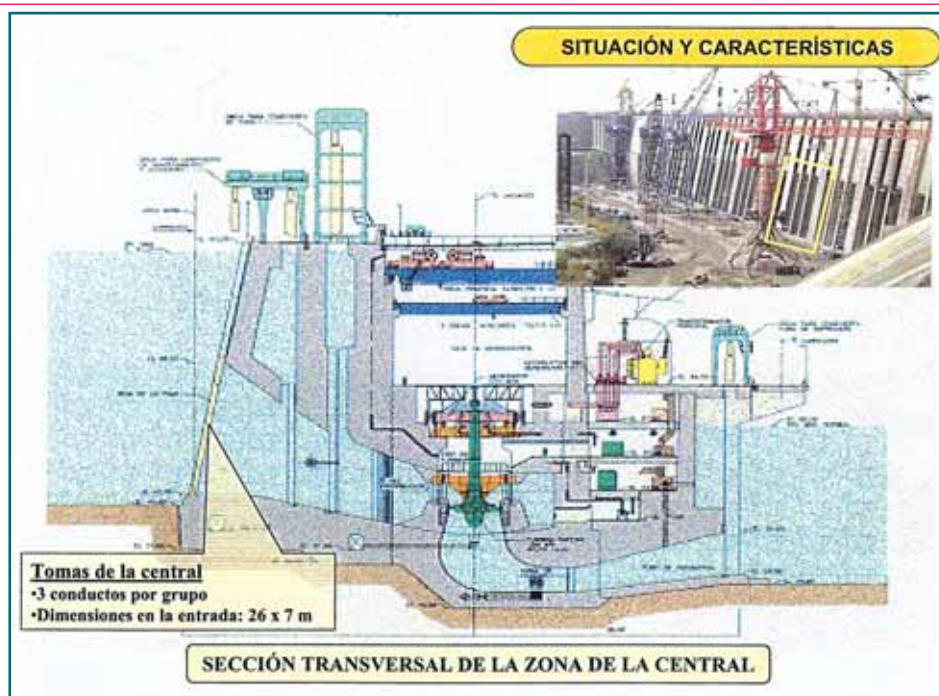
En cada uno de los nueve vanos se encuentran instaladas guías para la colocación de las compuertas de mantenimiento. Dichas compuertas son tableros ortótropos con sellado en la cara aguas abajo. Han sido fabricadas dos unidades de 23,76 m., de alto por 16,10 m., de ancho y un canto de 1,65 m. Su peso total es de 200 toneladas y para facilitar su transporte y manejo están formadas por 10 secciones. Una vez armadas las 10 secciones, la compuerta es colocada por una viga de izamiento cuyo peso es de 6,10 toneladas.

Maniobra de cierre:

Compuertas de cierre de conductos

En una tercera fase de ejecución, necesaria para la puesta en marcha de las unidades de generación, se procedió al cierre de los 18 conductos de desvío situados en la parte baja del aliviadero. Este cierre se realizó desde el extremo aguas debajo de cada conducto, y de manera secuencial, desde el conducto situado en la margen derecha hacia la izquierda. Este plan de operación contempla la posible ocurrencia de alguna situación excepcional que dificulte el cierre normal desde aguas abajo. En este caso, el cierre se llevó a cabo desde el extremo aguas arriba. Por ello, se contó con una compuerta para el cierre normal y otra de emergencia, así como sendas grúas ubicadas una en cada extremo del conducto.

Es de resaltar la dificultad en el cierre de los últimos conductos que se llevó a cabo con caudales en cada uno de ellos próximos a los 1000 m³/s., y aproximadamente una carga hidráulica de 22 m. Las maniobras de cierre se realizaron



según los protocolos de cierre desarrollados por EDELCA.

Las compuertas se han dividido en cuerpos articulados entre sí, cuyo número y altura se han elegido de forma que cada uno de ellos reciba un empuje no superior a la capacidad portante de las 4 ruedas de que dispone. Las compuertas de cierre se han dividido en dos cuerpos de igual altura de 9,73 m., de altura por 6,46 m., de anchura totalizando un peso de 53 t. Incluido el lastre. Las de emergencia constan de 6 cuerpos de alturas comprendidas entre 2014 y 2772 mm., totalizando unas dimensiones de 11,83 por 6,46 metros con un peso de 71,5 t. La pantalla se sitúa siempre al lado del conducto, esto es, aguas arriba para las compuertas de cierre y aguas abajo para las de emergencia.

Construcción

El proceso de construcción está dividido, fundamental, en tres fases:

- En una primera fase se construye, mediante ataguías, un recinto estanco derivando el río Caroní por un canal de más de 600 m., de anchura en la margen izquierda. Al abrigo de este recinto se ejecutan las excavaciones de la central, presa y aliviadero y las del ca-

nal de descarga; la presa margen derecha; las obras civiles de la presa de hormigón, presas de transición; zona de turbogeneradora y aliviadero. Asimismo, para poder comenzar la etapa siguiente, se ejecutan todos los montajes de compuertas afectados por la retirada de las ataguías aguas arriba. A la vez que se ejecutan los trabajos anteriores se construye la zona de la presa de margen izquierda que no está afectada por el cauce del río.

- En una segunda fase se retiran las ataguías aguas arriba y se desvía el río Caroní por los conductos del aliviadero mencionados anteriormente. Finalizada esta maniobra, que sólo es posible ejecutar durante el periodo de estiaje, se comienza la construcción de la presa margen izquierda afectada por el anterior desvío. A la vez se sigue trabajando en la zona turbogeneradora, principalmente en el montaje de las unidades, equipos auxiliares y en la obra civil asociado a estos trabajos de montaje.

- En una tercera fase se procede a cerrar los conductos de desvío mediante compuertas y se retiran las ataguías aguas abajo, de esta manera se inunda el canal de descarga y comienza la puesta en marcha secuencial de las unidades de generación.



Como se había previsto, la primera fase de construcción se terminó en mayo de 2001 y se comenzó la maniobra de desvío del río Caroní por los conductos del aliviadero. Para realizar esta operación fueron necesarias las siguientes etapas secuenciales:

- Inundación de la zona estanca aguas arriba del aliviadero.
- Retirada de la ataguía aguas arriba del aliviadero.
- Inundación de la zona estanca aguas abajo.
- Retirada de la ataguía aguas abajo del aliviadero.
- Desvío del río Caroní por los conductos del aliviadero.
- Construcción de las ataguías C y D a la cota 61.
- Construcción de las ataguías C y D a la cota 70 y cimentación de la presa en la margen izquierda, afectada por el cauce del río.

La etapa del desvío del río por los conductos del aliviadero resultó más bien peculiar debido a la particular geometría de dichos conductos. En primer lugar, antes de retirar la ataguía aguas arriba del aliviadero, se colocaron unos tapones metálicos (6,80 x 13,86 m.) con el fin de impedir el deslizamiento de rocas y tierra dentro de los conductos. Dichos tapones no fueron diseñados para ser movidos bajo presiones de agua o presiones inestables; ésta es la razón por la cual tuvieron que ser realizadas algunas operaciones auxiliares antes de retirar los mismos. Estas maniobras fueron ayudadas por la compuerta vagón colocada aguas abajo, que se utilizó posteriormente para llevar a cabo la operación del cierre de los conductos con el fin de llenar el embalse y poner en marcha los generadores.

Las operaciones que comportó esta operación de apertura fueron las siguientes:

- Colocación de la compuerta vagón.
- Inundación de los conductos para equilibrar las presiones.
- Retirada del tapón.

Retirada de la compuerta vagón y paso libre del agua a través de los conductos. ♦



FICHA TÉCNICA	
Promotor:	C.V.G. EDELCA (Electrificación del Caroní)
Proyecto:	Edelca, en colaboración con Harza
Empresa constructora:	Consortio Darvica integrado por: Dragados de España, Ica de México y Vialga de Venezuela.
Presupuesto:	2.300 Millones de Dólares USA
Fecha de acabado:	Abril 2003
CARACTERÍSTICAS	
Presa margen derecha:	Tipo: Escollera con pantalla de hormigón Altura sobre cimientos: 50 m. Volumen de presa: 3,5 millones m ³ Longitud coronación: 900 m. Anchura de coronación: 8 m.
Presa margen izquierda:	Tipo: Escollera con núcleo impermeable Altura sobre cimientos: 45m. Volumen de presa: 12 millones m ³ Longitud coronación: 4.200 m. Anchura de coronación: 8 m.
Desvío de río:	Caudal del diseño: 13.000 m ³ /s. Nº de conductos de desvío de 9 x 5,50 m.: 18 u. Compuertas de cierre de los conductos de 6,90 x 9,30 m.: 6u. Compuertas de emergencia de los conductos de 6,50 x 15 m.: 4 u.
Central y presa de hormigón:	Tipo: Gravedad Nivel de cresta: 93,25 m.s.n.m. Longitud presa principal: 360 m. Longitud presa transición derecha: 90 m. Longitud presa transición izquierda: 50 m. Longitud casa de máquinas: 420 m. Caudal turbinado: 6.000 m ³ /s. Nº de turbinas Kaplan: 12 u. De 180 MW Caída nominal: 35,60 m. Velocidad nominal: 94,74 r.p.m. Generadores: 12 u. Potencia unitaria generadores: 220 M. Potencia instalada: 2.280 MW
Tomas:	Nº conductos de toma: 3 por grupo = 36 conductos Compuertas de mantenimiento 6,40 x 24 m.: 24 u. Compuertas de toma de 7 x 16,80 m.: 9 u. Rejas de 7 x 28 m. - 36 u.
Aliviadero:	Longitud: 178,16 m. Nivel de cresta: 70,55 m.s.n.m. Caudal de diseño: 30.000 m ³ /s. Nº de vanos de 15,20 m.: 9 u. Nº de compuertas radiales de 15,24 x 21,66 m.: 9 u. Nº de compuertas mantenimiento de 15,20 x 16,50 m.: 2 u.
Aspiración:	Nº de compuertas de 7,20 x 8,70 m.: 36 u.
Embalse:	Nivel normal de operación: 91,25 m.s.n.m. Nivel mínimo de operación: 90,25 m.s.n.m. Nivel máximo infrecuente: 92,55 m.s.n.m. Área a nivel normal: 236,68 Km ² Volumen de embalse a nivel normal: 3.520 Hm ³ Avenida máxima probable: 30.000 m ³
Mediciones principales:	Hormigón refrigera entre 8º y 15º C: 1.985.720 m ³ Acero de armar: 90.165.000 Kg. Acero en empotrados de 1ª Fase y tuberías: 5.400.000 Kg. Encofrados: 680.000 m ² Excavaciones: 18.824.718 m ³ Rellenos: 19.743.186 m ³
Producción:	12.950 GWh/año.

El Proyecto de la Presa de Yalde y Obras Complementarias tiene por objeto las obras necesarias para la construcción y puesta en explotación de una presa cuyo objetivo es la regulación de las aportaciones del río Yalde y satisfacer las demandas de abastecimiento y regadío existentes en la zona, altamente deficitarias, así como mantener un caudal ecológico en el río aguas debajo de la presa.

Las obras se sitúan en la Comunidad Autónoma de La Rioja, en los términos municipales de Castroviejo y Santa Coloma, creándose un embalse de 3,32 Hm³ de volumen útil y que permite la regulación del río Yalde, con una aportación media de 8,5 Hm³/año.

Con los recursos regulados del río Yalde se ha conseguido:

- Satisfacer la demanda de abastecimiento considerada (1,04 Hm³/año)
- Mantener un caudal ecológico en el río Yalde, aguas debajo de la presa (0,85 Hm³/año, con un caudal medio anual de 270 l/s).
- Suministrar para regadíos en la zona un total de 3,13 Hm³/año.



El conjunto de obras proyectadas son las siguientes: Cuerpo de presa, aliviadero y cuenco amortiguador, desagüe de fondo, tomas de agua, ataguía y desvío del río, tratamiento de la cimentación y drena-

je, instrumentación de la presa y obras accesorias (caminos de acceso, alimentación de energía eléctrica, edificios, iluminación, urbanización, accesos a la coronación, balsa de decantación y vereda provisional para el ganado).

Como resultado de los estudios llevados a cabo, se concluyó que la tipología construible con los materiales realmente existentes y con la calidad y nivel de seguridad adecuado era una presa de pantalla impermeable asfáltica de cuerpo homogéneo, aprovechando los materiales aluviales del cauce comprendidos entre el eje de la presa y unos 1.400 m., aguas arriba de éste, y los de la terraza de la margen derecha en la zona donde se ubica el dique lateral de la presa.

Tipología aplicada

La Presa de Yalde es una presa de materiales sueltos de planta recta, donde cabe distinguir entre el cuerpo de presa propiamente dicho (presa principal), de 281,89 m., de longitud, separados ambos



por un muro de hormigón (otra de las peculiaridades del proyecto) de sección trapecoidal de 1,00 m., de espesor en coronación, cuya función es garantizar la continuidad longitudinal del elemento impermeabilizador entre las dos tipologías, planta asfáltica y núcleo de arcilla respectivamente.

El cuerpo de la presa principal está constituido por gravas, con una zonificación acorde con el volumen y características de los materiales disponibles. En la zona central, correspondiente al cauce, se mantiene el aluvial existente salvo la capa superior de 1 m., de espesor, que está contaminado. Sobre este aluvial se extiende un mando de 5 m., de espesor de gravas y arenas sin clasificar y sobre él se zonifica el material, disponiendo las gravas y arenas procedentes del aluvial del río en el espaldón de aguas arriba y las gravas arcillosas con arena procedentes de la terraza de la margen derecha y desmontes de las carreteras en el espaldón de agua abajo. Los taludes finales son 1.6 H: 1V aguas arriba y 1,8 H:1V aguas abajo, donde además se dispone una berma de 3 m.

En las zonas laterales correspondientes a las laderas del cauce, se elimina previamente a los rellenos el coluvial existente, procediendo después a los rellenos con la misma disposición que en la zona del cauce. Se consigue así un sistema de gravas filtrantes en toda la superficie de contacto con el cemento.

En el talud de aguas arriba de la presa se dispondrá la pantalla asfáltica, formada por una capa de azoras de 20 cm., de espesor, una capa de binder de 7 cm., de espesor, una capa asfáltica impermeable de 8 cm., de espesor, una capa asfáltica impermeable de 8 cm., de espesor y una capa superficial de mástil de protección, con los correspondientes riegos de emulsión y adherencia.

El pie de la pantalla conecta a lo largo del perímetro de la presa con un plinto de hormigón armado de 5 m., de ancho por 0,65 m., de espesor, cimentado en roca sana y anclado a la misma. Esta unidad se comienza nada más terminado el desvío del río y realizadas las excavaciones del cimiento de la parte baja de la presa, para ir progresando según se levanta el cuerpo de la presa. Se trata de una unidad delicada pues se debe garantizar el perfecto



contacto con los elementos competentes de roca y debe tener una disposición tal que permita la perfecta unión de la pantalla asfáltica con él.

Además del plinto y para asegurar el contacto con la roca, se prolonga el contacto mediante la ejecución de una losa de hormigón aguas abajo con el fin de conseguir un gradiente hidráulico adecuado. Esta losa es cubierta con un material auto filtrante del mismo tipo al colocado inmedia-

tamente debajo de la pantalla, asegurando así que no se arrastren finos del cemento caso de existir filtraciones de agua. Longitudinalmente se asegura la impermeabilidad de los distintos tramos por la colocación de juntas de neopreno, aptas para soportar las elevadas temperaturas del mastic bituminoso que luego se colocará.

Por otro lado y debido al fuerte espesor de los suelos de la terraza del margen derecho, se hizo necesario ejecutar un dique



en la margen derecha, con una longitud de 120 m., manteniendo la misma alineación y ancho de coronación que la presa principal. La construcción de este dique se ha realizado una vez excavado hasta nivel de roca el préstamo de la terraza de la margen derecha. Sobre el talud resultante de la excavación de la terraza 1H:1V, previo perfilado y limpieza, se coloca una lámina geotextil que sirve de filtro entre el núcleo arcilloso y el material de terraza. El núcleo impermeable, procedente del coluvial de la margen derecha, se tiende con talud 1,5 H:1V a partir de 2,50 m., aguas arriba del eje de presa y sobre el núcleo se extiende un espaldón de gravas y arenas, procedentes de la excavación de la terraza, con talud 3H:1V, que a su vez se recubre con un manto de protección de 2 m., de ancho en horizontal formado por bolos y gravas del aluvial del río.

Terminados los rellenos del cuerpo de la presa hasta la cota de coronación de pantalla se ejecuta la zapata del muro de coronación sobre el que se rematará esta, dando comienzo entonces los trabajos necesarios para la realización de la pantalla asfáltica.

El conjunto de la pantalla apoya sobre una capa de gravas y arenas de 3 m., de espesor en horizontal, que sirva también para el drenaje de posibles filtraciones, se trata de un autofiltro autoestable que se ha ejecutado mientras se ejecutaban el resto de los rellenos del cuerpo de la presa.

El proceso de trabajo consiste en la sujeción de las distintas máquinas de extendido y compactación desde la coronación mediante cabestrantes. En un inicio se procede a un precompactado de la superficie existente para seguidamente poner en obra la zahorra especial, la cual tiene una granulometría específica. Seguidamente se procede al regado de la superficie con emulsiones de adherencia para acometer de manera continuada el extendido de las capas de mezcla bituminosa.

Especial mención tienen también, los tratamientos y trabajos de unión entre pantalla y elementos rígidos, todos ellos manuales, y los de contacto de la pantalla con el plinto.

De acuerdo con el Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses, la Presa de Yalde fue clasificada dentro de la "Categoría A": Presas cuya rotura o funcio-



namiento incorrecto puede afectar gravemente a núcleos urbanos o servicios esenciales, así como productor daños materiales o medioambientales muy importantes.

Las Guías Técnicas de Seguridad de Presas recomienda adoptar, en el caso de presas de materiales sueltos de Categoría A, los siguientes períodos de retorno para las avenidas: Avenida de Proyecto: 1.000 años;

Avenida Extrema: 10.000 años. Atendiendo a estas recomendaciones en el Proyecto de la Presa de Yalde se estudiaron estas avenidas realizando cálculos hidrológicos y de laminación y comprobando el adecuado funcionamiento de los órganos de desagüe. Adicionalmente se realizaron los cálculos del paso de la P.M.F., con objeto de que sirviesen de referencia. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Gobierno de la Rioja
Proyecto:	Dirección Técnica de Ferrovial-Agroman, S.A. Área de Hidráulica, Departamento de Presas y Obras Marítimas:
Dirección de las Obras	Servicio de Obras Hidráulicas de la Consejería de Obras Publicas, Urbanismo, Vivienda y Transporte del Gobierno de la Rioja.
Empresa constructora:	UTE Ismael Andres, S.A. y Ferrovial-Agroman, S.A.
Presupuesto:	
Fecha de acabado:	

CARACTERÍSTICAS

Obra:	Situación: Río Yalde, término Municipal Castroviejo y Santa Coloma, de la Comunidad Autónoma de La Rioja. Cuenca: Río Ebro Presa: Materiales sueltos con pantalla asfáltica, Altura: 51,50 m. Longitud: 281,9 m. Ancho coronación: 8 m. Talud aguas arriba: 1,6: 1,0 Talud aguas abajo: 1,8: 1,0 Desagües de fondo: Conductos circulares en falso ¿?? de 600 m/m de diámetro, dotados de compuertas de cierre tipo Bureau de 0,5 x 0,8 m., con válvulas de salida tipo Howell-Bungen de 600 m/m., de diámetro. Aliviadero: Lateral fijo tipo Creager con canal de recogida y canal de descarga. Con caudal de vertido de 103,8 m ³ /s (T=1000 años). Toma de agua: Torre telescópica de sección rectangular.
-------	--



El agua constituye uno de los recursos más valiosos para la calidad de vida y el desarrollo de las sociedades modernas. En este sentido desde la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (CHG) se están acometiendo una serie de actuaciones donde, al tiempo que se favorece el desarrollo económico de las zonas beneficiadas por la actuación, se promueve la eficiencia en el uso del agua, potenciando medidas de ahorro en su consumo. La Balsa de Lebrija, situada en las proximidades de esta localidad sevillana, es uno de los ejemplos paradigmáticos de esta nueva política.

El proyecto encierra un triple objetivo de garantizar el desarrollo social de un territorio, gestionar eficazmente los recursos naturales y de potenciar el medio ambiente:

- El componente Social. Se trata de dotar a los agricultores de la zona de los elementos necesarios para desarrollar una agricultura moderna, competitiva y poco dependiente de las subvenciones públicas. La construcción de la Balsa pretende ser un impulso para el desarrollo del denominado Plan de Horticultura de Lebrija



- La eficacia. El proyecto dota a los agricultores de una tecnología que les permite, cada vez más, un mayor ahorro y eficiencia en el uso del agua, así como una mayor garantía de disponibilidad y de calidad en el suministro.
- El respeto al Medio Ambiente. El Proyecto incluye la creación de un hábitat de área húmeda que sea capaz de

complementar a los importantes humedales limítrofes: Parque Nacional de Doñana y los complejos endorreicos de Lebrija-Las Cabezas y Espera.

