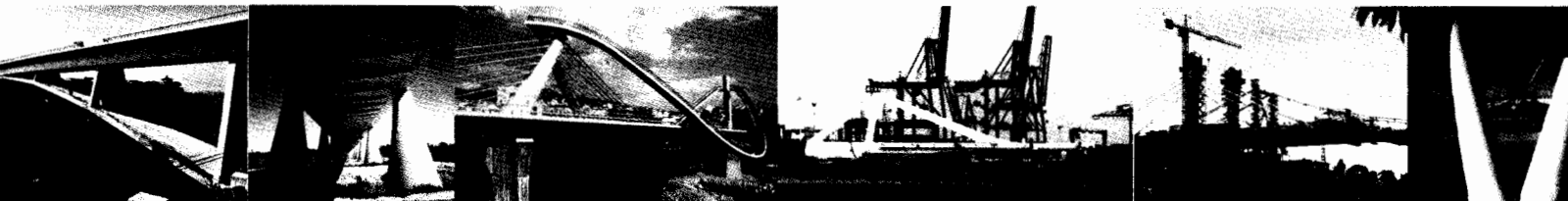


# PROYECTOS PRESENTADOS

## CONVOCATORIA 2000-2002

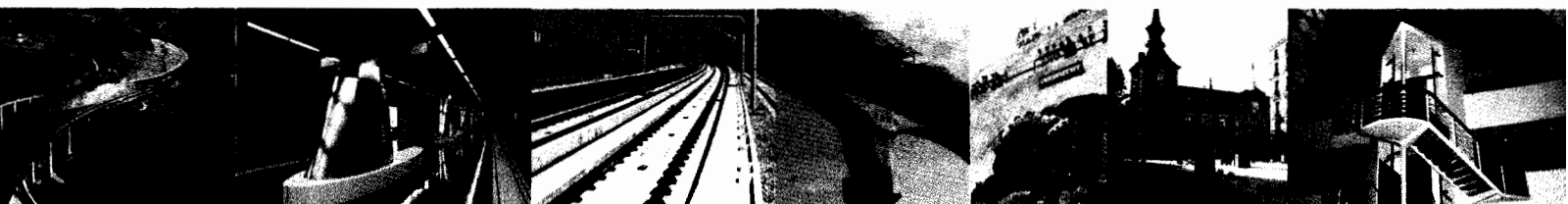
### — SÍNTESIS —

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



## RELACIÓN DE PROYECTOS

		Pág.
1.	PUENTE INFANTE D. HENRIQUE SOBRE EL RÍO DUERO. OPORTO .....	82
2.	PUENTE SOBRE EL RÍO EBRO EN LA L.A.V. MADRID-BARCELONA-FRONTERA FRANCESA .....	88
3.	NUEVO PUENTE SOBRE EL RÍO MIÑO: PUENTE DEL MILENIO. ORENSE .....	95
4.	PUENTE MÓVIL EN EL PUERTO DE VALENCIA .....	101
5.	PUENTE JUAN BOSCH SOBRE EL RÍO OZAMA EN SANTO DOMINGO .....	106
6.	NUEVOS PUENTES DE LA RONDA DE LA HISPANIDAD. ZARAGOZA .....	112
7.	VIADUCTO PIPIRAL. CARRETERA BOGOTÁ-VILLAVICENCIO .....	119
8.	PIEDRAFITA: PUENTES DE COMUNICACIÓN. AUTOVÍA DEL NOROESTE A6. TRAMO: VILAFRANCA DEL BIERZO-CEREIXAL .....	123
9.	AUTOPISTA M-45. MADRID .....	131
10.	PROLONGACIÓN DE LA LÍNEA 3 DEL METRO. BARCELONA .....	136
11.	METRO SAO PAULO. LÍNEA 5: LILAS-ÁREA SUL .....	140
12.	AMPLIACIÓN DE LA PISTA DEL AEROPUERTO DE MADEIRA .....	143
13.	PROYECTO DE APROVECHAMIENTO MULTIPLE DEL RÍO MAO. PROVINCIAS DE SANTIAGO Y SANTIAGO-RODRÍGUEZ .....	144
14.	TRASVASES DE LOS RÍOS CHONE Y PORTOVIEJO. PROVINCIA DE MANABÍ .....	149
15.	RECUPERACIÓN URBANA Y AMBIENTAL DE LA PLAYA DE RAMOS. RÍO DE JANEIRO .....	151
16.	LA PLAZA MAYOR Y SU ENTORNO, URBANIZACIÓN E INFRAESTRUCTURA. MADRID .....	154
17.	PROYECTO TRANSMILENIO. EL SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO DE BOGOTÁ .....	158
18.	PARQUE TERCER MILENIO. BOGOTÁ .....	160
19.	SEDE ADMINISTRATIVA DEL CONSEJO PROVINCIAL DE EDUCACIÓN. BELGRANO Y COLÓN. PROVINCIA DE NEUQUEN .....	163
20.	CENTRO DE EXPOSICIONES: ANTIGUO MERCADO SUR DE GUAYAQUIL .....	165
21.	CENTRO DE COORDINACIÓN Y CONTROL DEL TRÁFICO MARÍTIMO Y SEGURIDAD. ALGÉS. LISBOA .....	167
22.	DIQUE FLOTANTE DE ABRIGO EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN Y PRETENSADO .....	169