La Balsa es un elemento de gran importancia que se inserta en un plan muchas más ambicioso que la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir ha elab-



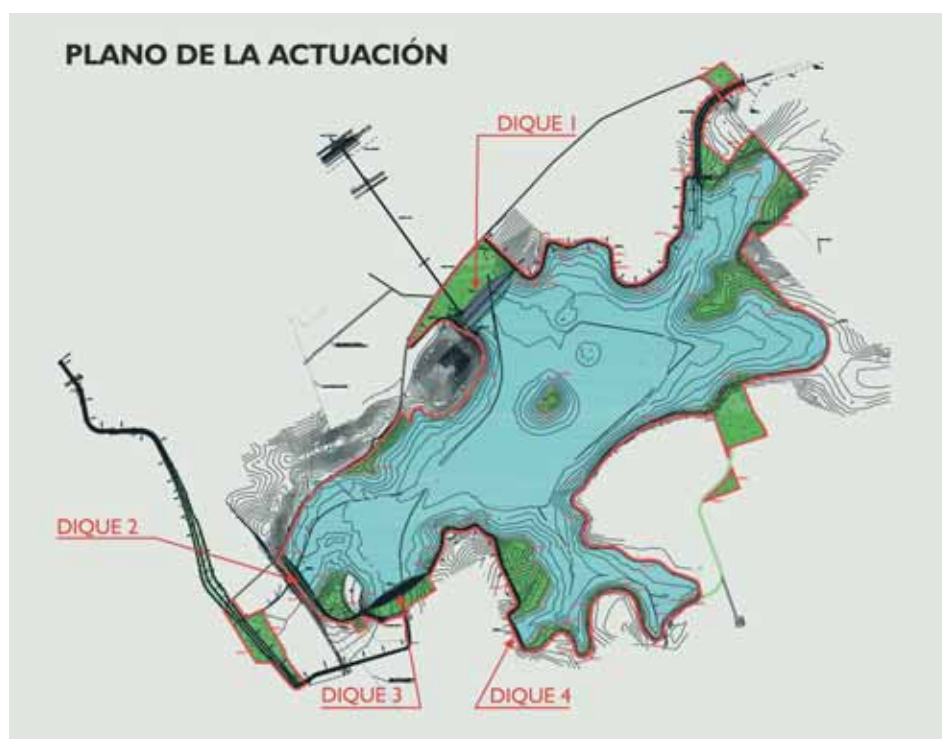
borado para los riegos que se alimentan del Canal del bajo Guadalquivir (100.000 Ha.). Hasta la fecha el Canal, con una longitud de 148 km., es como un río paralelo al Guadalquivir con mayor cota, derivándose el agua en la presa de Peñaflor y con desagües para reintegrar el río los caudales sobrantes. El sistema adolece de una gran rigidez, no permitiendo al explotador satisfacer las demandas puntuales de los agricultores, principalmente por dos razones: la primera por la gran distancia que existen entre los recursos y la demanda, sin regulaciones intermedias, y la segunda por el diseño de la infraestructura concebida para transportar grandes caudales. Las obras previstas son básicamente: tableado del canal, balsas de regulación y control automático del mismo. La balsa de Lebrija como punto final del canal, además de la regulación que aporta a la cuenca durante la campaña de riego, permitirá recoger y almacenar los sobrantes del mismo, ajustando la dotación de parcelas a las necesidades reales de los agricultores. La construcción de la popularmente conocida en Lebrija como "Balsa de Melendo", con una capacidad para albergar unos 6.630.000 m³, ha supuesto un enorme esfuerzo tecnológico.

Cimentación de los diques

Está formada por unos suelos de marismas limosos y arcillosos de elevada plasticidad (LL variable entre 65 y 75 e IP entre 30 y 40), a los que cabe calificar, además, geotécnicamente hablando, de blandos. En lo que se refiere a ensayos de campo, se han efectuado en los diques 1 y 3, los de mayor altura, un número adecuado de ensayos con piezoconos, ensayos con molinetes y ensayos con el dilatómetro de Marchetti. Como resultado del análisis de todos ellos, y teniendo en cuenta los sondeos y ensayos existentes en el proyecto original, se definieron nuevos perfiles geotécnicos. A partir de esos nuevos perfiles se calcularon por diferentes métodos los asientos post-constructivos previstos.

El diseño de los Diques

Para la ejecución de la Balsa se ha aprovechado una depresión natural de



escasa altura y gran superficie, que permite almacenar casi 8 hm³ de agua, mediante el cierre en cuatro puntos por diques de materiales sueltos de planta recta, cota de coronación 10,50 m.s.m.

Con los perfiles geotécnicos se han efectuado dos series de cálculos. Una primera de cálculos de estabilidad mediante el clásico análisis del equilibrio límite (Bishop Modificado), y una segunda en la que se aplicaba el método de los elementos finitos (Programa Praxis). Se ha tenido en cuenta, además, la recomendación establecida por el Bureau of Reclamation (1987) en relación a la estabilidad de presas a construir sobre terrenos blandos, de manera que los cálculos se han realizado en la situación de final de construcción suponiendo que no hay drenaje, es decir, disipación de las presiones intersticiales (corto plazo), requiriéndose que el coeficiente de seguridad mínimo a alcanzar fuese de 1,5.

A la vista de los resultados que se iban obteniendo en los cálculos efectuados en los diques 1 y 3, se fueron decidiendo las modificaciones a realizar con respecto a lo inicialmente previsto, que finalmente fueron:

- Crear zonas de transición en las zonas tratadas con drenajes verticales

(con menor densidad de tratamiento o con menos profundidad), tanto longitudinal como transversalmente al eje del dique, para evitar la posible formación de grietas por asientos diferenciales.

- Dejar bermas en los taludes de aguas arriba y aguas abajo a la cota 6 con una anchura en el dique 1 de 12,5 m.
- Establecer un conjunto de elementos de control (Inclinómetros, Piezómetros de cuerda vibrante y placas de asiento).

En lo que se refiere al proceso constructivo de los diques, un aspecto básico para su programación ha sido el tener en cuenta la elevada pluviometría de la zona entre los meses de Octubre y Mayo, lo cual dificultaba enormemente la puesta en obra de unos materiales –los mismos que conforman la cimentación– ya de por sí bastante húmedos.

Instrumentación

Con el fin de estudiar tanto el comportamiento del terreno como el de los diques y, para verificar que ambos lo hacen de forma semejante a la prevista en los modelos de cálculo, cuatro han sido los elementos de auscultación instalados:



- Placas de asiento en la cimentación o en el cuerpo de dique en zona próxima a ella.
- Hitos de nivelación en la coronación.
- Piezómetros de cuerda vibrante tanto en cuerpo de dique como en el terreno.
- Inclínómetros para detectar movimientos horizontales en el interior del cuerpo de los diques y en el terreno.

El valor ambiental de la Balsa de Lebrija

Constituye por sus dimensiones (202,37 Ha.), la mayor lámina de agua artificial de la comarca del Bajo Guadalquivir. Una de las particularidades de la Balsa de Lebrija es que, se ha procedido a la revegetación de las márgenes de la misma, con el fin de conseguir su integración dentro del entorno donde se encuentra ubicada. Esta integración, dentro de un entorno agrícola, ha favorecido de forma importante la aparición de valores naturales añadidos a un espacio creado de forma artificial.

La importancia faunística de la Balsa de Lebrija radica, sobre todo, en su función como área de sustento, ya que en un futuro próximo se prevé que constituya una zona de cría, reproducción y escala durante las migraciones para numerosas especies de aves. Esta importancia se ve acentuada por su proximidad a las marismas del Guadalquivir, lo que hace que durante los periodos secos, cuando muchas zonas húmedas se secan, ésta funcione como un hábitat alternativo y complementario de las marismas de Doñana. Debido al carácter estacional de la mayoría de las lagunas endorreicas más próximas a la Balsa de Lebrija, ésta adquiere una especial relevancia al tratarse de una reserva de agua permanente, donde la disponibilidad de alimento permanece constante.

Valoración paisajística

La Balsa realza el valor paisajístico del entorno, debido fundamentalmente al contraste existente entre una zona relativamente naturalizada y un medio tradicionalmente agrícola y bastante

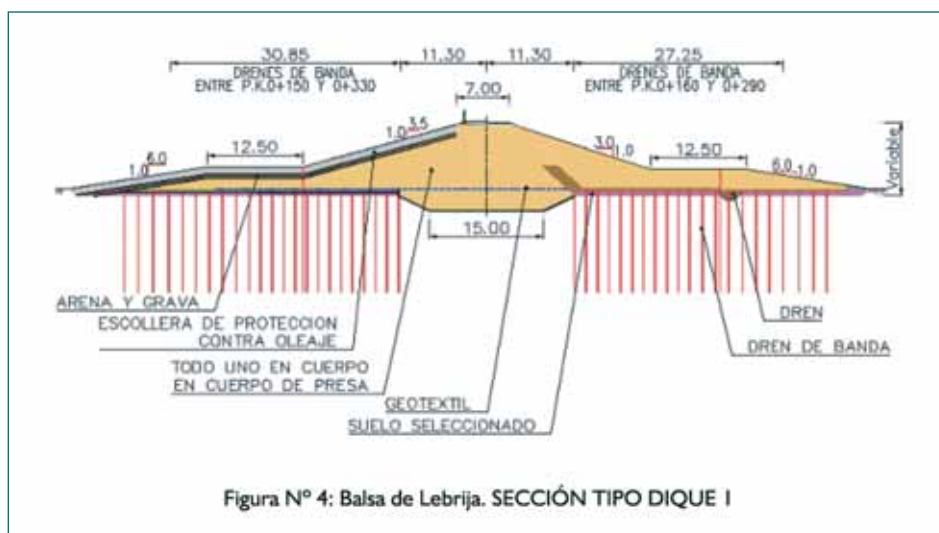


Figura Nº 4: Balsa de Lebrija. SECCIÓN TIPO DIQUE I

transformado por el hombre. El área donde se ubica se corresponde con antiguas zonas de marismas, desecadas para la utilización agrícola de los terrenos, se trata pues de una gran llanura, rota únicamente por pequeñas lomas de escala altitud, y desprovista de cualquier cubierta vegetal arbustiva o/y arbórea.

La balsa de Lebrija como futuro "Humedal Protegido"

Según lo establecido en el Convenio de Ramsar, se consideran humedales "las extensiones de marismas, pantanos, turberas y o superficies cubiertas de agua, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estacadas o corrientes, dulces, salobres o

saladas incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros". Tomando como referencia el Sistema para la clasificación de Tipos de Humedales del Convenio de Ramsar, el humedal que conforma la Balsa de Lebrija sería de tipo "artificial" y dentro de esta clasificación: "Áreas de almacenamiento de agua; reservorios, diques, represas hidroeléctricas, estanques artificiales (generalmente de más de 8 Ha).

Andalucía cuenta con un total de 48 humedales y 45.000 hectáreas catalogadas. Entre los humedales más próximo al ámbito de la Balsa nos encontramos con las lagunas de Lebrija. Las Cabezas y Espera (1, 2, 4), consideradas dentro de las de mayor prioridad para su inclusión en la lista Ramsar. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Ministerio de Medio Ambiente.
Proyecto:	Confederación Hidrográfica del Guadalquivir:
Empresa constructora:	UTE Ferroviario Sando
Asistencia Técnica de la Balsa:	Iberhidra Euroestudios
Restauración e Integración Medio Ambiental:	Empresa Constructora: Juan Antonio López Regas
	Reforestación: Ibersilva
Presupuesto:	13.210.267 Euros
Fecha de acabado:	

CARACTERÍSTICAS

Obra:	Balsa de Lebrija:
	- Superficie: 202,37 Ha.
	- Capacidad: 6.630.000 m ³



La ciudad de Córdoba, situada a ambos márgenes del Guadalquivir, ha ligado desde el Paleolítico su vida y su historia al río. Hoy, la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir y el Ayuntamiento de Córdoba completan un proyecto de encauzamiento y remodelación del Guadalquivir que defenderá definitivamente a la ciudad de las avenidas del río.

La simbiosis entre ciudad y río ha sido una constante a lo largo del tiempo que, no obstante, se vio interrumpida en los últimos siglos cuando los aires de prosperidad y progreso que prometían los nuevos adelantos técnicos, hicieron que la ciudad diera la espalda al que durante milenios había sido uno de los protagonistas de su historia. Esta realidad, que ha llegado has-

ta nuestros días, está empezando a cambiar significativamente gracias a los proyectos de renovación que en los últimos años se están realizando en la zona de la ciudad que circunda al río.

Como otras muchas ciudades antiguas Córdoba también surgió en un promontorio que facilitaba la defensa y desde el que podía controlarse el paso de un río, en este caso el actual Guadalquivir. El asentamiento originario de la ciudad, que estuvo ubicado en la margen derecha del río (en la Colina de los Quemados, sita en el Parque Cruz Conde), presenta un registro de ocupación humana ininterrumpida de más de 2.000 años (desde mediados del III milenio a.C., hasta el siglo II a.C.). Este poblado alcanzó cierta notoriedad con el paso del

tiempo, y acabó convirtiéndose, hacia mediados del primer milenio a.C., en un núcleo de población de características plenamente urbanas, que llegó a tener una extensión cercana a las 50 Ha., y que ya recibía el nombre de Corduba. Un kilómetro al este, aproximadamente, de este primitivo emplazamiento, fue erigido otro, a mediados del siglo II a.C., por el cónsul romano Claudio Marcelo. Con él Córdoba entra en la órbita de Roma e inicia el camino hacia lo que sería su primer época de esplendor.

La fundación de Marcelo tuvo lugar en la cima de una pequeña colina y ofrecía defensas naturales por todos los lados excepto por el norte. Presentaba un contorno irregular que recordaba vagamente a un hexágono, y estaba ubicada en la zona de



la actual plaza de las Tendillas. Esta primitiva urbe, que pronto empezó a ejercer como capital de la Hispania Ulterior, estaba algo alejada del cauce del antiguo Betis, y convivió durante, al menos, un siglo, con el poblado aborígen, que fue languideciendo poco a poco hasta que desapareció.

En las guerras entre César y Pompeyo, Córdoba tomó partido por este último, y su derrota supuso su asedio y casi total destrucción. Esta contrariedad no impidió que pocos años después Augusto la convirtiera en capital de la Bética, una de las tres provincias en las que quedó dividida Hispania. A partir de ese momento se inició un periodo de monumentalización y expansión de la ciudad, que aumentó su perímetro hasta llegar al río. Fue entonces cuando Córdoba quedó comunicada con el Betis por una plaza porticada en cuyo lado meridional se levantaría una puerta de triple arcada cuyo vano central posibilitaría el acceso al puente y los laterales a los embarcaderos del puerto. Desde ese momento Córdoba ya no va a separarse jamás del río junto al que nació y que será durante largos periodos de su historia un pilar fundamental de su desarrollo económico.

El río espacio social

El Guadalquivir y sus riberas fueron utilizados desde antiguo como paseo y lugar de baños. La elección de la Ribera como zona de paseo y esparcimiento de la po-



blación cordobesa, tiene un origen antiguo. Pero el Guadalquivir no sólo fue lugar de fiestas y regocijos, sus aguas también sufrieron actos de crueldad e intransigencia, pues la Ribera fue durante siglos lugar de ajusticiamiento. Ya en tiempo de Al-Haken I fueron crucificados en ella los cabecillas del Motín del Arrabal y en tiempos de Abd Al Rahman III, en el año 939, más de 300 oficiales del ejército del califa responsables de la derrota de Alhándega sufrieron el mismo castigo o la horca en

ese lugar. Este mismo califa tuvo el gesto macabro de exponer clavados en palos en la orilla del río los restos exhumados del rebelde "Umar Ibn Hafsun, sublevado en Bovastro (Málaga) en los últimos años del emirato de Mamad I, y los de su hijo Charfar.

También el Guadalquivir fue testigo de la intransigencia religiosa que ha aflorado en diferentes momentos de la historia. En sus riberas murieron muchos de los mártires cordobeses, y a sus aguas fueron arrojados sus despojos o cenizas, como siglos más tarde también recibirían las de los infelices que fueron ajusticiados por la inquisición en una de las islas existentes aguas bajo de los molinos, que fue usada como quemadero.

Córdoba de espaldas al río

La secular unión de Córdoba y su río sufrió una serie de cambios transcendentales a partir del siglo XIX. La irrupción en la vida de la ciudad de la burguesía como nuevo grupo social en auge, supuso un cambio significativo en muchos aspectos, entre otros en los relacionados con el urbanismo. Esta nueva clase social emergente "acomete la empresa" de transformar la ciudad justificándola por las necesidades generales de facilitar el tránsito, mejorar la higiene e introducir el ornato público.





Consecuencia de ello fue que el río, sus molinos y batanes acabaron de perder la escasa importancia que aún tenían como generadores de la energía que la industria demandaba, y que la antigua ruta, heredera de la Vía Augusta, que desde la antigüedad había monopolizado el tránsito de personas y mercancías por el sur de la ciudad gracias a la presencia del puente, acabó perdiendo la primacía que durante siglos había mantenido. La Ribera, que durante siglos había sido la zona más dinámica y pujante de la ciudad, iba convirtiéndose poco a poco en un espacio marginal y depauperado. Una realidad incuestionable tomaba cuerpo: Córdoba empezaba a vivir definitivamente de espaldas al río.

La vuelta al río

Esta triste realidad que marginó y olvidó al río y a su entorno se pone plenamente de manifiesto a partir de la segunda mitad del siglo XIX y se mantiene prácticamente durante todo el XX. Afortunadamente, desde hace unas décadas, esta situación ha experimentado un cambio drástico y beneficioso, del que no es ajena la declaración de Córdoba como Ciudad Patrimonio de la Humanidad. El Ayuntamiento cordobés, consciente de la problemática que presentaba esta zona que había acabado siendo la más degradada del Casco Histórico, emprendió con diligencia las acciones oportunas para poner fin a esta realidad indeseada, para lo que encontró apoyo en la Unión Europea al conseguir enmarcarlas dentro del Plan Urban. Gracias a ello se preten-

de que dentro de poco el Guadalquivir y su ribera acaben jugando el importante papel que a lo largo de la historia han desempeñado en la Ciudad de Córdoba y que nunca debieron perder. Un proyecto de encauzamiento y remodelación del Guadalquivir que defenderá definitivamente a la ciudad de las avenidas del río, además de contribuir a ordenar nuevos espacios libres para el desarrollo urbanístico de la ciudad y de mejorar la calidad medioambiental.

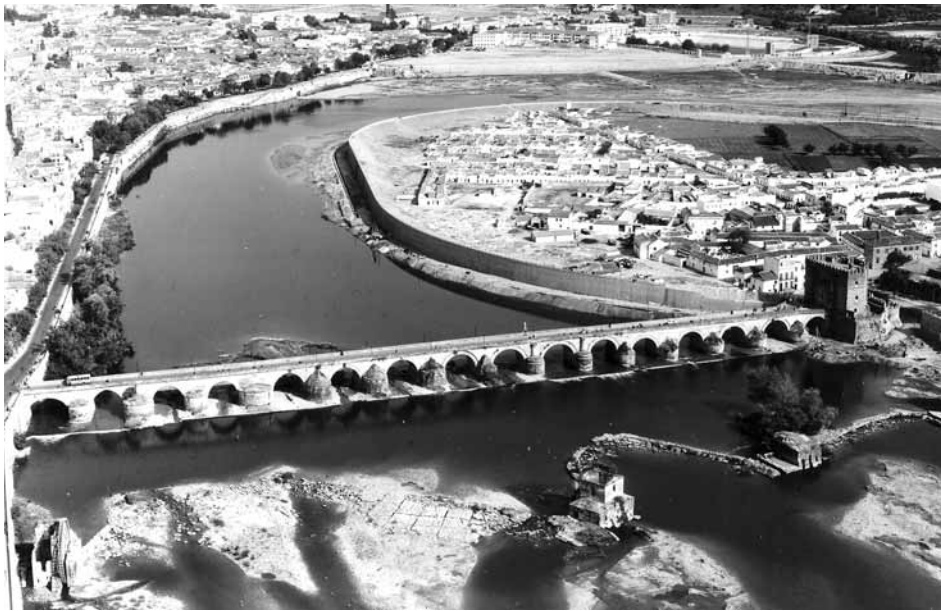
Actuaciones

Las actuaciones se dividen en dos fases. La primera, recientemente finaliza-

das, se ha desarrollado entre el puente del ferrocarril Málaga-Córdoba y el puente de la autovía número uno en la ciudad de Córdoba, con una longitud de 8,54 Km. de cauce. Los objetivos de esta actuación pueden englobarse entre grupos principales: hidráulico, ambiental y urbanístico. Como obras singulares destacan el azud de Casillas, embarcaderos, remodelación del entorno de Calahorra, muros de Torrecilla y encauzamiento del arroyo Cantarranas.

La segunda fase intervendrá sobre otros 11 Km. aguas arriba entre los puentes que atraviesan la Autovía de Andalucía a la altura de El Arenal y Las Quemadillas. Así mismo, incluirá la protección de





los meandros del Arenal y las Quemadillas, donde se actuará en la margen derecha mediante el estrechamiento del cauce, la apertura de caminos y la construcción de un dique que proteja de futuras avenidas a los núcleos habitados de la zona.

Objetivos

Las obras de encauzamiento y remodelación del Guadalquivir a su paso por Córdoba cumplen un triple objetivo: proteger a la ciudad de las avenidas, mejorar la calidad medioambiental y permitir el reencuentro ciudad-río.

El objetivo hidráulico viene marcado por la necesidad de ampliar la capacidad del cauce para paliar los efectos de





una gran crecida. No obstante, para cumplir con este objetivo, había que contar con varios condicionantes. Por ejemplo, el puente romano limitaba la capacidad, pero era impensable modificar su estructura (hay que tener en cuenta que el puente romano se cree que fue construido por el emperador Augusto). Está compuesto por 16 arcos y ha sobrevivido a guerras, revueltas y reformas, en algunos casos poco afortunados.

Otro de los problemas estructurales que había que resolver se refería al tramo de aguas abajo del puente de San Rafael, que tenía una sección de cauce de menos de 80 metros de anchura. Esta estrechez provocaba un efecto de tapón con sobre elevación de la lámina en las avenidas. Además, la fuerte curva de Miraflores y la rápida del azud de Martos condicionaban la circulación aguas arriba de Córdoba y la llanura de inundación en los meandros aguas arriba. Para conseguir estos objetivos se han ejecutado los siguientes trabajos:

- Secciones: Se han diseñado secciones de geometría variable, en función de multitud de factores; aunque siempre se han perseguido que estas tuviesen sección hidráulica suficiente para el caudal de avenida de proyecto ($Q=5850 \text{ m}^3/\text{s}$ para $T = 500$ años).
- Taludes: Se han diseñado taludes en general suaves, que facilitan la accesibilidad y la fijación de vegetación. En las zonas más antropizadas o con

falta de espacio se han proyectado taludes que requieren protecciones superficiales y fijación de vegetación.

- Revestimientos: El revestimiento general es vegetal con especies herbáceas, arbustivas y arbóreas. Sobre las protecciones con gavión y malla se aporta tierra vegetal y se hidrosiembran especies herbáceas. Sobre escollera se rellena con tierra vegetal y se plantan también arbustivas y arbóreas en los huecos. Se han incorporado camino de coronación y banquetas a media altura de talud para mejorar la accesibilidad y favorecer la retención de tierra vegetal.

Regenerando el río

La obra debía cumplir unos objetivos medioambientales muy variados. En primer lugar, era necesario retirar los escombros acumulados a lo largo de los años en las márgenes, en especial en Cordel de Écija, trasera de la Torrecilla y Casillas; sanear y mejorar la vegetación de ribera introduciendo especies autóctonas y evitar en lo posible, el uso de técnicas duras de revestimiento de márgenes como hormigón, gavión o escolleras, realizando la protección, siempre que fuera posible, con vegetación herbácea, arbustiva y arbórea. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Ministerio de Medio Ambiente. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.
Proyecto:	Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.
Empresa constructora:	UTE O.H.L. – Vías y Construcciones
Asistencia Técnica:	Prointec
Presupuesto:	26.930.907 Euros
Fecha de acabado:	

CARACTERÍSTICAS

Obra:

La actuación se divide en dos fases:

- La primera, de 8,54 Km., de longitud se ha desarrollado entre el puente de ferrocarril Málaga-Córdoba y el puente nº 1 de la Autovía en la ciudad de Córdoba.
- La segunda fase, de 11 Km., de longitud, se desarrollará entre los puentes que atraviesa la Autovía de Andalucía a la altura de El Arenal y Quemadillas.



La ciudad de Mérida, antigua Emérita Augusta, fue mandada fundar por el emperador Augusto para premiar a los veteranos de sus legiones que habían finalizado las últimas guerras que Roma precisó para someter la Península Ibérica. Capital de la provincia denominada "Lusitania", pronto se convirtió en un importantísimo foco de romanización del Oeste Peninsular. Está atestiguado que en la elección del emplazamiento de la ciudad los factores hidrográficos jugaron un papel determinante. En efecto, Mérida se ubica entre el gran río Guadiana (Anas para los romanos) y el modesto Albarregas (Barraeca), la presencia de los

cuales facilita la defensa, el abastecimiento y el saneamiento, mientras que el obstáculo a las comunicaciones que suponen se solventa mediante sendos puentes que constituyen todavía un magnífico ejemplo de la ingeniería romana.

La civilización romana mantenía una íntima y especial relación con la naturaleza y con el agua, divinizando a los cursos fluviales, y este fue también el caso del Guadiana y el Albarregas, como queda demostrado por la pieza arqueológica conocida como el dintel de los ríos, donde se representa a dos dioses-río, el Guadiana como un hombre mayor,

aunque vigoroso, y el Albarregas como un chico joven.

Sin embargo esta situación fue, por desgracia, cambiando posteriormente. Poco a poco, la ciudad fue dando la espalda a ambos ríos, cuyas crecidas por otra parte tenían en ocasiones efectos bastante destructivos. Este proceso alcanzó su culminación hacia la segunda mitad del siglo pasado, en el que ambos cauces, y en particular el del Guadiana, pasaron a servir de vertederos y como zonas donde obtener fácilmente, y de forma arbitraria y desordenada, determinados materiales de construcción. Afortunadamente, en estos últimos años Mérida



ha redescubierto sus ríos, cabiendo afirmar que la recuperación de sus fachadas fluviales es uno de los aspectos fundamentales del desarrollo urbanístico actual de la ciudad.

Esta “puesta en valor” de los ríos emeritenses está siendo apoyada por todas las Administraciones (Estatad, Autonómica y Local) así como por la iniciativa privada. Sin embargo, sus elementos básicos y fundamentales han sido las actuaciones, recientemente finalizadas, realizadas por el Ministerio de Medio Ambiente y la Confederación Hidrográfica del Guadiana comprendidas en el marco de los Proyectos siguientes:

- “Regeneración de márgenes y protección ante avenidas del río Guadiana entre el río Matachel y la presa de Montijo”.
- “Defensa contra avenidas del arroyo Albarregas”.

Ambos Proyectos, además de cumplir una imprescindible función de protección hidráulica para la ciudad, han permitido la integración de ambos cauces y sus márgenes, anteriormente muy degradados ambientalmente, y absolutamente desconectados de la ciudad, en la trama urbana de Mérida. El grado de protección hidráulica alcanzado es realmente considerable en ambos casos, pues el tramo urbano del Guadiana se acondiciona para la avenida de 100 años, correspondientes a un caudal de 4.000 m³/s. y el del Albarregas para la avenida de 500 años, con un caudal de 200 m³/s. que además corresponde a la mayor avenida registrada de la que hay noticias.

Una vez conseguida la seguridad hidráulica, el segundo objetivo en ambos Proyectos fue mejorar los aspectos antes citados. Para ello se ha realizado una serie muy amplia de actuaciones, comenzando por la limpieza y desescombro de las márgenes y en el caso del Guadiana la regularización de las zonas afectadas por extracciones incontroladas de áridos. Ambos Proyectos cuentan con diversas singularidades: en el caso del Guadiana se ha realizado un azud, regulado con compuertas hinchables, para mantener un nivel relativamente uniforme en el río a su paso por la ciudad, evitando el poco



estético efecto del cauce muy vacío. En el caso del Albarregas, ha sido preciso restituir seis puentes urbanos, dos de los cuales han debido resolverse mediante un arco metálico superior, dados los condicionantes geométricos e hidráulicos existentes.

Mención especial merece la atención prestada a los temas patrimoniales (arqueológicos y monumentales). Y en

cuanto a los monumentos, ya se habló de los puentes romanos que cruzan el Guadiana y el Albarregas, a lo que hay que añadir el dique romano que bordea un tramo del Guadiana (de hecho se trata de la primera obra de defensa contra las avenidas de este río) y los dos acueductos, uno romano y otro del siglo XVI (construido a su vez sobre otro también romano) que cruzan el Albarregas. A esto ha-



bía que añadir los posibles restos arqueológicos existentes en las márgenes de ambos ríos.

Ambos proyectos, no solo han sido absolutamente respetuosos con dichos monumentos y restos, sino que además han supuesto unas importantísimas mejoras para dicho patrimonio. Entre ellas hay algunas inherentes a las propias obras, como el acondicionamiento estético y ambiental del entorno de los monumentos, o la mejora del conocimiento de los restos gracias a las excavaciones arqueológicas asociadas a las obras. Pero además, se han buscado específicamente otras, pudiendo destacarse la realización de la iluminación artística del puente romano del Guadiana, o de la reutilización de las aguas todavía portadas por la conducción romana de "Rabo de Buey" (uno de los tres acueductos que abastecía a Emérita Augusta) para el riego de los parques del Albarregas. El remate final de ambas obras ha consistido en la plantación de gran número de árboles y praderas.

La preocupación por los aspectos medioambientales de las obras se ha manifestado además en muchas otras actuaciones. Por ejemplo, en el caso del río Guadiana puede destacarse la construcción de sendas escalas de peces en el azud de Mérida, antes citado, y en la presa de Montijo.

Desarrollo de las obras

1. Proyecto de regeneración de márgenes y protección ante avenidas del Río Guadiana entre el Río Matachel y la Presa de Montijo.

Estas obras han tenido su desarrollo totalmente condicionado por los niveles del río Guadiana, que básicamente son los impuestos por el nivel de la presa de Montijo. La presa eleva el nivel de las aguas del río para posibilitar su derivación por los canales de Montijo y Lobón, que riegan las Vegas Bajas del Guadiana. Por tanto, en la época de riegos, que normalmente comprende la Primavera y el Verano, e incluso parte del Otoño, la presa debe estar llena para posibilitar el riego, pudiendo vaciarse tan solo durante parte del Otoño y la mayor parte del Invierno, siendo dicho periodo el disponible para ejecutar obras en el cauce.



El Acta de Comprobación del Replanteo de la obra se firmó el 15 de diciembre de 1998, dándose comienzo a las obras. Durante 1999 se realizaron actuaciones de movimiento de tierras y colocación de escolleras, así como las pantallas de cimentación del azud. No obstante, desde el principio de la obra resultó bastante claro que sería preciso introducir modificaciones de cierta importancia, debidas fundamentalmente a los cambios que había experimentado la ciudad de Mérida desde la redacción de los proyectos base de licitación y de construcción. Por dichos motivos, se solicitó y obtuvo autorización para la redacción de un Proyecto Modificado nº 1.

Durante el año 2000 se trabajó inicialmente en las obras no afectadas por el Modificado, y a partir de la fecha antes indicada en la mayor parte de la obra, finalizándose en gran medida los movimientos de tierras, experimentado un gran avance las obras del azud, e iniciándose la mayor parte del resto de actuaciones, siempre condicionada al nivel del río como se comentó anteriormente. Hacia finales de 2000 e inicio del siguiente se procede a la realización de algunas plantaciones.

Durante el 2001 las obras experimentan una rápida evolución, finalizándose prácticamente el azud y las principales actuaciones en el tramo urbano. Este desarrollo permite poner de relieve determinadas carencias de la obra o aspectos que convendría potenciar. Por dichos motivos, se obtiene autorización para cursar un Proyecto Complementario nº 1. Este proyecto complementario incluye diversas actuaciones relacionadas con la obra, mereciendo destacarse la rehabilitación del azud de la "fábrica de la luz", y a la iluminación del puente romano de Mérida

Durante el vaciado de la presa de Montijo en el otoño de 2001, se detecta un incorrecto funcionamiento de las compuertas hinchables del azud, que durante todo el periodo de llenado de dicha presa, desde su entrada en servicio habían permanecido deshinchadas. Ello motiva la realización de una serie de estudios incluyendo ensayos en modelo reducido del azud. Como consecuencia de tales estudios, se especifican una serie de modificaciones realizar en el azud y sus compuertas hinchables, para lo cual se redacta, el Proyecto Modificado nº 2. Di-



chas modificaciones incluyen la reubicación en alzado de las nuevas compuertas hinchables, y la instalación de dos compuertas verticales metálicas para posibilitar el vaciado del azud en aguas bajas, y por tanto el mantenimiento de las compuertas hinchables. En abril de 2002 finalizan básicamente las plantaciones y siembras de la obra.

2. Proyecto de defensa contra avenidas del arroyo Albarregas.

Las obras dan el día 31 de Agosto de 2001. Como dato anecdótico puede citarse que en la primera excavación para el desvío de colectores aparecieron los primeros restos arqueológicos, lo que es muy ilustrativo de uno de los principales condicionantes que marcaron el desarrollo de las obras. El otro condicionante más importante de estas obras ha sido la enorme cantidad de servicios afectados que ha sido preciso restituir.

Según avanzaba el desvío de los colectores, pudo dar comienzo la excavación de la traza del nuevo encauzamiento, junto con la demolición del existente. Asimismo, se fueron realizando los seis puentes nuevos en forma alternativa para afectar lo menos posible al tráfico urbano, de forma que nunca hubo simultáneamente más de dos puentes cortados al tráfico.

La ejecución de las obras fue poniendo de manifiesto la necesidad de introducir diversas modificaciones respecto del Proyecto inicial, motivadas básicamente por las diferencias físicas encontradas en la realidad respecto a las contempladas en aquel. Por dichos motivos fue redactado el Proyecto Modificado nº 1. Asimismo, ante la solicitud del Ayuntamiento, se tramitó un Proyecto Complementario que contemplaba el desdoblamiento de un tramo de la avenida de José Fernández López limítrofe con el nuevo puente del Albarregas. Este Proyecto se desarrolló entre finales del 2002 y la primavera de 2003.

El encauzamiento, presa de la Cortezona y reposiciones de servicios se finalizaron a principios del año 2004, mientras que entre el Otoño de 2003 y la Primavera de 2004 se llevaron a cabo las labores de plantación de árboles y arbustos, a la vez que se remataban las actuaciones de urbanización. ♦

FICHA TÉCNICA

Proyecto I Regeneración de márgenes y protección ante avenidas del río Guadiana entre el río Matachel y la Presa de Montijo.

Promotor:	Ministerio de Medio Ambiente (Dirección General del Agua) y Confederación Hidrográfica del Guadiana.
Proyecto: Proyecto Inicial:	CHG - Intecsa
Proyecto Modificado nº 2 (vigente):	U.T.E. Guadiana
Proyecto Complementario nº 1:	Fernando Aranda Gutiérrez. Ing. de Caminos, Canales y Puertos.
Empresa constructora:	U.T.E. Guadiana (Dragados Y Altec).
Dirección de la Obra:	Confederación Hidrográfica del Guadiana.
Asistencia Técnica:	Aepo, S.A.
Presupuesto:	24.983.848,73 Euros
Fecha de acabado:	Proyecto Principal y Complementario Mayo 2003

Proyecto II Defensa contra avenidas del Arroyo Albarregas.

Promotor:	Ministerio de Medio Ambiente (Dirección General del Agua) y Confederación Hidrográfica del Guadiana.
Proyecto: Proyecto INICIAL:	Inproes, S.A.
Proyecto Modificado nº 1 (vigente):	Dragados, S.A.
Proyecto Complementario nº 1:	C.H.G.
Empresa constructora:	Dragados, S.A.
Dirección de la Obra:	Confederación Hidrográfica del Guadiana.
Asistencia Técnica:	Inproes, S.A.
Presupuesto:	23.167.053,92 Euros
Fecha de acabado:	Proyecto Principal: Julio 2004 Proyecto Complementario: Septiembre 2003

CARACTERÍSTICAS

Proyecto I Regeneración de márgenes y protección ante avenidas del río Guadiana entre el río Matachel y la Presa de Montijo.

Principales datos de la Obra:

- Longitud total de tramo de río objeto de actuación 19,4 Km.
- Longitud de encauzamiento urbano: 2,4 Km.
- Caudal de diseño del encauzamiento urbano: 4.000 m³/s (periodo de retorno de 100 años)
- Movimiento de tierras: 1.000.000 m³
- Azudes: 2 unidades.
- Restauración de edificios singulares: 2
- Instalaciones deportivas.
- Juegos infantiles: 6 conjuntos.
- Grupo escultórico singular: escultura de las "Siete Sillas".
- Fuente ornamental: 1
- Actuaciones arqueológicas: continuas a lo largo de toda la obra, con múltiples intervenciones.

Proyecto II Defensa contra avenidas del Arroyo Albarregas.

Principales datos:

- Longitud de encauzamiento urbano: 3,75 Km.
- Caudal de diseño del encauzamiento: 4.000 m³/s (periodo de retorno de 500 años)
- Movimiento de tierras: 650.000 m³
- Hormigones: 55.000 m³
- Aceros en armaduras: 1.800 t
- Aceros en estructuras de puentes: 186 t
- Pasarelas de nueva construcción: 5 unidades
- Puentes de nueva construcción: 6 unidades
- Instalaciones deportivas.
- Fuentes de Agua potable: 8 unidades.
- Construcción de nuevo vial urbano: 195 m
- Recricido de la presa de laminación de la Cortezona.
- Actuaciones arqueológicas: continuas a lo largo de toda la obra, con múltiples intervenciones.



En la última década se fue observando un paulatino empeoramiento en la calidad del agua de suministros para el consumo humano en las zonas del Maresme Norte y de la costa Brava Sur, particularmente en el período estival, así como una progresiva e inexorable degradación medioambiental del acuífero del Delta de la Tordera. Las poblaciones de esta zona reciben el agua en alta a partir de las instalaciones de bombeo de Blanes, constatándose la urgencia de una actuación al respecto por parte de las administraciones implicadas

Por ello, el Departamento de Medio Ambiente y Vivienda de la Generalidad de Cataluña a través de la Agencia Catalana del Agua elaboró un Pliego de Bases para el Concurso de Proyecto, definiéndose en el objeto del contrato el proyecto, construcción y explotación durante quince años de una instalación capaz de producir 10 hectómetros cúbicos anuales. El 11 de noviembre de 2001 se iniciaron las obras. La inauguración oficial tuvo lugar el 16 de enero de 2003.

Tan importante como la obtención del recurso en condiciones y en un plazo reducido ha sido la necesidad de remediar el daño ambiental que se estaba produciendo en el acuífero de La Tordera. En efecto: la secular explotación del agua subterránea procedente de la cuenca de la Tordera había ido aumentando en la segunda mitad del siglo XX a un ritmo tan acelerado que la calidad del agua del mismo se encontraba en los límites mínimos que definen las características de un agua dulce, con salinidades que aumentaban continuamente. Esto indicaba sin duda que una parte del acuífero se hallaba abocado irremisiblemente a un proceso de salinización, que podría tener efecto devastador sobre el medio ambiente.

Una vez puesta en marcha la instalación se ha racionalizado la extracción de agua procedente de los antiguos pozos existentes, limitándose su uso a los casos estricto de puntas de suministro no cubiertos por el agua desalada, al tiempo que se ha



constituido la Comunidad de Usuarios. Los análisis realizados de la calidad del agua de los pozos del acuífero demuestran una clara mejora en las condiciones de la misma y una disminución en los niveles de salinidad. Se puede afirmar así que la puesta en marcha de la instalación desaladora ha supuesto una mejora sustancial en las condiciones medioambientales del Delta de la Tordera, al tiempo que garantiza la sostenibilidad de todas las actividades presentes en su área de influencia.

La importancia funcional viene dada por la implantación de un centro de producción de agua en alta que relaciones tres sistemas de abastecimiento hasta ese momento independientes. La Estación de Tratamiento de Agua Potable (ETAP) de Blanes abastece de agua potable a la citada población con el agua de la desaladora directamente inyectada en la red. La ETAP de Palafròls alimenta tanto a la localidad citada como a numerosos municipios de la comarca del Maresme. Por último la ETAP de Tossa Lloret proporciona agua a la parte más meridional de la Costa Brava dentro de la provincia de Girona. Cada una de estas ETAP cuenta con diversos pozos de extracción de agua del acuífero de la Tordera, que eran lo que las alimentaban antes de la puesta en marcha de la ITAM y que ahora quedan inactivos salvo puntas de demanda.

Descripción general

La Instalación Desaladora de Agua de Mar del Delta de la Tordera (IDAM), abreviadamente ITAM TORDERA, se encuentra localizada en la margen izquierda del cauce homónimo dentro del término municipal de Blanes, aunque las conducciones, líneas de acometida y otras instalaciones auxiliares discurren por municipios vecinos de las comarcas de La Selva y del Maresme, ésta última dentro de la provincia de Barcelona. Consta de cinco partes:

- Captación e impulsión del agua de mar.
- Tuberías de conducción del agua de mar.
- Planta desaladora propiamente dicha.
- Colector de evacuación de la salmuera de rechazo.



- Colectores de distribución de agua potable.

Los pozos de captación de agua de mar se sitúan en una franja paralela y próxima al mar. Las tuberías de conducción del agua de mar desde los pozos hasta la desaladora propiamente dicha discurren enterradas por medio de dos tuberías de diámetro 800 mm. La parcela tiene una extensión de 22.210 m² y se encuentra a la cota de 7,5 m., de altitud, elevándose la cota de urbanización hasta la 10,70. La planta desaladora de Agua de Mar de La Tordera tiene una capacidad de producción de 28.800 m³/día, equivalente a 10 hm³/año. Consta de cuatro líneas de pro-

ducción con una capacidad unitaria nominal de 7.200 m³/día siendo posible en el futuro una ampliación de dos o cuatro bastidores más. La obra civil ya construida en primera fase se ha diseñado para la desaladora del futuro, de forma que sólo es preciso colocar los distintos equipos electromecánicos para alcanzar las producciones nominales de máxima así como una intermedia de 43.200 m³/día.

La impulsión del agua de mar desde los pozos se ha ejecutado mediante dos tuberías del diámetro adecuado para poder vehicular toda el agua que se precise en la ampliación futura. La tubería de salmuera circular va enterrada y su diámetro es tal que permite evacuar toda la salmuera que





- Turbinas Pelton
- Equipos de lavado de las membranas
- Unidad de desplazamiento
- Unidad de verificación

Remineralización y distribución

Como consecuencia del proceso antes expuesto, por cada metro cúbico de agua de mar que se bombea se produce aproximadamente un 45% de agua producto y el resto es salmuera que es vertida al mar por un emisario submarino. Esta agua producto es sometida a tratamientos de desinfección y de remineralización.

Tratamiento medioambiental de la mota

Como medida de integración medioambiental destaca la actuación emprendida sobre la mota existente en la margen izquierda del cauce del río Tordera, por donde discurren tanto las tuberías de impulsión del agua de mar como de transporte de salmuera con destino al emisario, así como diferentes tendidos de líneas de alimentación y control. El planeamiento, desarrollo y diseño de la solución, respeta la Declaración de Impacto Ambiental. En fase de ejecución se ha procedido al reperfilado y configuración de la mota, protección localizada con escolleras, plantación de especies autóctonas, así como otras medidas compensatorias. ♦

se produzca en la ampliación futura. Por último el emplazamiento elegido y la toma de agua de mar se han seleccionado tras una minuciosa investigación y el diseño de la planta se ha realizado pensando siempre en la facilidad de operación de la misma así como en la sencillez y facilidad para ampliaciones futuras.