## PUENTE INFANTE D. HENRIQUE SOBRE EL RÍO DUERO

(OPORTO-PORTUGAL)

Cualquier texto o memoria sobre la ciudad de Oporto también es, inevitablemente, un texto sobre el río Duero. Y hablar de Oporto es hablar de Gaia, la ciudad-gemela en la margen sur del río. Ha sido por él y a través de él que se formaron las dos ciudades, crecieron y, naturalmente, se dividieron. El río Duero ha sido un factor fundamental de unión y división, para ambas, así como el eslabón de desarrollo económico, estético y funcional. Junto al río, Oporto se convirtió en la ciudad de los puentes. Si el río era para Oporto la unión entre el Este y Oeste, el trayecto para el mar, los puentes han venido a ayudar a concluir la rosa-de-los-vien-

tos, facilitando el paso entre el Norte y el Sur.

A lo largo de los siglos, las poblaciones ribereñas de Oporto y Gaia han tenido la necesidad y el deseo de comunicarse entre sí. La travesía, como en todas las partes, se hacían en barcos y balsas. A partir de 1744 se establece una carrera regular para el paso entre Oporto y Gaia. En 1806 se construyó un primer puente de *barcas* con carácter permanente. Únicamente en épocas de inundación se desmontaba.

**El Puente Colgante** fue el primer puente permanente y también el más efímero. Entró

en servicio en 1843, y a los pocos años ya se sospechaba de su seguridad a causa de la oxidación rápida e intensa de sus componentes metálicos. Oficialmente designado como Puente Dña. Maria II, el puente se ubica desviado de los centros de gravedad de las zonas que serviría. Este emplazamiento se mostraba más ventajoso porque correspondía a dos macizos rocosos que se elevaban sobre el nivel de las grandes avenidas. El proyecto y construcción se deben al ingeniero Stanislas Bigot.

**El Puente Maria Pia** es el más famoso puente de Oporto, la primera gran obra de Gustave Eiffel, y un hito esencial en la historia





de los puentes. De una extraordinaria ligereza, es un arco bi-articulado que sostiene el tablero ferroviario de vía sencilla a través de pilares en celosía. La altura de la sección transversal del arco presenta una variación bastante acentuada, siendo máxima en el cierre y mínima en los arranques. El arco salva un vano de 160 metros, lo que constituyó un nuevo record mundial y se construyó en un período increíblemente corto: La inauguración solemne se dio el 4 de Noviembre de 1877 por los Reyes D. Luís e Dña. Maria Pia, de quién recibió el nombre. El puente estuvo en funcionamiento durante 114 años, hasta la transferencia de los trenes por el Puente de S. João, en 1991.

**El Puente Luiz I**, algunos años después de la obra-prima que fue el Puente Maria Pia, no se pudo dejar de considerar notable, no sólo por la grandiosidad, en lo que es comparable con aquella, pero sobretodo por dos razones relacionadas con el ingenio de la gente de entonces. La primera, verdaderamente brillante, de construir un puente doble, aprovechando la peculiar topografía de las márgenes. La segunda, el haber exigido que para una obra tan importante se hiciera un gran concurso in-

ternacional, con libertad de concepción limitada apenas a la referida exigencia de establecer la conexión de dos cotas distintas. Salió ganadora la propuesta de la empresa belga "Société de Willebroeck", que presentó a concurso dos variantes, ambas proyecto del ingeniero Théophile Seyrig. Con 172 metros de cuerda, tiene 44,6 metros de flecha. En altura fue el arco más grande del mundo y sigue siendo el más grande de los construidos en hierro forjado. A partir de entonces, la mayor parte de los puentes de grandes luces pasaron a utilizar el acero. Fue inaugurado el 31 de Octubre de 1886.

**El Puente da Arrábida**, inaugurado solo 77 años después en la ciudad de Oporto, es el primer puente de hormigón armado. Un doble arco que sostiene la viga continua que constituye el tablero. Es una obra impresionante, cuya luz de 270 metros fue durante algún tiempo el record mundial para puentes en arco de hormigón armado. La flecha del arco es de 52 metros y el tablero se eleva a casi 70 metros sobre el nivel de las aguas. La construcción terminó el 22 de Junio de 1963, fecha en que se inauguró. Para la construcción del

puente, el proyectista, el ingeniero Edgar Cardoso, utilizó soluciones de gran creatividad.

**El Puente de S. João**, también del ingeniero Edgar Cardoso, es un puente ferroviario para sustituir el viejo Puente Maria Pia que, por ser de vía sencilla y permitir únicamente la travesía en velocidad muy lenta, constituía un cuello de botella en el tráfico de trenes. La inauguración fue el 24 de Junio de 1991. La solución es por primera vez en pórtico, realizándose la travesía a 180 metros aguas arriba del Puente Maria Pia, con tres vanos de 125, 250 y 125 metros apoyados en dos majestuosos pilares cimentados en el cauce del río. Sigue manteniendo hoy en día, la más grande luz del mundo en hormigón pretensado destinado al tráfico ferroviario.

#### **PONTE INFANTE. LA IDEA Y EL CONCEPTO DEL PUENTE**

El río Duero nace España adentro, en la Sierra de Urbión, dejándose caer por el valle del río Ebro, hacia donde inicialmente parece dirigirse. Pero opta por dar un giro hacia el

occidente y decide atravesar la Península Ibérica, en dirección a Portugal. Aún dentro de España comienza a cavar en los granitos y pizarra los desfiladeros espectaculares que, de norte a sur y a lo largo de más de 100 kilómetros, constituyen frontera entre los dos países. En el último kilómetro que antecede a la llegada a la ciudad antigua de Oporto, las márgenes se levantan con gran altivez de las rocas graníticas que con orgullo se inclinan sobre el río Duero. Es en este contexto que el genio de dos grandes ingenieros del siglo XIX, Gustave Eiffel y Théophile Seyrig, realizaron dos puentes magníficos. Dos bellísimos puentes en arco que están ubicados precisamente a la entrada y a la salida de aquel kilómetro, como venerando al río Duero.

Después de un paseo lento e inspirador por las laderas del río Duero, entre los puentes de hierro, se constata que todos tenían la misma opinión de que el puente habría de ser un puente en arco fuertemente rebajado, tipo "Maillart", por lo tanto un arco muy esbelto amparado por un tablero de gran rigidez. Un puente que, sin que se apoye en el cauce del río Duero, cuelga como un pájaro desde Gaia a Oporto, con gran limpieza y sensibilidad, expresándose del modo mas puro posible. Un arco singular y esbeltísimo, con una gran luz, que se apoya de modo natural y armonioso en las zonas altas rocosas de las laderas, proyectando un puente cuyo tablero tiene en el perfil del diseño una fuerza mayor que el arco.

Un puente con un carácter geométrico muy peculiar, formado por grandes planos, tanto los arcos como los montantes, y por la gran viga del tablero de sección constante. La estructura es un conjunto de rectas y planos, no de elementos curvos, que al final corresponde mejor al anti-funcular de los esfuerzos y facilita el proceso constructivo. Nada hay en este puente que se añada decorativamente, no hay nada que no responda a las exigencias funcionales. Todo tiene un sentido al mismo tiempo estructural y funcional. Por eso tiene la virtud de la simplicidad, la pureza estructural y la regularidad geométrica.

### DESCRIPCIÓN DEL PUENTE

El puente está constituido por dos elementos fundamentales en interacción mutua: una viga cajón, relativamente rígida, de hormigón armado pretensado, de 4,50 m de canto, apoyada sobre un arco muy flexible, de hormigón armado, con 1,50 m de espesor. La luz entre arranques del arco es de 280 m y la altura entre el cierre y los arranques es de 25 m, en una relación de rebajamiento superior a 11.