Sistema de pretratamiento

Para asegurar un adecuado equipamiento de la instalación, ante cualquier eventualidad que pudiera surgir con el agua bruta a tratar y en particular con los posibles contenidos que presente en TOC, hierro y manganesa, se ha instalado un pretratamiento completo con las siguientes etapas:

- Bombeo intermedio del agua de mar.
- Dosificación de ácido, hipoclorito y coagulante.
- Filtración sobre arena y equipos de lavado de los filtros de arena.
- Dosificación de dispersante.
- Filtros de cartuchos.
- Dosificación de bisulfito.

Ósmosis Inversa

Las plantas desaladoras por Ósmosis Inversa requieren un pretratamiento del agua de mar para prevenir ensuciamientos de las membranas semipermeables y ajus-

tar las condiciones físico-químicas del agua de aporte a fin de obtener un óptimo funcionamiento de las membranas y el equipo de Ósmosis Inversa propiamente dicho. La fuente del agua de mar se efectúa por pozos profundos perforados, que permiten un pretratamiento relativamente simple debido al bajo contenido de sólidos en suspensión del agua. La ósmosis inversa consta de una manera general de las siguientes etapas:

- Bombas de alta presión.
- Ósmosis inversa.

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Agencia Catalana de L'Agua. Departament de Mediambient i Habitage. Ministerio de Medio Ambiente
Proyecto:	Javier Santiago Pacheco. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. José Luis Dapena. Ingeniero Industrial
Empresa constructora:	AIE ITAM Delta de La Tordera. FCC Construcción, S.A., Proyectos e Instalaciones de Desalación, S.A., y Aqualia, S.A.
Presupuesto:	89.379.690,12 Euros
Fecha de acabado:	Enero 2003

CARACTERÍSTICAS

Obra:	
- Producción neta total:	28.000 m ³ /día
- Captación agua de mar:	64.000 m ³ /día
- Producción salmuera:	35.000 m ³ /día
- Depósito de agua de mar:	1.000 m ³
- Depósito de remineralización:	1.000 m ³
- Depósito de agua producto:	3.600 m ³
- Emisario submarino (tramo principal):	325 m



El proyecto del Dique de Botafoc y su vial de acceso es una solución de infraestructura marítima imprescindible para el Puerto de Ibiza que ha venido a resolver parte de las carencias existentes en el Puerto, esto es, agitación de aguas interiores, traslado de los buques con combustibles a un muelle alejado de la ciudad y una adecuada línea de atraque con calado suficiente para los grandes cruceros que existen actualmente en el mercado.

El proyecto ha contado con financiación de los Fondos de Cohesión de la Unión Europea, que ha resuelto por primera vez a favor de un proyecto de estas características. La Comisión Europea, de acuerdo con la propuesta del Gobierno español, decidió apoyar el proyecto y por primera vez autorizó Fondos de Cohesión a una Autoridad Portuaria para cofinanciar una actuación de este tipo, considerando la necesidad y la importancia de la misma.

Uno de los marcos clave en que se desenvuelve esta construcción es el respeto y cuidado por el entorno medioambiental. El Plan de Ejecución de las obras enfatiza este celo por el medio ambiente siguiendo al detalle la evaluación de impacto ambiental que establece procedimientos, medidas y controles en todas las fases del proceso de construcción del Dique de Botafoc. Su construcción se inició en octubre de 2000 y su financiación se produjo en abril de 2003. La solución acordada consta de tres componentes inseparables: dique de abrigo, muelle adosado y acceso terrestre. El objetivo clave de la obra es dotar al Puerto de Ibiza de mayor seguridad: minimizando la fuerte agitación de aguas por medio de un mejor abrigo, alejando del núcleo urbano la descarga de mercancías energéticas como combustibles líquidos y gases licuados y facilitando, en su caso, el atraque de buques de gran porte que actualmente no pueden hacerlo.

El suministro energético de Ibiza consiste, casi en su totalidad, en combustibles líquidos y gases licuados. En 1999, del total de las 247.000 Toneladas de mercancía



energéticas descargadas en la isla, el 95% correspondieron a ese tipo de partidas. Si se tiene presente que estas operaciones de descarga se realizan prácticamente en el núcleo urbano de la ciudad pitiusa, cabe destacar que una de las consecuencias directas de la construcción del Dique de Botafoc será la traslación de las citadas operaciones a su extremo, propiciando su alejamiento de viviendas y comercios.

Las obras que comprenden el Dique de Botafoc en el Puerto de Ibiza están formadas por un vial de acceso al dique que discurre por la ribera de Isla Plana e Isla Grossa a lo largo de 1.200 m., de longitud, cuya función es dar servicio a los atraques de combustibles y cruceros y a la vez crear un espacio lúdico consistente en un paseo marítimo con acero peatonal de 6 m., de anchura además de un carril bici de 2,50 m., el segundo grupo de obras y cuerpo principal de la actuación, es el correspondiente al dique de abrigo, de 516 m., de longitud, contados desde el arranque de 1 Islote de Botafoc. El último grupo de actuaciones es el que corresponde a la ade-

cuación del dique del Freu des Botafoc, construido en la primer década del siglo XX, entre Isla Grossa y el Islote de Botafoc.

Vial de acceso al dique

El vial discurre junto a la anterior línea de costa, comenzando por la ribera de Isla Plana partiendo de la concesión de Marina Botafoc, pasando por Isla Grossa has el arranque del nuevo dique en el Islote de Botafoc. Su longitud es de 1.200 m. Su trazado geométrico se ha realizado para una velocidad de proyecto de 50 Km./h., intentando adaptarse al contorno costero con el fin de reducir la ocupación de lecho marino. El radio mínimo es de 85 m., excepto en la última curva, próxima ya al arranque del dique, que se reduce a 70 m. La rasante es horizontal y está situada a la cota 2,50 m., sobre el nivel del mar.

La Sección transversal se compone de una calzada con dos carriles de circulación de 7,50 m., de ancho total. Por el lado del mar, un seto de 1 m., separa la calzada del carril bici y de la acera. Bajo este

seto discurre el colector de drenaje de pluviales. El carril bici tiene una anchura constante de 2,50 m., y la acera de 6 m., hasta un murete-pretil. Este murete corona a la cota 3,70 m., sobre el nivel del mar. Por el lado interior, la calzada está bordeada por una acera de 4 m., de anchura y de zona ajardinada hasta el terreno natural y acantilados de ribera. En estas zonas se realizarán plantaciones acordes a la flora autóctona.

En la fachada exterior, en contacto con el oleaje, se coloca una protección de escollera de 500 Kg., y 0,50 metros de espesor. En los 50 m., iniciales del vial se cambia la protección de escollera por un muelle no reflejante. Su calado será de 3,50 m., coronado a la cota + 1 m., y estará realizado mediante bloques de hormigón de dimensiones 2 x 3,50 x 1,40 metros. La superestructura de este muelle se diseña con una losa prefabricada de 30 cm., de canto apoyada sobre bloques alternos. Esta disposición permite disipar parte de la energía que llega al muelle. El pavimento de la calzada está formado por adoquín de hormigón de 15 centímetros, colocado sobre una capa de gravilla de 5 centímetros dispuesta sobre una losa de hormigón en masa de 20 cm. El carril bici está formado por una base de 30 cm., de zahorra artificial y una capa de rodadura de 6 cm., de mezcla bituminosa. Siguiendo una recomendación de la Declaración de Impacto Ambiental del proyecto se disponen las canalizaciones para transporte de combustibles bajo la acera exterior, más próxima al mar.

Dique de abrigo

El dique de abrigo tiene una longitud de 516 m., es de tipo vertical reflejante y se dispone con solución de banqueteta sumergida de escollera sobre lecho previamente dragado, con cajón superpuesto. La finalidad del dique es en primer lugar prestar atraque a tráficos de mercancías peligrosas y en segundo lugar, proporcionar un necesario completo abrigo a toda la zona ocupada por el actual espejo de agua del puerto, que se resiente, en ocasiones, de los temporales del segundo cuadrante que, en determinados casos, producen una agitación considerable en las dársenas interiores del Puerto.





Ha sido adoptada una tipología de dique con espaldón retranqueado, que es la que exige menores cotas al entrar en juego al retallo para la eliminación de la energía del oleaje. Es una solución que tiene el menor impacto paisajístico, tanto por exigir un mínimo de anchura de la obra –el dique de escollera es sumergido-, como por requerir una altura discreta del espaldón sobre el nivel del mar para una mínima seguridad en los rebases y en el abrigo de los

rociones. Con esta solución se puede esperar que la altura del espaldón con botolas a 7 metros sobre el nivel del mar, sea suficiente para los mínimos requerimientos de seguridad en la operación de atraque de los buques especializados a que se ha hecho antes referencia y para la operación portuaria asociada.

El dique consta de una parte sumergida formada por un núcleo de todo-uno de cantera, vertido en la zanja de dragado,



que se protege con un manto de escollera cuyos cantos tienen un peso igual o superior a los 250 Kg., y cuyo talud es dos en horizontal por uno en vertical y con un espesor de 3 metros bajo la solera de los cajones. 1,80 metros en la zona de banqueta interior al puerto y de 2 metros de espesor en la parte exterior del talud. Por la parte exterior la protección se realiza con bloques de hormigón de diferentes tamaños, entre 3 t., y 6 t., en función de la cota de coronación de la banqueta. La solución de bloques de hormigón es consecuencia de la imposibilidad de conseguir escollera de los tamaños adecuados en la Isla de Ibiza. En la zona de dique donde la cota de coronación de la banqueta es la -20 metros, se dispone un manto de bloques de hormigón de 3 toneladas en dos capas con un espesor de 2,20 metros, con talud dos en horizontal por uno en vertical.

En las zonas más próximas al arranque donde el fondo marino está más alto, se han establecido dos cotas de coronación de la banqueta, una a los -16 metros y otra a los -10 metros, disponiéndose en ellas un manto de protección de bloques de hormigón de 6 toneladas en dos capas con un espesor de 2,80 metros. Este manto se coloca sobre un manto secundario de bloques de hormigón de 500 Kg., y un espesor de 1,20 metros. Estos mantos de bloques se prolongan hacia el arranque para unirse con el Islote de Botafoc, aunque esta zona queda protegida del oleaje por unos salientes rocosos situados más al Oeste de dicho Islote. Estos mantos de bloques de hormigón se colocan con taludes dos y medio en horizontal por uno en vertical.

Sobre la banqueta de escollera y previo enrase de grava se colocan 15 cajones celulares de hormigón armado de celdas circulares coronadas a la cota +1,30 y cuyas celdas se rellenarán con material procedente de cantera. La coronación de la superestructura de uso será a la cota +2,50 metros. Estos cajones de hormigón armado se rematan con un espaldón de hormigón armado coronado a la cota +7,00 para evitar la mayor parte de los rebases de las olas. Los cajones se dividen en 9 de tipo A1, 2 de tipo A2, 2 de tipo B y 2 de tipo C.

La parte del dique más próxima al Islote de Botafoc, donde el fondo tiene menos profundidad, se completa con una sección de hormigón sumergido, manteniéndose

dose la superestructura con las mismas características que la parte situada sobre los cajones e incluso por lo que concierne al espaldón. Este espaldón alcanza la roca natural del saliente del islote de Botafoc donde se une el sendero peatonal que existe en dicho paraje. Esto posibilita un acceso público regulado. El arranque se completa con un relleno de "todo uno" de cantera entre las secciones de cajones y de hormigón sumergido mencionadas anteriormente.

La superestructura del dique está formada por una viga cantil coronado a la cota +2,50 y 3, 50 metros de anchura de hormigón armado en la que se sitúan los bolardos y las defensas. Al lado contrario, se encuentra el espaldón separado 1,40 metros del borde exterior de los cajones, con un ancho de 2,50 metros y coronado a la cota +7,00 rematándose como un botaoles por su parte exterior. Contra la viga cantil y la base del espaldón, se alojan las diversas canalizaciones tanto de servicios del puerto como de futuros concesionarios. Al conjunto de la superestructura del dique se le ha dotado de una pendiente transversal para desagüe del 1%.

Los bolardos son de 100 toneladas de tiro horizontal y defensas de escudo, con cilindro de 1.450 mm., para atraque y amarre de buques. Los bolardos irán cada 29 m., aproximadamente y se colocarán tres defensas por cajón. Se dota al dique de alumbrado a lo largo del espaldón y de una torrea de balizamiento en el morro que sustenta la óptica e instalación luminosa de acuerdo con el Reglamento Internacional de la Asociación Internacional de Señalización Marítima – AISM –, con la apariencia de señal y alcance determinados. La iluminación se encomendará a luminarias de sodio de alta presión de 400 Watios de potencia unitario, adosadas al espaldón del dique en su parte interior. Las tomas de fuerza se ubican en cuatro armarios distribuidos a lo largo del cantil del muelle.

Freu de Botafoc

En esta zona se producen rebases que afectan al camino de acceso al Faro de Botafoc, dada la escasa altura del dique existente. Además se encuentra en una dirección muy expuesta a oleajes dominan-



tes que han provocado descarnes y averías en el rompeolas existente. Para reforzar este tramo que une el Islote de Botafoc con la Isla Grossa, se proyecta una protección de bloques de hormigón de 15 t., con talud uno y medio en horizontal por uno en vertical. Bajo esta capa de blo-

ques que tiene un espesor de 3,70 m., se dispone una capa de regularización de escollera de 750 Kg. La cota de coronación se establece en la +5,00 m., quedando limitada por motivos de impacto paisajístico y compensándolo con una mayor berma de 10 m. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Autoridad Portuaria de Baleares.
	Director Autoridad Portuaria: Ángel Matías Mateos
Proyecto:	Javier Mey Almela
Empresa constructora:	INTECSA – INARSA. UTE BOTAFOC (DRAGADOS, AGLOMSA, DRACE)
Control de Calidad:	INTEMAC
Presupuesto:	46.670.100,88 Euros
Fecha de acabado:	Abril 2003

CARACTERÍSTICAS

Descripción de la obra:

- Dique vertical reflejante de 516 m., para abrigo del Puerto con muelle adosado.
- Vial de ribera de acceso al dique de 1.200 m.
- Adecuación del dique del Freu des Botafoc.

Dique y muelle adosado:

- Longitud del dique: 516 m.
- Calado del muelle: 20 m.
- Cota del espaldón: +7 m.
- Dragado: 190.000 m³

- Banqueta:

- 200.000 m³ de todo-uno
- 190.000 t., de escollera de 250 Kg
- 6.150 m³ de hormigón sumergido

- Cajones:

- 55.470 m³ de hormigón
- 2.950.000 Kg., de acero AEH500
- 168.400 m³ de relleno en celdas
- Superestructura:
- 21.500 m³ de hormigón
- 1.130.000 Kg. de acero AEH500

- Freu des Botafoc:

- 7.400 t., de escollera de 7650 Kg.
- 1.500 m³ de hormigón
- 732 bloques de 15 t.



Metrosur es una idea original, en el sentido literal del término: nunca antes ninguna red de Metro se había planteado construir otro Metro, vinculado, unido a la red principal, de carácter metropolitano en sí mismo, capaz de enlazar cinco ciudades formando un anillo, con una extensión de más de 40 kilómetros, incorporando intercambiadores con la red de ferrocarril de cercanía, reestructurando la red de superficie servida mediante líneas de autobuses en todo el territorio de influencia y, además, aportando un “nuevo concepto de Metro” por su escala y por las mejoras cualitativas con que se ha dotado.

La entrada en servicio de la línea 10 hasta Alcorcón y del anillo completo de Metrosur supone que el Metro llega al sur de la Comunidad de Madrid, aportando a Alcorcón, Fuenlabrada, Getafe, Leganés y Móstoles una potente función estructurante, contribuyendo además a mejorar su comunicación con el municipio de Madrid. La relación entre estos municipios hasta la entrada en servicio de Metrosur solo era parcialmente viable mediante autobús o ferrocarril de cercanías.

El hecho de que la aglomeración urbana de más de un millón de habitantes formada por los cinco municipios antes enumerados se interconecte mediante un sistema circular de alta eficiencia de transporte, como es el Metro, que cuenta con siete intercambiadores que permiten un uso cómodo y racional de cinco líneas radiales de conexión con el centro de Madrid (línea 10 del Metro de Madrid y C3 y ramales Atocha-Móstoles y Atocha-Fuenlabrada de la C5 de Cercanías RENFE) contribuye a que cada una de estas poblaciones funcione a la vez de forma subsidiaria y complementario respecto del conjunto, sin por ello perder su identidad, potenciando además sus actuales relaciones con Madrid capital.

Metrosur, con sus 28 estaciones distribuidas a lo largo de los más de 40 kilómetros de longitud de su anillo, conecta centro de actividad administrativa, hospitales, centros de actividad terciaria, campus universitarios, polígonos industriales, barrios consolidados y nuevos desarrollos urbanísticos, modificando sustancialmente el escenario territorial preexistente.

Finalmente, con la mejora y prolongación de la Línea 10 entre Cuatro Vientos y Puerta del Sur, el Metro “llega al Sur”. Por un lado, la línea tiene dos estaciones en Alcorcón, mejorando la oferta de transporte público en los barrios de San José de Valderas y Ondarreta; y, por otro, permite que los cinco grandes municipios del Suroeste metropolitano madrileño se conecten mediante Metrosur con el resto de la red de Metro en el intercambiador de Puerta del Sur.

La Línea 10, tras su entrada en servicio hasta Puerta del Sur, cuenta con una longitud de 22,65 kilómetros y permite conexiones con las diferentes Líneas de Cercanías de RENFE en Chamartín, Nuevos Ministerios, Príncipe Pío y Cuatro Vientos, así como conectar con el resto de la red de Metro en Plaza de Castilla (L1 y L9), Nuevos Ministerios (L6 y L8), Gregorio Marañón (L7), Alonso Martínez (L4 y L5), Tribunal (L1), Plaza de España (L2 y L3), Príncipe Pío (L6 y Ramal Ópera-P. Pío), Casa de Campo (L5) y Puerta del Sur (Metrosur). Por tanto, 11 de las 19 estaciones con que cuenta la línea tras su prolongación hasta Alcorcón, posibilitan



el intercambio con otras líneas de Metro o cercanías RENFE conectado con todas las líneas de Metro existentes a excepción de la línea 11, y permitiendo el acceso desde Alcorcón a Nuevos Ministerios en 22 minutos y el Aeropuerto de Barajas en 37 minutos, lo que representa un salto cualitativo de gran trascendencia para la accesibilidad y desde el conjunto de municipios del Suroeste madrileño.

Metrosur y la vertebración de las poblaciones del Sur de Madrid

La nueva Línea 12 (Metrosur) con 28 estaciones se plantea como una nueva línea de Metro circular y está formada por cinco subsistemas, cada uno de los cuales da servicio a cada municipio, reforzando su posición como centros institucionales, de servicios y residenciales de la zona. Las dimensiones de la Línea están pensadas para el futuro. Las estaciones se han diseñado de 115 metros de longitud y, en la actualidad, los trenes que circulan tienen composiciones de sólo tres coches, con 54 metros de longitud. La instalación está concebida para llegar a triplicar su capacidad en el futuro ante un aumento de demanda, actuando sobre variables tales como la dimensión de los trenes, la frecuencia y los sistemas de control.

Ingeniería Civil: La Línea, su trazado y sus túneles

Previendo el futuro desarrollo de los municipios que tenían suelo calificado como urbanizable en gran parte del trazado de Metrosur, se decidió que toda la nueva línea fuera subterránea, para superar los problemas medioambientales que –a medio o largo plazo– podrían surgir, y evitar que Metrosur, “diseñado para unir”, separara barrios. Por razones de seguridad y viabilidad constructiva se decidió que todas las estaciones se ejecutaran a cielo abierto entre pantallas. La ubicación estratégica de cada una de las estaciones buscaba el punto de compromiso de conjugar la máxima captación de viajeros con su posibilidad constructiva.

Las obras de la nueva Línea 12 de la red de Metro comprendieron la perforación y revestimiento de los túneles de línea en una longitud total de 40,8 kilómetros de



longitud, la construcción de 28 estaciones y 2 cocheras para el material móvil, la realización de los pozos de bombeo, ventilación y salidas de emergencia, y las galerías de comunicación de dichos pozos con los túneles de línea. A tener en cuenta que la prolongación de la línea 10 supuso la construcción de otros 9,4 Km.

Además, se realizó la excavación de las cavernas de dos futuras estaciones situadas, una entre Loranca y Hospital de Fuenlabrada y la otra entre Parque de los Estados y Arroyo Culebro, postergando su terminación hasta que se urbanicen las dos zonas; ya se construyeron sus respectivos pozos de bombeo, ventilación, salidas de emergencia y galerías de conexión.

Para la ejecución de los túneles se han empleado desde los sistemas constructivos más convencionales como el método “tradicional de Madrid” hasta las más moder-

nas tecnologías en los tramos que han contado con alguno de los cinco escudos de presión de tierras EPB. La elección del proceso constructivo, en cada caso, ha sido hecha en función de criterios técnicos, económicos y de seguridad. Abundando en la seguridad como eje básico de esta actuación, los sistemas de auscultación y seguimiento han proporcionado en tiempo real las medidas de movimientos, presiones y niveles de agua necesaria para efectuar el control centralizado de todas y cada una de las obras simultáneas.

Además de los 35.816 m., ejecutados con tuneladora y los 2.362 m., correspondientes al método tradicional, otros 5.436 m., se han construido en “falso túnel”, mediante carro deslizante, y los restantes 7.813 empleando pantallas y losas. Como muestra de los resultados obtenidos en la realización de los diferentes tramos que com-



ponen esta actuación pueden citarse las siguientes cifras referidas a los avances:

- 35.816 metros de túnel en 546 días – (5 octubre 2000 – 4 abril 2002)
- 51,6 metros de túnel en un solo día – (sección 7,35 m.)

Arquitectura de estaciones

Las estaciones de Metrosur se han diseñado como un gran espacio donde el viajero realice itinerarios sencillos y fáciles de percibir. La elección y disposición de los materiales con los que han sido construidas permiten su fácil y eficaz mantenimiento. Las texturas elegidas en los revestimientos, así como una generosa iluminación, hacen que las estaciones sean espacios vivos y agradables. Han sido dotadas con escaleras mecánicas y ascensores para resolver todos los cambios de nivel de forma que están adaptadas para que puedan ser utilizadas por personas con movilidad reducida.

En Metrosur se construyeron veintiocho estaciones, cuatro en Alcorcón, cinco en Móstoles, cuatro en Fuenlabrada, ocho en Getafe y seis en Leganés. La intención arquitectónica inicial era que todas las estaciones respondieran a los mismos criterios de diseño, que proporcionaran el mismo servicio y tuvieran una imagen común, que



identificara el espacio de Metrosur. A su vez, los elementos que afloran a la superficie, es decir, las bocas de acceso, tienen un aspecto cuidado e integrado en el entorno. Teniendo en cuenta esta premisa, se partió del modelo aplicado a las estaciones de Nuevos Ministerios y Cuatro Vientos, se incorporaron algunas modificaciones y

se optó por plantear dos modelos: uno que incorporaba escalera mecánicas, fijas y ascensor, y otro, sólo con el paquete de escaleras. Se adoptó como modelo un paralelepípedo de estructura metálica y paramentos de cristal.

Una vez en el interior de la estación, el acceso o accesos desembocan en el vestíbulo, un único espacio desde el que se percibe visualmente el funcionamiento de la estación. En la mayoría de las estaciones, la losa del vestíbulo se convierte en un mirador sobre la plataforma de andenes. La riqueza espacial que esta situación genera proporciona una gran amplitud de vistas, permitiendo la orientación inmediata del viajero.

Cuenta con tres tipos de estaciones: estaciones ordinarias; estaciones de intercambio con cercanías de RENFE (hay 6 estaciones de este tipo); y una estación singular de correspondencia con la red de Metro (es el caso de la estación Puerta del Sur).

Las estaciones de intercambio con Cercanías de RENFE se ha convertido en un sistema de transporte distribuidor de flujos de viajeros entre los cinco municipios, con el resto de la red de Metro de Madrid y de interconexión con las líneas de Cercanía de RENFE. La localización de las nuevas estaciones de Metrosur junto a las estaciones de Cercanías existentes hizo necesario



proceder a la remodelación de las propias estaciones de RENFE.

La estación de Puerta del Sur, situada en Alcorcón, es el nexo de comunicación entre el Metro de la ciudad de Madrid (línea 10) y Metrosur (línea 12). En esta estación, una de las más espectaculares de Metrosur, se desarrolló un esquema con disposición en planta en forma de cruz, siguiendo el modelo de la estación de Colombia. Así se ha conseguido una estación de organización espacial sencilla, racional, y eficaz. Un túnel de vía única, tangente a ambos lados de la cruz, se utiliza exclusivamente como vía de servicio para poder trasvasar material móvil desde la Línea 10 a Metrosur.

Innovaciones en material de instalaciones

Metrosur es una línea que podría considerarse piloto en materia de innovaciones y en la que descubrimos hoy muchas de las soluciones que se generalizarán en el Metro del futuro. Nuevos y sofisticados diseños de mobiliario han sustituido a los antiguos, complementando esa renovación y modernización de imagen a la vez que cumplen con sus exigencias funcionales. Los torniquetes incorporan renovados software, que permiten distintas aplicaciones optimizando su rendimiento. Así mismo, las máquinas expendedoras se incorporan a esa modernización y al conjunto estético de la estación.

El sistema de tracción, que permite la circulación de los trenes, se alimenta a través de 12 subestaciones eléctricas emplazadas en otras tantas estaciones del anillo de Metrosur ubicadas en forjados intermedio de la estructura subterránea de cada estación. Estas subestaciones, además de alimentar la tracción de la línea, dan servicio a los centros de transformación instalados en todas las estaciones para abastecer a todas las demás instalaciones.

Metrosur incorpora todos los modernos sistemas de seguridad que controlan la circulación de trenes (ATP) y la conducción automática (ATO) que permiten reducir al máximo el intervalo entre trenes con el consiguiente aumento de capacidad de la línea.

En Metrosur se incluye una red de transmisión multiservicio: voz, datos y video por



ATM/IP sobre soporte de ficha óptica para la línea y las estaciones. Se incorpora también el sistema TETRA de radio trunking digital para agilizar la comunicación el material móvil y los servicios de seguridad y emergencias.

Se incorpora: detección precoz contra incendios por aspiración, facilitando una vigilancia continua de los riesgos. Extinción de incendios mediante sistemas centralizados de agua nebulizada. Extinción mediante columna seca en estaciones, pozos de ventilación y salida de emergencia.

El sistema de ventilación en túneles y acondicionamiento ambiental de las estaciones está basado en la realización de

una serie de pozos (extracción, compensación e inmisión) donde se ubican los equipos mecánicos (ventiladores, silenciadores, etc.) Se han dotado salidas de emergencia en todas las estaciones, como alternativa a la salida por vestíbulo, y dentro del túnel, de tal manera que hay una, al menos, cada 1000 metros.

Prolongación de la Línea 10

La línea 10 que transcurría entre las estaciones de Fuencarral y Aluche, atravesando Madrid de Oeste a Norte, ha sido objeto en este período de un proyecto de Adecuación de gálibo y Prolongación has-

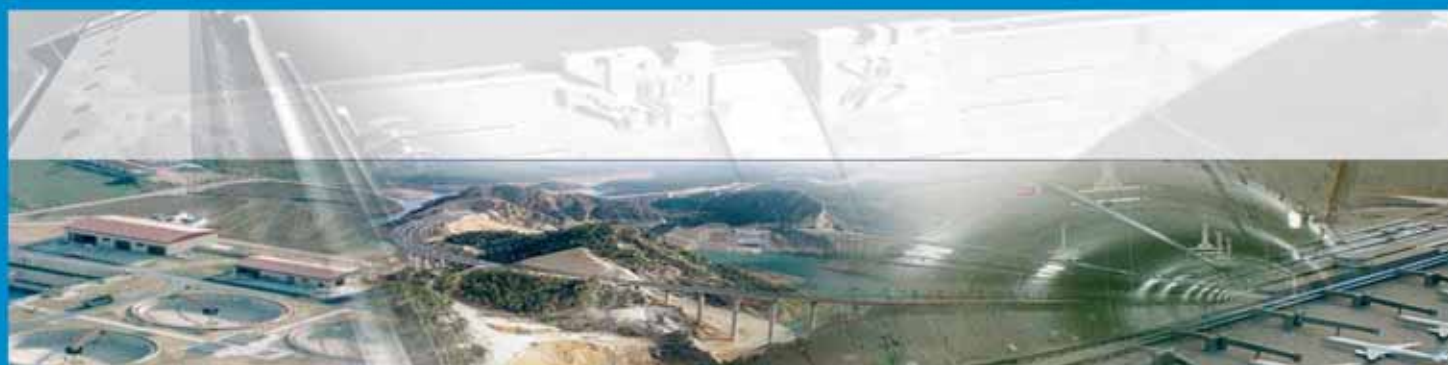


PARTICIPÓ EN LA EJECUCIÓN DE METROSUR, PRESTANDO SU COLABORACIÓN EN EL CONTROL DE CALIDAD Y EN LA INSPECCIÓN Y VIGILANCIA DE OBRAS DE LAS INFRAESTRUCTURAS DEL TRAMO 3, ESTACIÓN 4 DE MÓSTOLES.



ASIMISMO, HA PRESTADO SU COLABORACIÓN EN LA REDACCIÓN DE LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS DE:

- TRAMO 2, ESTACIÓN MÓSTOLES 1 - ESTACIÓN MÓSTOLES 4
- TRAMO 4, ESTACIÓN FUENLABRADA 1 - ESTACIÓN FUENLABRADA 2





ta Alcorcón. Actualmente es una línea que une Alcorcón con Fuencarral, conectando también Móstoles, Fuenlabrada, Leganés y Getafe con el centro de Madrid y con el gran eje de negocio de la Castellana, así como con el aeropuerto de Barajas

a través de la prolongación de la Línea 8, que conecta con la Línea 10 en el gran intercambiador de Nuevos Ministerios. Se ha conseguido vincular de esta manera la primera y segunda corona metropolitana del suroeste de Madrid con la almendra cen-



tral de la capital y con el área norte de la misma.

Las obras de adecuación de gálibo de la línea 10, han consistido en la adaptación del túnel existente al nuevo material móvil de la serie 7000, trabajos que tuvieron que realizarse entre el tramo comprendido entre las estaciones de Alonso Martínez y Casa de Campo, excepto la estación de Príncipe Pío y los tramos de túnel próximos a ella, que ya disponían de una sección suficiente de túnel.

Junto a las obras de adecuación de gálibo se efectuaron otra serie de trabajos, además del ensanche de los túneles. Hubo que aumentar la longitud y ensanchar las estaciones de Alonso Martínez, Tribunal y Plaza de España, remodelar las estaciones de Lago y Batán y se creó la estación de Casa de Campo. También se realizaron labores de recalce, rozado y ripado de las vías antiguas y se procedió al soterramiento de parte del túnel desde el piñón de Casa de Campo hacia Colonia Jardín.

En simultaneidad con la ejecución de estos trabajos se procedió a la ampliación de la Línea 10 hasta Puerta del Sur, construyéndose las estaciones de Casa de Campo, Colonia Jardín, Cuatro Vientos, Joaquín Vilumbrales y Puerta del Sur, así como el trazado ferroviario que une todas estas estaciones. También fue necesaria la construcción de una serie de ramales que parten de los dos telescopios de Mimbres. Se trata de tres túneles de vía única, ejecutados mediante pilotes arriostros a media altura, que conectan las cocheras de la Línea 10 con Metrosur. Las cocheras están constituidas por una serie de edificaciones, instalaciones e infraestructura cuyo objeto es el adecuado mantenimiento y custodia de los trenes serie 7000 que dan servicio a la línea 10. El complejo tiene una superficie de 305.441 m².

Arte público en las estaciones

A lo largo de los últimos años, diferentes ciudades de Europa, Asia y América, han venido renovando y ampliando sus redes de Metro. En algunos casos, la calidad ambiental de las estaciones ha tenido la misma importancia que aspectos más técnicos, como la renovación del material móvil y de las instalaciones. Esta nueva preocupación se ha puesto de manifiesto



a raíz de las conclusiones de estudios psicológicos, que han demostrado que la arquitectura de los interiores y exteriores del Metro influye en la mejora perceptiva por parte del usuario, motivando y potenciando el uso del mismo

Hoy en día las estaciones se han convertido en un punto de encuentro de gran cantidad de gente y por ello, se han considerado en numerosos casos como los lugares idóneos de representaciones artísticas de gran escala. En un principio las muestras se limitaban a pequeños murales, fragmentados y situados en espacios muy limitados. Poco a poco el descubrimiento de las estaciones como perfectas oportunidades de exposición ha ido haciendo que la producción artística haya proliferado en el espacio subterráneo.

El Concurso de Ideas para la ejecución de los motivos ornamentales de las estaciones de Metrosur convocado por Metro de Madrid, S.A., se dio a conocer en el mes de junio de 2001. Las propuestas premiadas han sido en su mayoría murales o piezas en relieve sobre paramentos. Se favorecieron las obras que además de su aportación artística, por su concepción permitiesen la incorporación de un sistema de iluminación que contribuyese a dar luz y claridad a la estación.

Las siguientes estaciones de Metrosur se han dotado de murales Ornamentales: Estaciones Puerta del Sur, en Alcorcón. Parque Oeste en Alcorcón. Estación Mostotes Central, en Mostotes. Estación Parque de los Estados, en Fuenlabrada. Estación Alonso Mendoza, en Getafe. Estación Juan de la Cierva, en Getafe Estación de Julián Besteiro y Hospital Severo Ocho, en Leganés. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Comunidad de Madrid. Consejería de Transportes e Infraestructuras.
Autor del Proyecto:	Contrato 1. Tramos XI, XII y I –Leganés-Alcorcón-Móstoles Mintra, Proser, Ticsa, Intecsa
Empresa constructora:	Ute Acs – Vial y Construcciones
Asistencia Técnica:	Eptisa, Aepo
Control de Calidad:	Intemac, Cemos, Progeotec
Promotor:	Comunidad de Madrid. Consejería de Transportes e Infraestructuras.
Autor del Proyecto:	Contrato 2. Tramos II y III –Móstoles-Fuenlabrada. Mintra, Euroestudios, Aepo
Empresa constructora:	Fomento de Construcciones y Contratas.
Asistencia Técnica:	Typsa, Euroestudios
Control de Calidad:	Sgs Tecnos y Euroestudios
Promotor:	Comunidad de Madrid. Consejería de Transportes e Infraestructuras.
Autor del Proyecto:	Contrato 3. Tramo IV, Subtramos III-8, IV-A, IV-8 Mintra, Euroestudios
Empresa constructora:	O.H.L.
Asistencia Técnica:	Sacyr, intecsa, Inarsa
Control de Calidad:	Icaes
Promotor:	Comunidad de Madrid. Consejería de Transportes e Infraestructuras.
Autor del Proyecto:	Contrato 4. Tramo VI y VI-Fuenlabrada 2 – Getafe 2 Mintra, Aepo, Tyrsa
Empresa constructora:	Nesco Entrecanales Cubiertas
Asistencia Técnica:	Proser
Control de Calidad:	Cies, Payme, Cotas
Promotor:	Comunidad de Madrid. Consejería de Transportes e Infraestructuras.
Autor del Proyecto:	Contrato 5. Getafe Mintra, Printec, Ginprosa
Empresa constructora:	Ferrovial - Agroman
Asistencia Técnica:	Ingeur, S.A. (Geoconsult, Eurocontrol, Intemac)
Control de Calidad:	Ute Itc – Synconsult, Iberinsa, Euroconsult
Promotor:	Comunidad de Madrid. Consejería de Transportes e Infraestructuras.
Autor del Proyecto:	Contrato 6. Tramo X – Getafe 8 – Leganés 6 Mintra, Proser
Empresa constructora:	Dragados, Obras y Proyectos, S.A.
Asistencia Técnica:	Incoyde, S.A. – Ingeotec, S.A.
Control de Calidad:	Geoteyco, S.A.
Presupuesto:	1.435,94 Millones de Euros
Fecha de acabado:	2003

CARACTERÍSTICAS

Obra: Ejecución integral y unitario de mas de 40 Km. de túneles urbanos y 28 estaciones subterráneas que sirve a los municipios del Sur de Madrid:

- Alcorcón162.000 Habitantes
- Fuenlabrada187.198 "
- Getafe156.474 "
- Leganés179.211 "
- Móstoles197.062 "
Total881.945 Habitantes

Ampliación y mejora de la Línea 10



El nuevo metro ligero de Barcelona construido para dar un amplio servicio a los vecinos del distrito de Nou Barris, enlaza los barrios de Trinitat Nova, Torre del Baró, Vallbona y Ciutat Meridiana al término municipal de Barcelona, y Can Cuiàs, al término municipal de Montcada i Reixac. La zona es un barrio que, hasta el momento, ha sido de difícil acceso para el transporte público en superficie a causa de su compleja orografía. Para cubrir las necesidades específicas de los vecinos y escoger el mejor tipo de transporte en un espacio complejo, la Generalitat optó por la opción mixta entre el metro y el tranvía, llamada metro ligero.

El metro ligero es, en realidad, un metro convencional de dimensiones más reducidas: en vez de 6 convoys consta de 2 para acoger el nivel de demanda real. Por otro lado, la distancia entre las estaciones bajo tierra puede resultar pequeña, y una infraestructura ligera como ésta permite hacer los movimientos con una velocidad necesaria en un corto espacio de maniobra.

El metro ligero constituye una experiencia pionera siendo el primer metro en vía única del Ferrocarril Metropolitano de Barcelona con andenes de 40 m., conservando el resto de parámetros de diseño idénticos a los del metro convencional. Cabe destacar la ejecución del pozo de comunicación entre vestíbulo y andén de la estación de ciutat Meridiana de 50 m., de profundidad, el primero de la red de Ferrocarriles Metropolitanos de Barcelona en el cual para una estación con andén profundo se apuesta por sistemas de elevación instalados dentro del pozo, de alta capacidad y velocidad para el transporte tradicional de viajeros.

Su planteamiento como línea de ferrocarril metropolitano tiene un doble propósito: comunicar con la ciudad de Barcelona los núcleos de población periféricos de Torre del Baró-Vallbona, Ciudad Meridiana y Can Cuiàs; pero lo que es más importante, resolver la movilidad propia entre estos barrios, la cual se veía condicionada por la acusada orografía y

la escasez e ineficacia del transporte público existente.

Para responder a la demanda de todos los barrios afectados, se planteó una estación para cada uno de ellos, en total cuatro: Casa de l'Aigua, Torre del Baró-Vallbona, Ciutat Meridiana y Can Cuiàs. La ubicación de los accesos fue pactada con las asociaciones de vecinos, de manera que quedaran resueltas sus necesidades de la forma más práctica.

Como incentivo a la participación vecinal, se plantearon motivos artísticos en cada estación, en los que se expusieron los manifiestos del barrio interpretados por artistas locales a través de un jurado popular. El resultado han sido estaciones de ferrocarril metropolitano con identidad propia y que reconocen la diversidad de culturas de unos barrios en continua expansión.

En la construcción de las estaciones del Metro Ligero se han utilizado materiales de última generación mediante procedimientos constructivos piloto de la futura Línea 9. Este es el caso de la estación de Ciudad



Meridiana que, con sus 50 m., de profundidades, ha constituido un claro referente en la construcción de pozos de sección circular hormigonados por anillos. En cuanto a aparatos elevadores, también en Ciudad Meridiana se han instalado los ascensores de mayor capacidad de carga de la red de FMB. Pueden transportar 13 personas (el equivalente a 1.300 Kg.) Con una velocidad de 2,0 m/s y bajo consumo.

El proyecto

La nueva línea 11 de Metro conecta el distrito de Nou Barris de Barcelona con el barrio de Can Cuiás en Montcada i Reixac, estableciendo una unión del centro de de la ciudad de Barcelona con la zona verde del Parc Collserola. De esta manera, los vecinos de los barrios de Trinitat Nova, Torre del Baró, Vallbona i Ciutat Meridiana se podrán beneficiar de integrarse en la red metropolitana de transporte de Barcelona, ya que la línea tiene correspondencia con la Línea 4 de Metro y las líneas C3 y C4 de Cercanías RENFE.

Las estaciones son, descubiertas como en Torre del Baró-Vallbona y cubiertas en el resto, pero en Ciutat Meridiana existe un pozo de 50 metros, similar a las estaciones que se proyectan para la línea 9. En general, todas las estaciones son espaciosas y los materiales con los que han sido construidas son ignífugos, de baja corrosividad, baja toxicidad y baja emisión de humos. Todas las estaciones están adaptadas para facilitar el acceso a las personas con movilidad reducida (PMR). El acceso a los andenes es sencillo y se facilita el cambio de sentido sin subir ni bajar escaleras.

F.M.B., tiende a un modelo de explotación basado en la automatización y asegura la máxima seguridad para viajeros y explotadores del servicio. En la línea 11 se realiza el cierre de los andenes, de manera que los usuarios sólo puedan acceder al tren cuando la puerta se abra a la llegada de éste. Las puertas de andén están sincronizadas con la llegada del tren, al mismo tiempo que también llegan los ascensores para recoger a los pasajeros que llegan. En un futuro próximo, la línea circulará sin maquinista, utilizando los sistemas de conducción automática ATP (Automatic Train Protection) ATO (Automatic Train Operation).



Infraestructura

El origen del presente tramo del Metro Ligero se sitúa en la actual estación de Trinitat Nova de la L4 del FM y consta de cuatro nuevas estaciones: Casa de L'Agua, Torre del Baró-Vallbona, Ciutat Meridiana y Can Cuiás. Las tres primeras están en el término Municipal de Barcelona y la

4ª (Can Cuiás) se ubica en el término Municipal de Montcada i Reixac. Su longitud total es de 1.985 m., con trazado de vía única con cruce de unidades en la estación de Torre del Baró-Villabona. Sus características son:

- Velocidad máxima: 60 Km.
- Radio mínimo: 200 m.



- Inclinación máxima de la rasante: 4%
- Curva de transición entre alineaciones rectas y curvas, clotoide.
- Curva de enlace entre rasantes, parábola.
- Peralte máximo: 120 mm.

Superestructura de vía

El trazado en planta se optimizó para conseguir una alineación recta de mayor longitud en la estación Casa de l'Aigua. El perfil longitudinal se adaptó a la obra de infraestructura construida. Sus características son:

- Radio mínimo: 200 m.
- Curva en planta: clotoide.
- Pendiente máxima: 0,040 (4%) en trayecto y 0,0015 (0,15%) en estaciones.
- Curva en el alzado: parábola.
- Aceleración máxima sin compensar: 0,65 m/seg.
- Peralta máximo: 120 mm.
- Peralte máximo de transición del peralte: 2,5 m.(m).

La sección tipo general es de vía única excepto en las estaciones de Torre del Baró-Vallbona y Can Cuiás en las que hay doble vía. En la obra civil se contemplan secciones generales de túnel en mina, de



vía sencilla o doble y túnel a cielo abierto igualmente para vía única o doble vía. La estación de Torre del Baró-Vallbona queda en cielo abierto en la zona de los andenes.