En los 70 m centrales de la estructura, el arco se une al tablero formando una sección en cajón con 6 m de canto cuyos lados laterales presentan un recorte que mantiene la continuidad formal de los volúmenes que corresponden al tablero y al arco. De este mo-

do, el comportamiento de la estructura está determinado por la relación que se establece entre dos elementos de rigidez tan desigual en el conjunto arco-tablero. El puente se desvía de la concepción clásica de un arco en el cual, trabajando básicamente en compresión, libera al tablero de las flexiones o las reduce a la distancia entre montantes. En este caso, la fuerte rigidez del tablero frente al arco, aliada al fuerte rebajamiento del mismo, aproxima mas el funcionamiento de la estructura al de un puente con el tablero rígido, donde la viga-cajón vence la luz completamente a flexión, tal como en un puente continuo convencional, aunque proporcionando el arco varios apoyos elásticos a través de montantes separados 35 m entre si.

Este gran rebajamiento se encuentra claramente fuera del ámbito aconsejable de los puentes en arco, que oscila entre 5 y 10. Como se sabe, por encima de este límite se incrementan de forma rápida los esfuerzos axiales en el arco, así como las flexiones sobre el efecto de las cargas móviles, de los posibles asentamientos diferenciales y de los efectos térmicos y reológicos, que pueden llegar a producir importantes disminuciones de la flecha del arco y a proporcionar la aparición de efectos hiperestáticos.

El arco, de espesor constante, responde al incremento de los esfuerzos axiales del cierre hasta los arranques recurriendo a un aumento del ancho de su sección, cuya proyección en planta sigue un contorno poligonal desde los 10 m en el tramo central hasta los 20 m en el inicio. Los dos tramos primeros del arco, dada su gran anchura, contienen aligeramientos interiores con la finalidad de reducir su peso propio, que penalizaría la cantidad de pretensado del tablero y la flexión debida al peso propio del arco durante los avances en ménsula.

La **respuesta estructural** del conjunto "arco flexible-tablero rígido" tiene las características fundamentales siguientes:

- Exceptuando las inevitables flexiones de compatibilidad en los arranques empotrados, ausencia de flexiones importantes en el arco, como consecuencia de su pequeña rigidez; la pérdida de flecha debida a las acciones térmicas y reológicas se controla y disminuye por la rigidez del tablero, impidiendo así que aquella pérdida de flecha alcance valores importantes y por lo





tanto garantizando que las variaciones de los esfuerzos axiales en el arco sean relativamente moderadas.

- El tablero presenta un comportamiento de viga continua sobre apoyos elásticos separados 35 m; la contribución del tablero en la resistencia a las cargas verticales aplicadas es de aproximadamente el 15% para las acciones permanentes y sobrecargas simétricas, porcentaje que aumenta sensiblemente en el caso de sobrecargas asimétricas, evitando así la aparición de las habituales flexiones elevadas en este tipo de solicitación, cuyo anti-funicular se separa de la forma del arco.

- La unión arco-tablero, la excentricidad entre la directriz del arco y la directriz del cajón del tramo central de 70 m impone una flexión negativa localizada que es muy elevada y elimina así las flexiones positivas en el referido tramo central, manteniéndolo en compresión compuesta en las envolventes de sobrecarga mas desfavorables y permitiendo eliminar completamente el pretensado definitivo en ese tramo; entretanto, la compatibilidad en la zona del tablero adyacente hace aumentar las fle-