Estaciones

Casa de l'Aigua

La estación de Casa de l'Aigua está ubicada a continuación de la actual co-

la de maniobras de la estación de Trinitat Nova de la línea 4 del FMB. Esta primera estación de la L11 está inscrita en una nave de medidas interiores 73,93 x 13,80 y está perimetral por muros de hormigón armado de 60 cm., de grosor. Consta de un único andén en clotoide de 40,30 m., de longitud y un vestíbulo en el que se han integrado la barrera de peaje formada por 3 pasos y 2 máquinas expendedoras de billetes.

En la zona inaccesible al público contigua a la CGE se han distribuido las diferentes dependencias técnicas en unos 190 m² aproximadamente: media tensión, baja tensión, comunicaciones, auxiliar de comunicaciones, seccionadores, servicio higiénicos y vestuarios, recogida selectiva de basuras, utensilios de estación y limpieza.

La sala que ocupa la CGE (cabina de gestión de estación), dado que consta en una de sus caras de cristal laminar de 10+10 mm., permite ser vista desde el vestíbulo de la estación.

Torre del Baró-Vallbona

La estación de Torre del Baró-Vallbona consta de dos vestíbulos con accesos independientes y dos andenes a cielo abierto protegidos por marquesinas. La comunicación entre los andenes se hace a través de un paso elevado sobre las vías que consta de escaleras fijas y de as-



censores adaptados a personas de movilidad reducida. Las salas técnicas de MT, BT, enclaves, seccionadores y comunicaciones se alojan en un espacio de aproximadamente 240 m² contiguo al andén de la estación en sentido Ciutat Meridiana. Consta de dos accesos, uno de ellos con puerta de dos hojas abatibles para la entrada de equipos.

La CGE ocupa un lugar en el pasillo del acceso a la estación desde la C/Escolapi Cáncer. A continuación se encuentran la sala de comunicaciones auxiliar, los vestuarios para el personal de FMB y el acceso a la fosa séptica alojada en el nivel de vías.

Ciutat Meridiana

Esta estación está formada por un vestíbulo donde se ubica la barrera de peaje, un pozo de 45 m., de profundidad que comunica con el andén y la galería de emergencia previa que constituye una salida intermedia a la calle en el recorrido de descenso.

A lo largo del pozo se ubican en diferentes niveles algunas de las salas técnicas de la estación (BT, sala de ventilación y comunicaciones), el espacio triple para los ascensores de uso público (de 13 personas de capacidad) y una escalera fija especialmente protegida frente al fuego (según normativa CPI-96), con vestíbulos de independencia y cierres perimetrales RF-120.

Can Cuiàs

Cuenta con cuatro niveles: dos superiores destinados a vestíbulo, un tercero en que se encuentra la subcentral eléctrica de la línea y un último nivel destinado al andén. Para la comunicación vertical se dispone de dos recorridos diferenciados según sean para los usuarios de la red o para el personal de FMB a través de ascensores, escaleras fijas y escaleras mecánicas en el primer vestíbulo de público.

En el vestíbulo superior se encuentra la CGE y tres máquinas expendedoras de billetes. Desde este vestíbulo se puede descender directamente al andén mediante ascensores que también tiene parada en el vestíbulo inferior. Alternativa-



mente, una escalera fija comunica los diferentes niveles.

Al nivel inferior se accede a pie plano desde el polígono industrial y también cuenta con una barrera de peaje y una máquina expendedora de billetes. En es-

te nivel se ubican los vestuarios para personal de FMB, la sala de comunicaciones, la sala en previsión para la instalación de un sistema de extinción de incendios para agua nebulizada y una sala para comunicaciones externas. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	GISA
Proyecto: Infraestructura:	UTE Euro Projet, Ardanuy
Superestructura:	Riazu
Señalización ATP y ATO:	Auding
Comunicaciones:	Auding
Empresa constructora: Infraestructura:	UTE Fcc Construcción, Isoluxwatt
Superestructura:	UTE Fcc Construcción, Comsa
Señalización ATP y ATO:	Mimetronic
Comunicaciones:	Emte
Presupuesto:	48,3 Millones de Euros
Fecha de acabado:	Diciembre 2003

CARACTERÍSTICAS

Obra:	El tramo tiene su origen en el final de maniobra de la estación Trinitat Nova, con una longitud total de 1.985m. Incluye las cuatro estaciones:
	- Casa de L'Aigua.
	- Torre del Baró-Vallbona
	- Ciutat Meridiana
	- Can Cuiàs



Por su privilegiada posición geográfica con respecto al nordeste brasileño y Europa, tiene Pernambuco en su capital Recife, una de las principales puertas de entrada del turismo internacional brasileño. El Estado ostenta un rico paisaje costanero de 187 Km., de playas paradisíacas de aguas tibias, con piscinas naturales formadas por los arrecifes, barridos por brisa constante y suave venida de mar, ora azul turquesa, ora verde esmeralda, con la deliciosa temperatura de 26 grados centígrados.

Toda esta belleza e historia eran exclusividad para pocos, un aeropuerto antiguo y pequeño restringía el número de visitantes al Estado y limitaba el crecimiento turístico de la región. Sin embargo, desde el 1º de julio de 2004, con la inauguración del Nuevo Aeropuerto de Recife, moderno y con sus formas imponentes destacando su

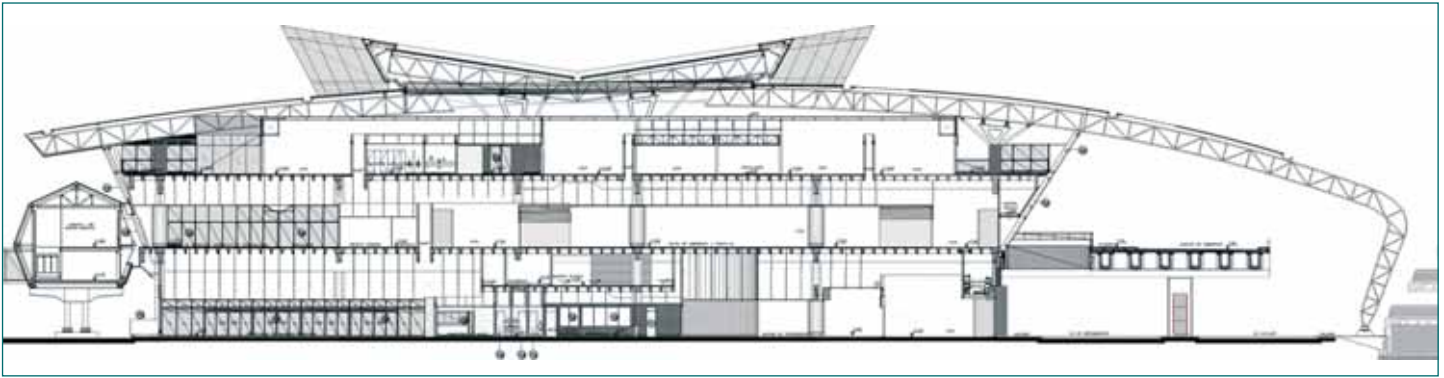
belleza, el turismo de Pernambuco vuelve a crecer, y el pueblo de Recife se enorgullece tener uno de los más bonitos aeropuertos del Brasil.

Desfasado con respecto a otros aeropuertos brasileños, el antiguo terminal de pasajeros, construido en la década de los 40, ha recibido algunas reformas importantes a lo largo de los años. Pero la realidad de demanda, hoy del orden de 2,5 millones de pasajeros por año, ha impuesto la necesidad de ampliación del aeropuerto, que tenía capacidad para atender tan solamente 1,5 millones de pasajeros por año. Dimensionado para atender la demanda estimada para el año 2017, el nuevo terminal podrá recibir con confort y seguridad cinco millones de pasajeros por años, además de poder atender, por hora, a 1500 pasajeros en horario de punta.

Además de la construcción del nuevo terminal de pasajeros, se ha construido un edificio garaje con 72.000 m², que pasa a ofrecer a los usuarios del nuevo aeropuerto 2020 plazas de estacionamientos. Todo el sistema vial interno se ha implementado visando garantizar mayor confortabilidad a los pasajeros.

En el patio de aeronaves, que se encontraba en plena actividad se ha instalado un queroducto, que permitirá el abastecimiento de las aeronaves directamente por la red de conductos colocada bajo las placas de hormigón del patio, eliminando la necesidad de los camiones de abastecimiento, y propiciando una mayor eficiencia a las operaciones de abastecimiento de aeronaves. Junto con el queroducto, se ha implementado, un sistema de alcantarillado en vacío que facilitará la captación de desechos sani-





tarios provenientes de las aeronaves, automatizando las rutinas operacionales de las llegadas de los vuelos.

Edificio Garaje

Se trata de una edificación dispuesta en cinco niveles escalonados, de dimensiones y formas sinuosas, creando amplios terrazas ajardinadas. El edificio sirve también de acceso al terminal de pasajeros, previéndose para sus espacios, además del garaje, funciones diversas que incluyen manifestaciones de cultura y folklore locales, implementada en el piso de la cubierta.

El sistema de operación adoptado ha sido de acceso electrónicamente controlado y automatizado, y circulación de vehículos por medio de rampas, construidas en el vacío central creado en el centro del predio, y que dan acceso a los diferentes niveles del estacionamiento. Para la circulación de pedestres se ha construido, al lado de las rampas, una torre de circulación vertical dotada de cuatro elevadores y una escalera convencional.

El proyecto estructural ha partido del empleo de un proceso repetitivo, para acelerar la construcción y liberar el estacionamiento. Se ha optado por la solución en laja-hongo doblemente nervada, permitiendo techo plano y asegurando la altura de construcción prevista. El espesor total de la laja es de 51,5 cm., sin vigas internas. Esta solución ha garantizado una gran rapidez en la construcción, con la utilización de encofrados de polipropileno, cuyo acabado de hormigón no ha exigido otros tratamientos. Las luces entre pilares son de 15 metros en una dirección y 10 metros en la otra.





Terminal de pasajeros

En el nuevo terminal de pasajeros, se ha buscado crear una edificación que, atendiendo a las exigencias de dimensionamiento y al programa establecido, se caracterizase como verdadera tarjeta de visita para la ciudad de Recife. Se ha propuesto una edificación en cuatro niveles dispuestos a lo largo de los 54.000 m² del terminal; el piso bajo abriga el nivel de desembarque, en el espacio intermedio, entre el piso bajo y el primer piso, está el piso técnico y las circulaciones de desembarque, por encima de él en el primer piso se ha establecido el pavimento de embarque y finalmente se ha dispuesto en el segundo piso el área comercial y el terrazo panorámico.

El edificio consiste en un cuerpo central de 240 m., de longitud por 70 m., de ancho, abrigando el terminal propiamente dicho, caracterizado por una gran apertura cenital elíptica formada en el centro de su cubierta metálica, y grandes paneles de vidrios laminados que garantizan la debida transparencia y constituyen los revestimientos de las fachadas. El conector de embarque y desembarque, compuesto por un gran túnel vidriado con el esqueleto estructural en acero, se desarrolla en dos niveles (el piso superior a nivel de primer piso, para las operaciones de embarque, y el piso inferior, en la cota +4,70 m., para el desembarque de pasajeros), evitando el cruce de los flujos de pasajeros en el sentido inversos, e interconecta el terminal a once puentes de embarque.

El nuevo aeropuerto ha adoptado el concepto de "Aeroshopping", con la implantación de 130 tiendas. La cultura está presente en el detalle del proyecto arquitectónico. La transferencia del panel cerámico "Pastoral" del artista pernambucano Francisco Brennand, que estaba montado en las paredes del antiguo aeropuerto desde 1958, se ha instalado en el nuevo terminal.

El proyecto estructural

El arte de unir el sueño de las formas del proyecto arquitectónico con la realidad de la estabilidad de las estructuras de hormigón ha sido materializado en el detalle estructural de la escalera monumental





construida en el vacío central del terminal. Totalmente en voladizo, con apoyos tan sólo en los pisos, la estructura hace la conexión entre los tres pisos de uso público, y se destaca por la belleza plástica propiciada a la circulación vertical del terminal. La gran cubierta curva se estructura en vigas metálicas apoyadas en astas que nacen de los pilares al nivel del pavimento del segundo piso. La estructura se compone de pórticos enrejados con sección transversal rectangular, espaciados a cada 15 m. Lon-

gitudinalmente, los pórticos están interconectados por vigas con sección igualmente rectangular, y correas también enrejadas que vencen el vano de 15 metros. Todo el conjunto se comporta como una rejilla espacial y se apoya sobre un conjunto de astas rotuladas que forman el árbol de apoyo y convergen hacia las columnas de hormigón. En el centro de la cubierta, se desarrolla un gran cenital con forma elíptica, que se eleva de la superficie de la cubierta, y cubre todo el zaguán principal.

El conector de embarque y desembarque es una estructura metálica en acero patinable y solamente las lajas de pavimento de los dos pisos y las rampas de interconexión en hormigón armado. Toda la estructura funciona con efecto de tubo, a través de pasamanos longitudinales en los vértices del prisma, y diagonales de interconexión. Con una longitud de 510 metros, está constituido por 17 módulos autoportantes de 30 m en acero patinable, con sus conexiones atornilladas. Todo el conjunto se apoya en pilares metálicos con sección tipo "T", montados sobre bloque de hormigón armado ejecutados sobre pilotes de hormigón centrifugado.

El tratamiento arquitectónico dado a las cinco fachadas del Terminal de Pasajeros –consideramos aquí la cubierta como la quinta fachada del edificio, ha buscado unir el arte a los aspectos funcionales. Como el edificio es totalmente climatizado, se ha realizado un estudio detallado para que los revestimientos de las fachadas, en el caso predominante los vidrios, proveyeran una protección contra el exceso de insolación de las fachadas, aliviando la sobrecarga térmica sobre el sistema de aire acondicionado, y garantizando la eficiencia del mismo.





Las fachadas norte y sur han tenido su revestimiento en placas de aluminio, que han garantizado la nobleza del paisaje externo. Sobre estos se han montado marcos de aluminio, en formato de un “ojo” con vidrios plateados que han dado gran belleza y permitido un alumbrado natural al zaguán de embarque. Las fachadas este y oeste son estructuras metálicas inclinadas, revestidas por vidrios. Además del papel estructural, las columnas metálicas tubulares, dispuestas cada 5 metros, funcionan como conductos de escurrimiento de agua pluvial de la cubierta –con la instalación interna de tubos de PVC. En el sentido horizontal, vigas auxiliares soportan los marcos de aluminio y sus inmensos paños de vidrios. En la cubierta del Terminal, en su meollo central, además de cenital elíptica, se ha detallado un cierre lateral revestido como vidrio plateado que garantiza la nobleza de la cubierta y propicia un alumbrado natural en la plaza de alimentación del segundo piso.

La cubierta en tejas de acero prepintadas se apoya sobre el conjunto de vigas metálicas y ha sido exhaustivamente estudiada para proveer el aislamiento termoacústico exigido por el sistema de aire acondicionado y necesario al bienestar de los usuarios. Se formó un “sandwich triple” de tejas metálicas, formado por una teja inferior perforada –con papel adicional de actuar como techo de la cubierta, una chapa metálica lisa intermedia y una teja metálica superior, intercaladas por mantas de lana de vidrio, formando el conjunto termoacústico proyectado. ♦



FICHA TÉCNICA

Promotores:
 Proyecto:
 Empresas Constructoras: Constructora Norberto Odebrecht, S.A.
 Presupuesto:
 Fecha de acabado:

CARACTERÍSTICAS

- Pista de aterrizaje	3.305 m.
- Estacionamiento aeronaves:	26 aviones
- Capacidad:	5 millones pasajeros/año
- Puertas de embarque:	11
- Atención simultánea:	1.500 pasajeros
- Estacionamiento:	2.020 vehículos



El casco histórico de la ciudad de Salta, en la última década del siglo XX, vino sufriendo un proceso de deterioro cercano a la tugurización, debido en parte a la presión ejercida en un área cercana al casco histórico, por la presencia de un centro comercial. Esto sumado a las sucesivas crisis económicas que vivió el país, dio como resultado un creciente desinterés por el centro histórico con su consiguiente pérdida de valor. Se hizo indispensable la intervención a escala urbana sobre un conjunto de tanto valor patrimonial.

Fundamentos históricos

La ciudad de Salta fue fundada el 16 de Abril de 1582 por el Licenciado Don Hernando de Lerma, sevillano, licenciado en derecho, que formó parte de la corriente poblacional del norte. Este conquistador concretó las aspiraciones españolas que desde el Perú enviaron numerosas expediciones con tal fin. Destacamos la primera en 1535 bajo el mando de Diego de Almagro de paso hacia Chile; la segunda lo hizo ocho años después, 1543, bajo el mando de Diego de Rojas. Pero el territorio estuvo habitado, en tiempos pre-hispánicos desde seis mil años antes por gran cantidad de comunidades indígenas. Prueba de ello es que el fundador de Salta debió desalojar una de esas comunidades que habitó en gran parte de lo que Lerma decidió fuera la planta fundacional de la nueva ciudad. Esto, que se considera como el casco histórico de la ciudad ocupó un perímetro de tres manzanas de ancho por siete de largo. Esta cuadrícula de planta romana se mantuvo fiel hasta la segunda mitad del siglo diecisiete, cuando el traslado del río primero Los Sauces dio lugar a una modesta proyección del tejido urbano hacia el sur, proyección que se mantuvo estable hasta la segunda mitad del siglo XX, que es cuando se produce una explosión demográfica con la consecuente expansión territorial. De esta manera se puede afirmar que lo que se denomina casco histórico representa la cédula de identidad de la ciudad de



Salta con aportes y manifestaciones dignas de ser rescatadas desde el punto de vista teocrático, político, social, cultural y económico.

El proyecto persigue los siguientes objetivos:

- Identificar científicamente, en base a la documentación existente, la extensión de casco histórico de la ciudad.



- Recuperar los nombres originarios de las calles para que a través de indicadores especiales compartan con la identificación de los nombres actuales.
- Iluminar el casco céntrico con farolas de estilo colonial, continuando el proceso iniciado en la calle Mitre, frente a la plaza, que fue adoquinada y peatonalizada.
- Identificar los numerosos e importantes lugares relacionados a acontecimientos y personalidades históricas.
- Acompañar a la promoción turística con imágenes del casco histórico.
- Que los ciudadanos salteños, y los visitantes conozcan, respeten y difundan las historias de Salta y su gran aportación a la historia nacional y americana.

La intervención urbana

Salta es una de las ciudades que conserva un abundante patrimonio arquitectónico. Su evolución y crecimiento se produjo en forma equilibrada, conviviendo edificios de distintas épocas, que se constituyeron en magníficos y fieles documentos del transcurso de la historia. El objetivo es ligar armónicamente lo nuevo con lo viejo para conformar un tejido homogéneo unitario, donde se compatibilizan las necesidades de la comunidad y las funciones de cada obra.

La transformación de la plaza central, 8 calles-corredores (40 cuadras) y los 25 principales edificios, implicó una valoración por parte de los ciudadanos y generó el compromiso de cada salteño con su propio pasado y futuro. En una primera etapa se trabajó en la Plaza 9 de Julio y sobre el sector de la calle Mitre que incorporó su recova al conjunto de la plaza principal, transformándose en paseo peatonal. Luego sobre la calle España se recuperó la catedral, el ex banco provincial y la antigua casa ubicada en la esquina con Subiría, que se reconvirtió en el nuevo museo de Arte Contemporáneo de Salta y su planta baja ahora son oficinas de atención al contribuyente.

Plaza 9 de Julio

La construcción de un Centro Comercial en la década de los 90, significó un punto de atracción comercial y social que



desplazó el ritmo vital hacia aquel, que terminó por generar el decaimiento del centro histórico. A esto se le agregó un fenómeno muy particular en un área que hasta ese momento se mantenía deprimida por la presencia del ferrocarril y las actividades ligadas a este (hoteles, bares, restaurantes y comercios de baja categoría). Esta manifestación consistió en la concentración de artesanos urbanos y folklóricos que comenzaron con ferias, pubs, confiterías y locales bailables. El hecho de haber puesto en valor los edificios, la revitalización de la plaza

9 de Julio y el espacio urbano ganado a la comunidad mediante el proyecto la peatonalización de las calles alrededor de la misma, han sido los elementos recuperados del protagonismo desde el punto de vista social, y comercial, del centro neurálgico de nuestro Casco Histórico.

Casa Zuviría y España

La voluntad de rescatar este edificio responde a la necesidad de dotar a Salta de un Museo de Arte Contemporáneo que



permita reflejar y difundir la cultura y la propia creatividad de nuestro pueblo. Se trata de una construcción que data de 1880/1890, diseñada para residencia. Su distribución preveía la vivienda en planta alta, los servicios en la buhardilla, y la planta baja reservada para comercios. La composición de la fachada denuncia una arquitectura ecléctica, propia de fines del XIX, que incorpora elementos "italianizantes" en un planteamiento "académico francés".

Externamente se realizaron treinta y ocho cateos distribuidos en cornisas, molduras, capiteles y muros, a través de los cuales se detectaron los colores originales del edificio, los cuales se usaron para la posterior restauración de la fachada.

Catedral

Esta magnífica obra de fines del s. XIX, manifiesta en líneas generales, una modulación en fachada de columnas y pilastras con tres arcos de medio punto, que denuncian una estructura neo renacentista, juntamente con elementos neo barrocos. Esta combinación es propia de la arquitectura italianizante, característica de este período. En este caso se procedió a una restauración dando prioridad al componente histórico de la obra restituyendo los elementos originales de la misma.

Calle Mitre

Constituye un collage arquitectónico que habla de dinamismo y diversidad. Incluye edificios de segunda mitad del s. XIX hasta segunda mitad del s. XX, donde conviven construcciones eclécticas, academicistas y neo coloniales que fueron insertándose mas o menos armónicamente y que constituyen hitos representativos de diversas épocas. Revalorizar el valor estilístico y arquitectónico de este conjunto, fue una de las primeras tareas que se abordaron para devolverlas su esplendor.

Centro Cultural América y Edificio Day

Construidos en las dos primeras décadas del siglo XX las características de las fachadas denuncian un academicismo francés, manifestado en las mansardas del ático y en todo el tratamiento estético de la ornamentación. A pesar de este planteamiento



miento formal, el eclecticismo característico de la época, se hace presente a través de algunos elementos ornamentales anti-academicistas, como es el caso de los motivos de algunos detalles de hierro de los balcones. La reposición y restauración de mascarones y molduras, reparación de mansardas, impermeabilización de balcones, reposición de crestería de zinc, arreglos en herrería y faroles de hierro, fueron algunas de las operaciones que se llevaron a cabo.

Galería Comercial

Este edificio es un ejemplo de la arquitectura neo colonial en Salta. Esta tipología de muros blancos, balcones de madera, elaboradas rejas de hierro en ventanas, dinteles curvos y zócalos de laja o piedra, marcó una impronta muy fuerte en la identidad de la ciudad. Construido hacia 1939, presentaba su fachada totalmente manchada por el moho y el hollín. En este caso particular, se realizó limpieza del frente, pintura, reparación de molduras y reparación de carpinterías.

Ex Colegio Nacional (Mitre y España)

Fue construido para Colegio Nacional en la segunda mitad del s. XIX, hoy recordado como Museo Arqueológico de Alta Montaña diseñado y equipado especialmente para exponer las momias de Ullilai-

co. Presenta una arquitectura de características "eclécticas". En Salta, este movimiento se extendió desde 1880 hasta 1930 inclusive. Ubicado en la intersección de calles Mitre y España, incorpora arcos ojivales de singulares proporciones, pero dentro de una estructura neo renacentista en la composición de la fachada. Sobre la misma se realizaron tareas de reposición y restauración de molduras en general, cornisas, frisos, balaustrales en pretilles, pináculos ornamentales, y balcones y persianas de madera, que denuncian la antigüedad de la construcción

Cabildo

Constituye el edificio mas emblemático para los salteños habiendo sido durante largo tiempo el símbolo institucional para la ciudad. Las primeras referencias datan del 1620, pero su aspecto actual, es producto de una refacción realizada en el s. XVIII. Una de sus particularidades es la "asimetría" del frente. Los arcos de planta alta, no coinciden con sus ejes, a los de planta baja. Este detalle, imperceptible sin una observación bastante analítica, genera un ritmo alterno sumamente interesante y único. Se intenta además lograr un orden a partir de un eje de simetría a través del tímpano además de un balcón saledizo en correspondencia. El resultado de esta conjunción es que una fachada inquietante, dinámica y de equilibrio positivo, a pesar de la sencillez de sus líneas coloniales. Hoy, Museo Histórico del Norte, es un baluarte de la memoria colectiva.

Iglesia de San Francisco

Si bien la primera iglesia franciscana se erigió a pocos años de la fundación de Salta (1582), en el mismo año donde se encuentra actualmente, la construcción que hoy vemos data del s. XVIII. El campanario de cincuenta y cuatro metros de altura y la ornamentación italianizante del frente son del siglo XIX. La puesta en valor del edificio consistió en la iluminación ornamental y de destaque, interno y externo.

Museo Uriburu

Esta es una típica construcción colonial, de muros de adobe y cubierta de ca-





ñas, Tejas y estructura de madera de pares y nudillos. Su organización en basa a patios es característica de la forma de vida en su época, permitiendo la posibilidad de desarrollar actividades al aire libre. Legado de la tradición mudéjar, los patios se conectan en uno de sus ángulos, quebrando el eje direccional para controlar visuales y dar privacidad entre unos y otros. Si bien el estado de conservación era bueno, se realizó iluminación ornamental, retiro de cajas de medidores de energía eléctrica y cables aéreos; y pintura general del edificio, previa restauración de algunas molduras en pilastras y cornisas.

Museo Arias Rengel

Otro ejemplo importante de arquitectura colonial en la ciudad, la edificación data de mediados del s. XVIII. Se accede directamente al patio principal, donde se encuentra una escalera de madera que conduce a la planta alta. Hoy es la sede del Museo Provincial de "Bellas Artes". Su fachada pretende reflejar, con ornamentación, la importancia y el poder de sus primeros habitantes. Concentrada en el pórtico de entrada con pilastras toscas superpuestas y un casetonado a modo de dovelas, la decoración se diluye hacia los costados, donde ser manifiesta solo con guardapolvos en las ventanas. Se realizó:



Tratamiento anti humedad en muros; reparación de molduras y revoques; retiro de cajas de medidores de energía eléctrica y cables aéreos; pintura e iluminación ornamental.

Central de Policía

Ocupa una manzana completa, manteniendo un único frente principal. El criterio fue el de puesta en valor, utilizando como recurso la eliminación de los revoques descubriendo el sistema constructivo y los materiales utilizados en la época solucionando el problema endémico de humedad.

Escuela Zorrilla

El ámbito donde funciona esta escuela desde principios del XX, corresponde a un edificio de fines del s. XIX cuya modulación de pilastras, grandes aberturas y arcos de medio punto, son acreedores de valores estéticos e históricos, en los cuales se realizaron obras de: pintura general de fachada y carpintería, restauración de molduras, refuerzo estructural en muros de fachada e iluminación ornamental.

Ex Banco de Préstamos

Esta construcción se encuentra dentro del movimiento neo colonial, siendo un exponente típico de esta corriente. Se realizaron trabajos de pintura general de fachada y carpintería, restauración de molduras e iluminación ornamental. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Gobierno de la provincia de Salta
Proyecto:	Unidad Ejecutora Casco Histórico
	- Ingeniería: Gabriela Dapena
	- Arquitectura: Gustavo Giachero
Empresa constructora:	Varios
Presupuesto:	1.350.000 Euros
Fecha de acabado:	31 Agosto 2004

CARACTERÍSTICAS

Obra:

El proyecto persigue:

- Identificar la extensión del casco histórico de la ciudad.
- Recuperar nombres originarios de las calles.
- Iluminar el casco céntrico con farolas de estilo colonial.
- Dar a conocer la historia de Salta.



Se trata de una actuación de regeneración de espacio público urbano que por sus características se constituye en la más relevante de las llevadas a cabo en la Ciudad de Palencia en los últimos años. La importancia de la operación radica en su trascendencia para el conjunto de la ciudad, en su escala en relación con la del resto del núcleo urbano y en utilización responsable de los recursos, primando la preservación de los valores medioambientales. El proyecto tiene como objetivo mejorar la calidad de uno de los espacios urbanos más emblemáticos de la ciudad, dotándolo de una serie de equipamientos que permitan la revitalización formal y funcional del conjunto del casco histórico de Palencia. El ámbito de actuación es una alargada franja de más de 500 m., de longitud y unos 90 m., de anchura media. Su superficie total se sitúa en torno a los 50.000 m². Se trata, junto con la cercana Calle Mayor, del espacio urbano más representativo de la ciudad.

El área, que en su origen –antiguo paseo del Salón del Siglo XIX–, constituía el límite meridional del caso urbano y se situaba fuera de las puertas de la ciudad ha pasado a ser con el desarrollo urbano el centro de gravedad geométrico y simbólico de la capital palentina. Desde la creación del Parque del Salón de Isabel II en 1836 y hasta la ejecución de este proyecto se habían ido sucediendo diversas intervenciones puntuales e inconexas, convirtiéndose en un espacio carente de carácter y necesitado de una importante reordenación funcional. En el interior del ámbito se localizaban diversas instalaciones obsoletas y en desuso: un antiguo almacén de leguminosas, una pista de prácticas de educación vial, un auditorio inservible o diversas edificaciones para usos esporádicos. El desarrollo urbanístico había hecho de esta zona un ámbito dominado por los vehículos, siendo el Paseo del Salón y su prolongación en la Plaza de Pío XII una de las principales vías de tráfico rodado de la ciudad.

Funcionalmente la zona ha de desempeñar los papeles de “pulmón Verde” del



centro urbano y núcleo de conexión del caso histórico con las áreas de crecimiento surgidas a partir de los años 60 situadas al sur. El ámbito de actuación se desarrolla linealmente entre el río y el ferrocarril, tradicionales límites definidores del crecimiento de Palencia. Simbólicamente la zona es además “la puerta de la ciudad” desde uno de sus principales accesos, el que comunica Palencia con Valladolid y Burgos desde la Calle Mayor

Decisiones estratégicas

- Reordenar funcional y simbólicamente el ámbito objeto de proyecto, ubicando en su interior importantes equipamientos urbanos: un aparcamiento público, un centro de salud y un auditorio al aire libre, entre otros.
- Reordenar el tráfico rodado y peatonal en el conjunto del caso histórico de Palencia a través de la intervención en

la zona. Localizar un aparcamiento subterráneo bajo la Plaza de Pio XII, decisión que permite preservar íntegros los valores medioambientales de la zona aunque lleva aparejada una mayor dificultad técnica en la ejecución del aparcamiento por localizarse junto al río. La ubicación del aparcamiento permite además que este se encuentre justamente en el comienzo de la Calle Mayor, principal arteria de la ciudad y centro de la vida de Palencia.

- Mantener y recuperar el carácter y elementos originales del Parque de El Salón: trazados, mobiliario urbano y cobertura vegetal fundamentalmente, procurando para el conjunto un tratamiento actual y contemporáneo que a su vez ponga en valor lo existente.
- Utilizar un modelo que permita una adecuada gestión del proyecto, fragmentando su ejecución y posibilitando su desarrollo.
- Desarrollar el proyecto del parque a partir de un concurso de ideas de carácter público, facilitando así la participación y la información a los ciudadanos.

Objetivos generales de la intervención.....

- Generar un espacio urbano que permita integrar efectivamente las diferentes situaciones que se producen en sus límites: la ciudad vieja y la ciudad nueva, el tejido residencial y los usos rotacionales, los espacios estanciales y las circulaciones, el tráfico rodado y el peatonal.
- Recuperar la unidad funcional del ámbito como espacio aglutinador y simbólico dentro del conjunto de la ciudad.
- Recuperar el carácter estancial y de esparcimiento de toda la zona, reordenando el tráfico rodado y peatonal, lo que supone la reordenación efectiva del tráfico en el conjunto del casco histórico de Palencia, peatonalizando calles y realizando una adecuada pavimentación.
- Recuperar y poner en valor la interesante cobertura vegetal del Parque de Isabel II, preservándola en su totalidad y completándola con nuevas especies y plantaciones.



La ordenación y equipamiento del espacio público urbano del límite sur del casco histórico de Palencia se realiza mediante tres proyectos complementarios:

- Rehabilitación y adecuación del parque de Isabel II "El Salón".
- Aparcamiento para rotación y residentes y vial urbano soterrado en plaza de Pio XII.

- Urbanización de la plaza de Pio XII y su entorno.

El ámbito de actuación de cada uno de los proyectos viene definido por las características de la zona, en la que se diferencian dos espacios principalmente:

- El Parque de "El Salón": Se trata de un parque lineal con una importante y sin-





gular cobertura vegetal, muy adecuada para el esparcimiento de los ciudadanos. Tres paseos lineales configuran la ordenación del parque: el paseo principal, el paseo central y el paseo del instituto. En su interior se localizan un auditorio para actuaciones al aire libre, una biblioteca infantil, un estanque, una cafetería y diversas pérgolas. El pavimento actúa como unificador o diferenciador de las diferentes zonas según sus usos y características.

- La plaza de Pío XII: Es un área de transición que vincula la ciudad vieja con las nuevas zonas residenciales, actúa como "puerta" de la Calle Mayor y relaciona el parque del Salón con el amplio parque recreativo ubicado al otro lado del río, constituyéndose en la prolongación del paseo del Salón. Simbólicamente el agua se convierte en el protagonista del espacio público, una serie de surtidores relacionan este espacio con el cercano río Carrión. Se trata de una gran plaza bajo la cual se ubica un

aparcamiento que resuelve la dotación de plazas de estacionamiento.

Actuaciones generales de rehabilitación

El parque, en su límite noroeste, linda con el Paseo del Salón (antigua Avenida Jose Antonio), que se peatonaliza y se integra al espacio general del parque, desde la calle La Puebla (antigua calle Teniente Velasco) a la calle Colón. Por sus límites nordeste y suroeste, linda con las Avenidas Modesto Lafuente y República Argentina, respectivamente, y en su margen sureste se alinea parcialmente con el terreno del instituto Jorjue Manrique y en parte con la calle Ricardo Cortés y el edificio del arquitecto Jerónimo Arroyo. La actuación sobre el antiguo Parque del Salón ocupa una extensión aproximada de 34.400 m²., con lo que la intervención total de la obra ocupa unos 38.000 m².

La nueva estructuración del Parque articula dos antiguas áreas citadas mediante tres recorridos longitudinales materiali-

zados en tres amplios paseos orientados este-oeste:

- Paseo Principal: recorre el parque en su totalidad paralelo al Paseo del Salón.
- Paseo Central: circula en el eje longitudinal de los parterres históricos y de la rosaleta.
- Paseo de Instituto y de la calle Ricardo Cortés.

En resumen, las operaciones fundamentales que se ejecutan en el parque son las siguientes:

- Peatonalización del Paseo del Salón o antigua Avda. José Antonio.
- Pavimentación de los diferentes paseos.
- Rehabilitación de la vegetación.
- Apertura del Jardín del edificio de Jerónimo Arroyo para uso público.
- Renovación e implantación de una nueva zona de juego de niños



- Ejecución de nuevas instalaciones del parque, con especial atención a la iluminación y al mobiliario urbano.
- Construcción de un estaque de gran dimensión con vegetación acuática específica.
- Disposición de elementos arquitectónicos para diferentes funciones: Biblioteca de niños, Auditorio y Casetas para usos pormenorizados de servicio del parque.

Los paseos

El Paseo Principal se pavimenta con piezas de mármol negro de Calatorao, abujardadas para seguridad de los vianantes. Se conserva el largo banco corrido existente, al que se le realizan unos cortes para integrar al peatonalizado Paseo del Salón. En él, se ubica una pérgola baja de gran longitud que servirá de soporte para futuras ferias, estando prevista la ubicación bajo ella de casetas itinerantes. El Paso Central se pavimenta con piedra cali-

za de Campanero, similar a la de los antiguos bancos con respaldo de forja, que se conservan y se restauran, creando un conjunto armonioso. El Paseo del Instituto, que antiguamente era camino de tierra, oscuro e incómodo, se transforma mediante una nueva iluminación, mobiliario urbano y una pavimentación igual a la del resto del parque, en un grato y romántico paseo lateral.

La gran pérgola

Esta espaciosa estructura de acero galvanizado se implanta sobre el Paseo Central y en la zona de mayor remodelación del parque, constituyendo mediante su altura un dosel metálico equivalente al dosel arbóreo existente en la zona de jardín histórico ("dos cielos y un jardín"). Se sube mediante chapas de acero estirado en frío, con diferentes perforaciones, creando una sombra variable a lo largo del día, que desaparece para dejar paso a los nombres árboles de antaño. Bajo esta pérgola se sitúa el nuevo

jardín de plantas aromáticas y medicinales y se ponen en valor algunas especies que se encontraban casi ocultas, como por ejemplo un extraordinario ejemplar de cercis siliquastrum (árbol del amor). Al final de la pérgola se dibuja un estanque tomado por plantas acuáticas, especies sin representar en el antiguo jardín. El Paseo Central se prolonga a través del estanque por una pasarela del mismo material metálico, conduciéndonos a una nueva plaza donde en un futuro se ubicará una cafetería.

Nueva biblioteca y zona de juego de niños

Se levanta una biblioteca infantil frente a la biblioteca de adultos ya existente en la calle Clavel. Junto a la biblioteca se delimita una zona con terrizo y columpios y una zona de hierba para el juego de niños. Hasta la biblioteca llega un paseo, continuación natural del Paseo del Instituto, que en la zona de juego de niños se puebla con un bosque de troncos de madera pin-





tados con dibujos geométricos, entre los cuales circularán las bicicletas o los triciclos o los monopatines, convirtiéndolo en un paseo lúdico.

El Auditorio

El Auditorio, ubicado en la plaza central de la zona de jardín histórico, forma parte del paisaje de nuevos elementos rotacionales que cualifican al actual Parque del Salón como regeneradores de las áreas marginales del antiguo jardín. Su aspecto estructural, desnudo y descarnado, le define más como caja escénica que como auditorio al aire libre, propiamente dicho. Su configuración resulta soporte de acciones teatrales, musicales, lúdicas, aún más que contenedor de las mismas. La estructura presentada sin máscaras, sin tamices, provoca un contraste que resalta la belleza de las formas naturales de los grandes árboles que le rodean y de los que ha hecho mimesis abstracta. Los esbeltos soportes verticales sustentan una caja de celosía a modo de pajarera, que esconde veladamente la estructura que, en su día, será soporte de la tramoya, del aparataje escénico, de la iluminación. Esa caja aérea elevada contiene unas pasarelas que denotan su estricta funcionalidad. ♦

FICHA TÉCNICA

Proyecto I: Rehabilitación y Adecuación del Parque de Isabel II "El Salón"

Promotor:	Excmo. Ayuntamiento de Palencia
Proyectista:	Carmen Espegel Alonso - Arquitecto Ana Espegel Alonso "
	Eloy González Acinas "
Empresa constructora:	Hormigones Saldaña, S.A.
Presupuesto:	3.472.071,93 Euros
Fecha de acabado:	Agosto 2004

Proyecto II: Urbanización de la Plaza de Pío XII y su entorno.

Aparcamiento rotación y Residentes. Vial urbano Soterrado en Plaza Pío XII

Promotor:	Excmo. Ayuntamiento de Palencia
Proyectista:	Miguel Angel Arranz Alonso - Arquitecto Luis Arranz Algueró "
Empresa constructora:	Construcciones Arranz Acinas, S.A. Agua Medio Ambiente, S.A.
Presupuesto:	5.955.048,16 Euros
Fecha de acabado:	Mayo 2004

CARACTERÍSTICAS

Proyecto I

Superficie construida:	37.575 m ²
------------------------	-----------------------

Proyecto II

Superficie construida:	
Urbanización	9.375 m ²
Aparcamiento	10.608 m ²
Vial Soterrado	1.035 m ²



Ubicado en el oeste del Centro Histórico de Málaga junto al río Guadalmedina y el Puerto de la ciudad. El Mercado de Mayoristas de Málaga fue realizado por el arquitecto Luis Gutiérrez Soto, uno de los máximos representantes de la arquitectura racionalista española. A finales del siglo pasado, el Mercado de Mayoristas deja de cumplir la misión para la que fue creado. A partir de ese momento comienza una rápida degradación del inmueble, motivada tanto por la falta de mantenimiento como por ser ocupado por población marginal que provocan continuas agresiones en el edificio. Ante la situación límite en la que se encuentra el edificio, el Ayuntamiento redacta un proyecto de restauración que respete la originalidad y la estética del inmueble y los grandes espacios que lo hacen singular, para la expansión cultural de la ciudad.

El nuevo edificio va a posibilitar un cambio radical en el espacio urbano transformando favorablemente las condiciones socioeconómicas de la zona y mejorando ostensiblemente la calidad de vida de los ciudadanos: se realiza una nueva ordenación de calle, se eliminan aparcamientos aumentando la peatonalización y creando una gran plaza en la fachada principal del edificio, destinada a albergar grandes esculturas que será la antesala del Centro de Arte Contemporáneo. Se realizan importantes actuaciones en la parte colindante del cauce del río Guadalmedina, que dan como resultado un nuevo entorno atractivo que responde a las necesidades de una gran ciudad.

Para acometer este ambicioso plan, es necesario realizar sobre el edificio, dos tratamientos distintos, ya que por una parte hay que acometer un cambio de función del inmueble, que pasa de ser mercado de abastos de la ciudad a Centro de Arte Contemporáneo y por otra es necesario consolidar la estructura y recuperar sus elementos protectores –cubiertas, cerramientos–.

La actuación integral llevada a cabo en el Mercado de Mayorista y su entorno han reportado importantes beneficios para la ciudad en una triple vertiente:



Puesta en valor del Patrimonio Urbano: El Mercado de Mayoristas de Málaga es incluido en el Catálogo de Patrimonio Histórico de la Junta de Andalucía en el año 1987, obteniendo la Catalogación de Bien de interés Cultural. Por su parte, el Ayuntamiento de Málaga dotó al edificio de una protección de carácter interal, máxima protección que las normativas municipales confieren a un inmueble.

Regeneración urbana y social del entorno: La recuperación del antiguo Mercado de Mayorista ha supuesto un cambio radical de la imagen de la zona. La actuación integral a la que ha sido sometido, ha creado un efecto sinérgico convirtiendo el CAC Málaga y su entorno en cita obligada de las actividades culturales y en uno de los puntos más destacados dentro de las rutas turísticas culturales de la ciudad.

Dotar a la ciudad de una nueva infraestructura cultural: El Centro de Arte Contemporáneo de Málaga es una iniciativa cultural del Ayuntamiento de Málaga que

tiene como objetivo la difusión de las artes plásticas de los siglos XX y XXI. Se concibe como un proyecto pionero en España, basado en el modelo alemán de "Kunsthhaus" que se caracteriza por su dinamismo y la importancia concedida a la reflexión y divulgación del arte contemporáneo.

Descripción funcional

Tanto funcionalmente como formalmente, el edificio es completamente simétrico, estructurándose en tres zona, marcadas por volúmenes diferentes y con un eje longitudinal que los relaciona. Consta de tres plantas más torreón. En planta baja se sitúa el vestíbulo de entrada al que se accede desde una portada de proporciones monumentales.

Desde el vestíbulo se inicia el eje de comunicación que da acceso al bar-cafetería, espacios de apoyo, tiendas, conserjería, seguridad y a las dos escaleras de comunicación vertical, en la intersección del eje generador y el arco que contiene el

eje de las escalera se proyecta un ascensor panorámico, con cerramientos de cristal, que comunica los cuatro niveles del edificios y que, además, cierra visualmente el acceso desde la puerta a la sala.