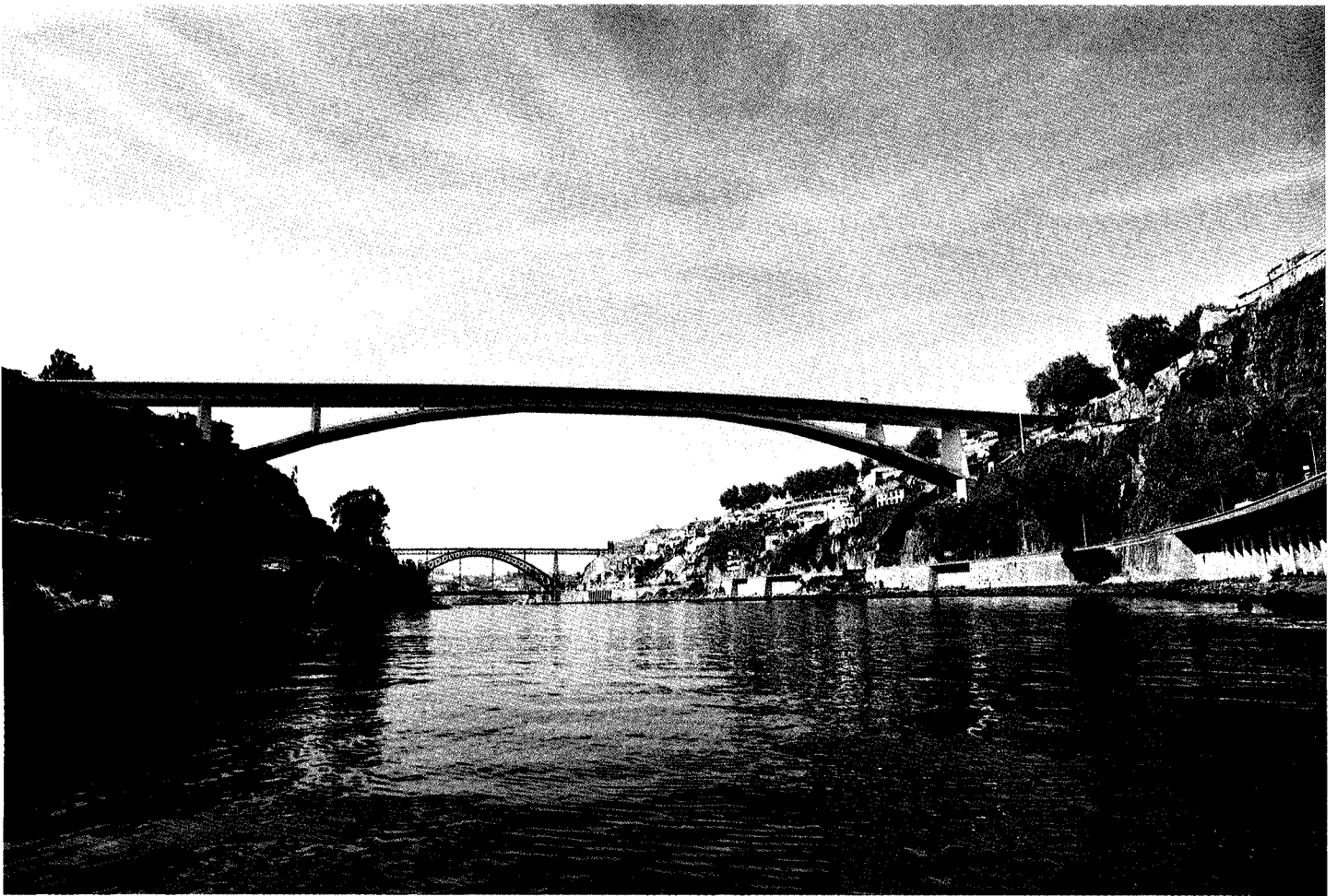
xiones positivas en las secciones que anteceden la unión arco-tablero.

La adopción de una única sección en cajón en los 70 m centrales, que "aglutina" rígidamente el arco con el tablero, optimiza la estructura. A esos efectos, el peso propio por metro de los elementos estructurales en esta zona es cerca de la mitad del peso propio por metro en el resto del puente, donde el tablero y el arco están separados. Fuera de aquel tramo central, el conjunto tablero/arco separa las funciones de "área del arco" a compresión de la "inercia del tablero" a flexión. Pero al sacar partido del área del cajón del tramo central, del que normalmente solo se aprovecha su inercia, se consigue salvar la luz central de 70 m sin recurso a pretensado definitivo.

Además, comprimir fuertemente la tabla inferior del cajón a la entrada del tramo central implica la introducción de grandes momentos negativos que se mantienen a lo largo del tramo, y por lo tanto significa que la curva convexa del tramo central se opone a las deformaciones ocasionadas en la parte que resta de la estructura.

## **PROCESO CONSTRUCTIVO**

Un arco tan rebajado y tan esbelto solo puede funcionar en conjunto con el tablero. En la realidad, el puente es "más bién" un puente-dintel. Por lo tanto, los métodos constructivos clásicos de puentes en arco no serán los más apropiados. Por el contrario, si el puente es "más bién" un puente-dintel, los métodos constructivos de dichos puentes serán los mas convenientes. El método constructivo utilizado consistió en el avance de la estructura a partir de cada una de las márgenes a través de la ejecución de dos pilares provisionales bajo los montantes M2 y M5, de modo a disminuir el vano en la fase constructiva, y la colocación de diagonales y montantes provisionales (a adicionar a los definitivos) entre la viga y el arco, de modo a formar una estructura única de inercia variable, donde el tablero es el cordón traccionado, el arco es el cordón comprimido y las diagonales y los montantes son "las almas". En realidad, se está ante una estructura triangulada de canto considerable que posibilita su sostenimiento en ménsula hasta materializar el cierre del arco. Para el exterior del ar-



co también se definieron estructuras trianguladas envolviendo la viga del tablero, los estribos, el pilar P1 (del lado de Gaia), riostras de hormigón armado trabajando en compatibilidad con los macizos rocosos, y diagonales.

Los montantes provisionales se realizan en acero y las diagonales se constituyen por cables de retención cuya secuencia de colocación ha permitido regular la fuerza instalada de modo a corregir en cada fase la respuesta de la estructura. Con las estructuras trianguladas en el exterior del arco, se pretende al final transmitir a las cimentaciones los esfuerzos de tracción que actúan en la viga sobre los montantes M1 (Gaia) y M6 (Porto), y eso se realiza esencialmente a través de diagonales, en esta función designadas por cables de retención, que "agarran" el tablero a las zapatas de los estribos, de los arranques del arco y del pilar P1. El sistema resistente seleccionado para responder a los desequilibrios resultantes del avance de las "ménsulas" sobre el río, y por lo tanto para fijar las zapatas a los macizos rocosos, con-

sistió en la realización de anclajes inclinados a partir de esas mismas zapatas, complementadas por riostras hormigonadas contra el terreno, capaces de absorber, en conjunto con los macizos rocosos, las componentes horizontales de las fuerzas de los cables de retención.

En las primeras fases constructivas, se procedió a la ejecución del tablero con recurso de cimbra al suelo, de los vanos V1 y V2, del lado de Gaia, y del vano V11, del lado de Oporto. A partir de los montantes extremos M1 (Gaia) y M6 (Porto), la ejecución del tablero y del arco se ha efectuado por avances sucesivos hasta alcanzar los montantes M2 y M5, y por lo tanto también los pilares provisionales. Debido a la elevada flexibilidad del arco y la considerable rigidez de la viga, durante el proceso constructivo todo el peso del arco se mantuvo suspenso en la viga. Además, sin que estuvieran instalados los esfuerzos axiales en el arco, este no es capaz de resistir a las flexiones provocadas por su propio peso. En los módulos extremos (M1-M2 y M5-M6), el arco fue suspendido a

partir de los septos sobre los montantes M1 y M6 a través de cables pretensados inclinados, mientras que en los módulos interiores la suspensión se realiza a partir del tablero por barras verticales tipo Dywidag.

El avance por dovelas sucesivas en la ménsula del cajón y del arco a partir de los montantes M2 y M5 se realizaron hasta llegar a los 20 m de luz, momento en que se procedió a la colocación de una diagonal y de un montante provisional en cada medio-puente en construcción. La construcción ha proseguido hasta el siguiente montante, altura en que se repitieron los trabajos descritos, incluyendo el ajuste de las fuerzas instaladas en las "barras activas" – cables de retención y diagonales provisionales – de manera a alterar los esfuerzos y/o desplazamientos instalados en la estructura. La determinación analítica de las fuerzas de ajuste de tal sistema hiperestático se han realizado con recurso a la matriz de influencia de los esfuerzos axiales de las barras activas. Entre los montantes M3 o M4 y la correspondiente unión arco-tablero, la distancia entre montantes



provisionales se ha reducido a cerca de 10 m para que las diagonales tengan una inclinación que las mantenga eficaces.

Los 70 m centrales del puente (zona donde la viga se "funde" con el arco) también se ejecutaron con dovelas (cuya sección transversal tiene 6 m de canto) en avances sucesivos definiendo dos ménsulas con luz máxima de 35 m. Después de hormigonar la dovela de cierre, se procedió al desmontaje de los cables de retención, de las diagonales, de los montantes y de los pilares provisionales.