Entre el vestíbulo y la sala de exposiciones, coincidiendo con la proyección del balcón superior, se proyecta un cerramiento opaco y móvil que posibilita la independencia entre la sala y la zona de entrada. Desde las dos escaleras laterales, se accede a un vestíbulo de planta primera que, a través de un balcón, domina todo el espacio de la sala de exposiciones y da acceso a un espacio con mayor altura y proporciones idóneas para su utilización como salón de actos, sala de conferencias, reuniones, etc.

A la planta segunda solo se accede desde la escalera este, se sitúa sobre el vestíbulo de la primera y a media altura del salón de actos. Toda la planta se deja diáfana para utilizarlo como sala de protocolo y recepciones.

A través de una escalera secundaria se accede a una primera planta existente en el torreón, que debido a las dimensiones de la misma y a la altura necesaria para el hueco del ascensor, se utilizará únicamente como acceso a la terraza situada sobre el techo del salón de actos y como paso para acceder a la escalera que comunica con la planta superior, que en un principio, era el depósito de acumulación y regulación de agua, y que en proyecto se utilizará para colocar la evaporadora del aire acondicionado.

Volumen principal o multiuso.

Esta zona se corresponde con el espacio dedicado a la antigua lonja de venta y contratación. Todo el espacio se conserva diáfano para poder compartimentarlo en función del motivo concreto a exponer que se le de en cada momento. La modificación mas significativa de este volumen consiste en el cerramiento de la crujía del fondo mediante un tabique situado en la proyección de la viga intermedia de dicha crujía, con el mismo tratamiento de las dos fachadas longitudinales, consiguiendo una lectura homogénea y unitaria de todo el espacio triangular conformado por los tres cerramientos similares. Con el cerramiento descrito, se crea un pasillo de ser-



vicio que posibilita la iluminación cenital de la zona de administración del sótano y da acceso a distintas dependencias proyectadas en el cuerpo de menor altura de calle Navalón.

Coincidiendo con los dos espacios simétrico, que reservaba Gutiérrez Soto para

básculas de camiones, se coloca, en la esquina con la fachada al río, un montacargas que comunica con el sótano y el centro de transformación, con acceso desde la calle y en la esquina opuesta se adapta una subida de vehículos de acceso hasta el nivel de la lonja.





El resto de la crujía se acondicionan como dos aulas taller para prácticas según el uso en cada momento, en las que se proyecta la iluminación cenital mediante tres lucernarios en cada una de ellas, siendo éstos, los únicos elementos nuevos que se diseñan visibles desde el exterior.

Planta sótano

En el sótano se conservan las cámaras y almacenes más representativos, dotándoles del mismo uso. Las más pequeñas, situadas bajo la crujía de servicio de planta baja, se modifican para adaptar el espacio al programa funcional descrito. Debido a la necesidad de ocupar dicha zona del sótano, y con objeto de iluminar de forma natural, se abren lucernario en el techo para iluminar la zona central a través de la



celosía de la planta superior y se abren nuevos huecos en las paredes de los muelles de carga correspondientes, de las mismas características y dimensiones que los existentes en los alzados Este y Oeste. Junto a la escalera de comunicación con la planta alta, se colocan los servicios y vestuarios del personal. Se comunica con la planta baja mediante un montacargas hidráulico y una escalera, colocadas simétricamente respecto al eje del edificio.

Se recuperan las dos rampas de acceso existentes en un principio, utilizándolas como fueron concebidas, es decir, una de entrada y otra de salida de vehículos, los cuales pueden ser tanto de entrada como de salida de mercancías, como de acceso restringido para autoridades.

Construcción

Dentro del marco global de la Restauración del edificio se deben distinguir tres grupos principales de actuación: recuperación exterior de fachadas y cubiertas, restauración del interior y adaptación del entorno urbanístico inmediato para adecuándolo al edificio. Todas las soluciones constructivas propuestas en el presente proyecto responden a dos factores primordiales.

En primer lugar solucionar un problema constructivo y estructural evidente, de forma que se conserve exhaustivamente el espacio y la volumetría interior y exterior. En este sentido, el diseño de todos los refuerzos necesarios para recuperar la estructura, han estado condicionados por la premisa de no modificar lo más mínimo los elementos originales. Por otro lado, en los casos muy puntuales en los que se han tenido que introducir elementos nuevos, de entre todas las posibilidades constructivas existentes, se ha optado por el criterio de emplear formas y materiales que se integren con las preexistentes, de forma que se diferencie claramente la actuación nueva pero que no desentone de lo existente.

También se adecuó el entorno urbano inmediato, dando un tratamiento unitario mediante un acerado perimetral a todo el edificio y posible peatonalización de la calle Navalón. Está dotado con arbolado y todo tipo de instalaciones urbanas necesarias. ♦



FICHA TÉCNICA

Promotor:	Ayuntamiento de Málaga
Proyecto:	Arquitecto: Miguel Ángel Díaz Romero
Aparejador:	Pablo Pastor Vega
Ingeniero:	Gonzalo Martínez de Toledo
Empresa constructora:	GEOCISA
Presupuesto:	7.000.000 Euros
Fecha de acabado:	Febrero 2003

CARACTERÍSTICAS

Total construido:	6.595,89 m ²
-------------------	-------------------------





El Palacio de Ferias y Congresos de Málaga es una apuesta decidida por la arquitectura, en la búsqueda de un contenedor-multiusos para actividades terciarias relacionadas con la celebración de ferias de muestras, congresos y exposiciones. Con ello, la ciudad de Málaga estructura y refuerza su capitalidad sobre la conurbación de la Costa del Sol, al canalizar flujos del desarrollo económico, social y cultural de la misma, que históricamente le habían permanecido ajenos.

Situado junto a la ronda Oeste, una de las principales arterias de comunicación urbana, este edificio se ha convertido, desde el propio proceso constructivo, en una parte inseparable del paisaje de la ciudad. Se ha pretendido una arquitectura de gran riqueza formal, que le confiere una enorme capacidad expresiva, que no rigidiza su esquema funcional, versátil y capaz de adaptarse a las diversas actividades a desarrollar, entre las cuales se incluyen las de fomento de relaciones en el marco de convergencia de la Unión Europea con las regiones del Magreb. Para garantizar esta versatilidad, el programa de usos del edificio se enriquece con espacios específicos para el desarrollo de actividades complementarias, de tipo logístico, administrativo, corporativo, etc., todo ello en el marco de las nuevas tecnologías, así como con elementos característicos de este tipo de eventos como es la zona de accesos y

aparcamiento de vehículos, que garantiza el adecuado funcionamiento de esta implantación, en función de la importante afluencia previsible de visitantes.

La idea de proyecto aparte de la necesidad de una flexibilidad total del espacio en cuanto a la adaptación de sus instalaciones para cualquier tipo de evento relacionando con las ferias de muestras y congresos, a nivel internacional. Se proyecta un edificio contenedor estructurado en dos módulos de exposición interconectados mediante un patio central, con capacidad a su vez de convertirse en tercer espacio de exposición, al tiempo que permite el funcionamiento conjunto o separado de los módulos.

Para cubrir estos espacios se eligen unas formas dinámicas ondulantes, irregulares, aristadas. La estructura metálica que soporta la cubierta, como esqueleto que da forma al volumen exterior, y como estructura vista hacia el interior, se convierte de esta manera en elemento clave del proyecto, caracterizando los espacios expositivos, mediante elementos lineales de gran lirismo que, en sus formas ondulantes formadas por la superposición de espinas, incorporan el tema del color en los espacios interiores generados por la arquitectura.

Este empeño por caracterizar la arquitectura, se realiza desde el convencimiento de que el edificio se ha de configurar

como elemento singular de referencia, para poder contribuir a consolidar la imagen de desarrollo, progreso, tecnología... que Málaga aspira a proyectar en su entorno, aspiración a que ha sido contratada y reafirmada para este caso concreto por el cliente, el Ayuntamiento de Málaga. Tanto es así, que en un entorno heterogéneo, con importantes dosis de desorden urbano, el edificio del Palacio de Ferias y Congresos, se convierte en un elemento emblemático, ordenador de crecimientos, capaz de articular con su personalidad mediática, las futuras actuaciones urbanísticas que se empiezan a producir a su alrededor.

Las conexiones viarias e infraestructurales con la red viaria del entorno no están resultando a día de hoy, por concurrir circunstancias de estructuración del entorno, como es la propuesta de soterramiento de la llegada a Málaga de la línea de alta velocidad (AVE), que resolverá la conexión de este espacio con la Ronda Oeste, permitiendo la accesibilidad rodada desde cualquier dirección de la forma más directa posible.

Adentrándonos en el edificio, en planta baja se ubican los espacios principales del complejo, cuyos elementos fundamentales son los dos módulos destinados a la celebración de galerías y exposiciones, previstos de distintas capacidades al objeto de flexibilizar su uso empleando zonas en función



de las necesidades de cada evento, lo que constituye una superficie global del orden de 20.000 m² de espacio expositivo. Estos módulos están situados de forma contigua compartiendo el módulo de aseos y situados junto al patio central del conjunto. El patio, situado inmediatamente después del vestíbulo principal de acceso, sirve de elemento centralizador de los distintos elementos, accediéndose desde la galería que lo rodea también a la zona de salas de convenciones.

Interiormente, el edificio se desarrolla con excelentes calidades, habiéndose conseguido un magnífico resultado acorde con las aspiraciones que en este edificio tiene puestas la ciudad de Málaga. Las cuatro salas de conferencias, con capacidad para 1000+700+350+350=2400 personas completan el conjunto de elementos principales. Como zonas de servicio a lo elementos indicados se sitúan las zonas de cafetería y comida rápida vinculadas a los módulos de exposiciones, así como el restaurante ubicado el Oeste del vestíbulo principal. Finalmente tiene especial importancia, como zona de preparación de exposiciones, albergando los oficios vinculados al montaje de las actividades a desarrollar, la zona de mantenimiento y talleres con sus servicios.

Como complemento del programa de uso de la planta baja, se dispone un nivel de entreplanta, con una zona de despa-



chos y salas de reuniones destinados a albergar actividades relacionadas con los eventos que han de celebrarse, así como un ala técnica al servicio de las zonas de mantenimiento. Situada sobre la zona de salas de convenciones, aunque con posibilidad de acceso independiente, se ubican las oficinas principales del complejo, que se configuran exteriormente como una superposición de fragmentos arquitectónicos, dando como resultado uno de los elementos más significativo del edificio. Las canalizaciones de infraestructura, que deben maximizar las opciones, se localizan en amplias galerías subterráneas, con dimensión suficiente para la entrada de vehículos y maquinaria en caso de averías sin dificultar el funcionamiento de los espacios de exposición.

La propia naturaleza del edificio, entendido como la resultante de cubrir dos grandes espacios mediante un juego de cubiertas ondulantes, fue el germen a partir del cual se configuró el proyecto definitivo, resulta finalmente mediante una cubierta li-





gera de zinc en los módulos de exposiciones y planchas de titanio en los diversos volúmenes que componen la torre de oficinas. Las soluciones de proyecto, se perfilan ya en los primeros bocetos infográficos, centrados por una parte en la idea de objeto arquitectónico, y por otra, en la idea de sofisticación tecnológica, que al cabo se reconoce en el proyecto mediante aportaciones de primera línea, realizadas por las ingenierías especializadas Esteyco en estructuras y Goymar en instalaciones.

En este edificio, Asenjo y Asociados diseña un buque urbano cuya imagen mediática se proyecta sobre el entorno en que se implanta, configurándolo con la elegancia que merece su simbólico papel, al estar situado en la visual de uno de los principales ejes de comunicación de la ciudad, como es la Ronda Oeste. Entender el Palacio de Ferias y Congresos como elemento emblemático en base a su singularidad y carácter, es asignarle la cualidad de hito, capaz de configurar visualmente

el entorno en que se implanta. En una visión del edificio desde la zona de accesos, contrasta la ligereza de los volúmenes ondulantes que conforman su cuerpo escul-

tórico, con la solidez y rotundidad de la torre de oficinas, que se asoma a modo de faro sobre el gran espectáculo de las cubiertas. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Empresa Municipal de Iniciativas y Actividades Empresariales de Málaga (PROMALGA, S.A.)
Proyecto:	Estudio de Arquitectura y Urbanismo A. Asenjo y Asociados, S.A.
Empresa constructora:	Nesco Entrenacanales y Cubiertas, S.A.
Presupuesto:	69.000.000 Euros
Fecha de acabado:	Mayo 2003

CARACTERÍSTICAS

Obra:	Emplazamiento: Avenida José Ortega y Gasset – Ronda Oeste de Málaga.
	- Superficie construida: 62.000 m ²
	- Usos:
	Módulos Exposiciones: 17.300 m ²
	Accesos – Patio Central: 11.300 m ²
	Auditorios – Salas Conferencias: 5.900 m ²
	Oficinas: 7.500 m ²
	Restauración: 6.700 m ²
	Instala. – Mantenimiento – Control: 10.000 m ²
	Carga – Descarga: 3.300 m ²



El Multiusos Sánchez Paraíso se sitúa dentro del núcleo urbano de la ciudad de Salamanca, en un solar situado en la Avenida de los Cipreses y ha sido promovido por el Excmo. Ayuntamiento de Salamanca con motivo de su designación como ciudad europea de la Cultura del año 2002.

La dificultad que representaba la forma y dimensiones del solar en el que debía situarse se ha resultado satisfactoriamente, resolviendo el encuentro y relaciones con las edificaciones próximas, sin renunciar a la singularidad que un edificio de estas características deber tener. De ahí el esfuerzo por definir la cubierta de gran porte bajo la que situar las dependencias de mayor tamaño e importancia, como la pista deportiva central y las gradas para público, elementos esenciales del Multiusos.

En la elaboración del Proyecto se ha tenido especial cuidado en la que la forma y características geométricas y arquitectónicas de los edificios faciliten su funcionamiento como un verdadero edificio Multiusos. Es cierto que la utilización de las

instalaciones para competiciones deportivas requiere que los espectadores se asienten por las cuatro caras de la pista de juego, para dar calor a los atletas. Sin embargo para su utilización como espectáculos musicales teatrales, etc., dicha organización debe ser más focal y dirigida hacia un solo vértice. Compaginar ambas geometrías resulta complejo. Se ha adoptado el criterio de que para rodear la pista de juegos se utilizaran gradas escamoteables retráctiles, para una capacidad de alrededor de 3000 espectadores lo que, por otro lado, será superior a la afluencia media prevista para competiciones de ámbito local o regional. Sólo en competiciones de otra índole se llenará el aforo disponible de unos 6000 espectadores que se alojarán también en la grada fija colocada en uno de los laterales de la pista, lugar desde donde la vista del juego puede ser más favorable.

En la pista central se podrán celebrar competiciones deportivas de toda índole, baloncesto, balonmano, trial, indoor, tenis, patinaje sobre hielo, etc., o conciertos mu-

sicales, representaciones de ópera o teatro, con solo abrir o recoger las gradas y adaptarlas a cada una de ellas.

Para la configuración volumétrica del Multiusos se ha dispuesto un zócalo que ocupa la casi totalidad de la parcela. Se trata de un volumen de base triangular, prácticamente hermético, revestido de paneles prefabricados de hormigón en todas sus caras, en consonancia con el tipo de instalaciones que alberga, que no necesitan una conexión tan directa con el exterior. La cubierta plana de dicho volumen si sitúa en la cota +820,80, desde la que el público accede a la sala principal del recinto deportivo y constituye una plataforma visitable a modo de mirador sobre los terrenos circundantes.

Sobre el zócalo sobresales, o se posa, la cubierta. Es el elemento más característico y singular del edificio, formado por una gran concha que le confiere la personalidad y representatividad necesaria para distinguirlo y destacarlo en su contexto. La estructura de la cubierta está construida con una malla espacial metálica y la cubri-

ción con panel sándwich mixto de chapa de acero grecada, capa de aislamiento interior y terminación con bandejas de aluminio. En el centro de la pista de juego se han dispuesto tres grandes lucernarios transversales previstos para iluminación natural de la misma y para ventilación mediante ventanas motorizadas accionadas automáticamente, en función de la demanda del sistema de climatización.

La envolvente de la parte de edificación que sobresale sobre el zócalo es un gran muro cortina que emerge de aquel y se eleva en toda la altura de la fachada en la zona posterior, para facilitar la iluminación y las vistas desde la zona de circulación del público bajo las grandes fijas. Aprovechando la pendiente de las calles que rodean el solar se disponen entradas al edificio en distintas cotas.



Descripción de las obras

Planta Cota +828,18

Corresponde al acceso a la parte más elevada de las gradas fijas. Desde este nivel se podrá disfrutar de una vista despejada de la ciudad de Salamanca a través del muro cortina acristalado que cierra la fachada por esta zona. Se llega a este nivel por las dos escaleras que flanquean las entradas posteriores.

Planta Cota +824,94

Este nivel intermedio permite situar dos grupos de aseos APRA uso de los usuarios de las gradas fijas, a que se accede por las mismas escaleras generales de subida a la parte alta de la grada.

Planta Cota +821,70

Esta planta coincide con la cubierta transitable del zócalo que rodea el edificio. Se accede a través de una gran escalinata con una rampa lateral que nos conduce a la entrada principal. Esta plataforma constituye un espaciosos y amplio mirador que envuelve al edificio en todo su perímetro, y es donde se han situado las entradas de público al edificio para asistir a las competiciones deportivas o espectáculos. La entrada principal se ha ubicado donde la cubierta es mas baja. Se entra a través de

un amplio porche que conduce a un gran vestíbulo desde el que acceder a los pasillos laterales que envuelven la pista de juego y las gradas fijas situadas frente a la entrada, arrancan desde esta cota.

Planta Cota +818,20

A ambos lados del edificio, aprovechando al pendiente de la parcela, se dis-

ponen unos porches de entrada que cubren las taquillas del Multiusos y los accesos de la cafetería y restaurante. Desde el restaurante se podrá contemplar todo el interior del pabellón. La cafetería-restaurante podrá funcionar independientemente al resto del edificio, (dispone de aseos, cocina y almacén con entrada desde el exterior o integrarse en el conjunto del mismo. El resto del espacio disponible de este ni-





vel, situado debajo del graderío alto, se reserva para ubicar en él las dependencias de uso restringido, a las que se accede mediante escalera y ascensores desde la planta cota 814,70 y que son las siguientes: sala de prensa, palcos o cabinas de radio y TV, cabina general de control de las instalaciones de megafonía, sonido e iluminación, zona de descanso, aseos y acceso a la zona VIP y palco de autoridades.

En un bloque aparte, separado por la calle interior cubierta, se disponen otras dependencias complementarias a las que se accede por medio de una pasarela que las comunica al interior del edificio. Cuenta así mismo con entrada independiente situada en la fachada posterior (-818,20) dotada de ascensor y escaleras que la comunican con las plantas inferiores.

En el extremo opuesto del edificio se ha dispuesto la parte superior de la zona de instalaciones donde se han ubicado las máquinas más ruidosas y molestas que disponen de escalera propia para comunicarse con el resto del complejo. En los costados se ha reservado los locales a doble altura para ubicar las climatizadoras necesarias para el funcionamiento del sistema de climatización de todo el conjunto.

Planta Cota +814,70

Este nivel alberga las dependencias necesarias para satisfacer el uso diario del conjunto destinado a la práctica deportiva





de mantenimiento o competición. También para resolver los problemas generados en la celebración de otros eventos, que ocasionan grandes concentraciones de público. Para el funcionamiento diario del conjunto se ha dispuesto una entrada con control de acceso de usuarios mediante tornos, conectada mediante escalera y ascensores con el resto de las plantas. Para el acceso a las salas situadas en la cota +818,20 se ha dispuesto una escalera que arranca desde el vestíbulo de entrada de usuarios, previo a los tornos de control, que se conecta igualmente con los ascensores y escaleras de acceso al aparcamiento.

Las dimensiones de la pista de juego permite su ocupación con gradas retráctiles cuando la totalidad del espacio no es necesario. Cuando se necesita disponer de todo el espacio estas gradas se recogen en los nichos previstos al respecto. Entre la pista de juego y los vestuarios se han ubicado aquellas dependencias de uso diario del Multiusos, como son los gimnasios y los almacenes.

La iluminación natural se efectúa a través de los lucernarios de la cubierta y de las fachadas circundantes a la pista. La ilu-

minación artificial se realiza con proyectores de halogenuros metálicos con varios encendidos para alcanzar entre 400 y 1.200 lux.

En la fachada posterior de este nivel se sitúa el acceso directo de los camiones para carga y descarga en el Pabellón Multiusos cuando así se requiera. La calle de circulación de estos camiones es una zona cubierta y espaciosa de 8 metros de ancho. Para el acceso al garaje situado en las plantas inferiores se ha dispuesto una

rampa de salida-entrada en la fachada posterior y dos escaleras, una de ellas con ascensor apto para minusválidos.

Planta Cota +811,55 y +808,40

En este nivel se sitúan los aparcamientos que tienen una capacidad para 106 plazas en la cota +808,40 y 100 en la cota +811,55 que disponen de acceso directo desde la calle, o desde el propio edificio, mediante escaleras y ascensores. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Excmo. Ayuntamiento de Salamanca.
Proyecto:	Dr. Arquitecto: Xosé Manuel Casabella López
Empresa constructora:	Constructora San José, S.A.
Presupuesto:	15.053 Millones de Euros
Fecha de acabado:	Diciembre 2002

CARACTERÍSTICAS

Obra:	Pabellón polivalente para usos múltiples, culturales, deportivos y actividades diversas.
	- Aforo para 6.000 espectadores.
	- Aparcamiento subterráneo para 200 plazas. 25.000 m ² construidos.
	- 25.000 m ³ construidos.