## CONTROL E INSTRUMENTACIÓN

**Análisis evolutivo.** Con recurso al programa del cálculo automático ROBOT, se ha realizado el análisis elástico lineal "instantáneo", fase a fase, para determinar la evolución de las fuerzas a instalar en los cables de retención y diagonales provisionales, y de esa forma posibilitar el dimensionamiento general de los elementos estructurales del Puente y "ajustar" el proceso constructivo. Paralelamente al modelo evolutivo del programa FASES, se ha desarrollado un modelo "instantáneo", dovela por dovela, con el mismo grado de detalle, que además de servir de control mutuo, ha tenido como finalidad el establecimiento de las matrices de influencia de las barras activas, dovela por dovela. Permitted, también, estudiar la sensibilidad de la estructura en relación a eventuales correcciones de geometría y esfuerzos, y a los efectos de eventuales variaciones térmicas diferenciales, principalmente entre los cables de retención y las diagonales provisionales.

**Control de geometría.** La toma de decisiones sobre eventuales correcciones, así como de la propia metodología de corrección, se ha fundamentado en los modelos desarrollados, debidamente corregidos y actualizados con los datos "recogidos" en el desarrollo de la obra, sea en la respuesta deformacional sea en la respuesta tensional de la estructura, donde asumirán relevancia especial los resultados, debidamente tratados, de los dispositivos de monitorización internos y externos del puente. Lógicamente, cualquiera intervención fue una alteración a la secuencia de construcción establecida en los modelos matemáticos, por lo que los análisis evolutivos referidos han tenido que introducir esa

alteración. Sólo al final de esos análisis, con el desmontaje de todos los elementos estructurales provisionales, se pudo evaluar los efectos de aquella intervención.

Más aún, obtenida la configuración de la estructura, después del desmontaje de los elementos provisionales, y conociéndose los esfuerzos en esa fase, así como las extensiones y curvaturas en todas las secciones, se calculó su evolución por efecto de la fluencia, así como la respuesta de la estructura a la "parte" de retracción que aún no había ocurrido en ese instante, siendo este análisis hecho de forma automática en los modelos evolutivos utilizados. Finalizado este proceso, se conoció la posición de los nudos de la estructura en el momento en que se pactó como tiempo infinito, y los esfuerzos instalados en todas las secciones de los elementos estructurales del puente. En este lapsus de tiempo, las redistribuciones ocurridas se deben en gran parte a la diferencia de las edades del hormigón de los diversos elementos estructurales, más que a la coacción, por alteración del sistema estructural resistente, de la evolución de las curvaturas instaladas en las secciones. De hecho, al estar en posiciones muy distintas de la curva de fluencia (hormigón joven versus hormigón viejo), las secciones responden distintamente y por lo tanto ocurren redistribuciones de esfuerzos no despreciables.

## Monitorización de la construcción.

La construcción de este puente ha constituido un reto que se venció con un éxito indiscutible. Aunque para eso mucho ha contribuido el sistema de monitorización instalado en el puente (superestructura y cimentaciones) y en los macizos de granito de las laderas. En los macizos graníticos de ambas laderas se instalaron 14 inclinómetros que alcanzaron una profundidad de cerca de 40 m. En el lado de Oporto, dentro del túnel de la Aduana, se instrumentaron tres secciones transversales con sistemas de convergencia de observación óptica.

El sistema de instrumentación del puente era especialmente relevante. Se asentó en dos sistemas informáticos colocados dentro del cajón del puente (uno en cada medio puente), funcionando independientemente, pero transmitiendo toda la información por vía telefónica para otras consolas de trabajo (en las instalaciones de obra, en la Fiscalización, en los Proyectistas –en Oporto y en Madrid– así como en la empresa responsable del sistema). El sistema ha permitido conocer las reacciones en apoyos y los momentos flectores, fuerzas axiales, rotaciones y temperaturas en secciones seleccionadas del arco, del tablero y de los pilares (montantes). Se instalaron un total de 120 sensores (extensómetros, clinómetros, termómetros y células de carga). ●

## FICHA TÉCNICA

<b>Promotor:</b>	Metro do Porto, S.A.
<b>Proyecto:</b>	AFAssociados - Consultores de Ingeniería, S.A. – Prof. Ing <sup>o</sup> José Antonio Fernández Ordoñez – Prof. Ing <sup>o</sup> Antonio Adão da Fonseca – Prof. Ing <sup>o</sup> Francisco Millanes Mato
<b>Empresa constructora:</b>	ACE: Edifício Construções Pires Coelho e Fernandez, S.A. NECSO Entrecanales Cubiertas, S.A.
<b>Presupuesto:</b>	14.171.250 €
<b>Fecha de Acabado:</b>	2001

## CARACTERÍSTICAS

El puente está constituido por dos elementos fundamentales en interacción mutua: una viga cajón de 4,50 m canto, relativamente rígida, apoyada sobre un arco muy flexible, también de hormigón, de 1,50 m de espesor.

<b>• Puente:</b>		Otro terreno	5.000 m <sup>3</sup>
Longitud total del Puente	403 m	Anclajes al terreno de 1600 kN	116 ud
Ancho de tablero	20 m	Hormigón en cimentaciones	11.000 m <sup>3</sup>
Luz de arco	280 m	Hormigón en superestructura	15.600 m <sup>3</sup>
Flecha de arco	25 m	Armadura pasiva A500NR	4.100.000 kg
Relación de rebajamiento	> 11	Armadura de pretensado de alta resistencia	710.000 kg
<b>• Volumen de los trabajos principales:</b>		Encofrados	40.000 m <sup>2</sup>
Excavación en roca granítica	9.100 m <sup>3</sup>	Cimbras	36.000 m <sup>3</sup>

La utilización de la alta velocidad en ferrocarriles y el desarrollo y estructuración de España conseguida con la implantación de una amplia red de líneas férreas (L.A.V.) constituye la tarea más arriesgada, más difícil y más necesaria que se ha tomado nunca en España (sólo comparable al plan general de carreteras y autopistas del siglo pasado). Y esta tarea encomendada al GIF\* se está realizando con tal precisión y velocidad que asombra a nuestros socios de la Unión Europea.

Se han establecido cuatro grandes corredores en España, saliendo todos ellos de Madrid: Corredor Madrid-Andalucía que conectará todas las capitales andaluzas y la capital del país, Corredor Madrid-Zaragoza-Barcelona que conecta, además de todas las capitales de Cataluña, Navarra y Aragón, Corredor Mediterráneo que conecta Madrid con el Levante y el Corredor Mediterráneo y finalmente el corredor Norte-Noroeste que a través de Castilla-León une la capital con Galicia, Asturias y el País Vasco. Además se establece la conexión ferroviaria de Alta Velocidad de nuestro país con Portugal-Lisboa y con Europa a través de los corredores de Barcelona y el País Vasco.

Esta obra se inscribe en el corredor Madrid-Zaragoza-Barcelona de 855 km de lon-

gitud y un presupuesto de ejecución de 7.800 millones de euros. Esta línea, que se podrá circular a 350 km/h, atraviesa 44 túneles entre los que destacan cuatro de ellos de unos 2 km de longitud, 103 viaductos, la realización de las estaciones en Madrid, Zaragoza, Guadalajara y Calatayud, etc. Dentro de este gran corredor y acercando el punto de vista a la obra propuesta, nos encontramos con el subtramo II-b que cruza el río Ebro en la línea Zaragoza-Lleida.

## EL PUENTE SOBRE EL RÍO EBRO

El puente sobre el río Ebro, en la línea Zaragoza-Barcelona pretende dar un paso adelante. Pretende reflejar en su diseño la alta velocidad. Su forma, de líneas suaves, aerodinámicas y bellas responden a una tecnología tan sofisticada como la del tren a que sirven. Necesita de la más alta tecnología para la determinación de esfuerzos, tensiones y deformaciones. La más alta tecnología para su construcción que permite instalar su enorme masa sobre el río sin cimbras ni apoyos provisionales, sin perturbar mínimamente la corriente. Se instala, moviéndose desde su parque de fabricación, en reflejo al

tren a que va a servir y que además le imita adaptando la forma de un enorme vagón que va a ser atravesado por el sutil y veloz tren, impidiendo, incluso, que su pequeño ruido de paso salga de su interior.

## DESCRIPCIÓN DEL PUENTE

El puente sobre el río Ebro tiene una longitud total de 546 m con una distribución de luces de  $18+6 \times 24+42+60+120+2 \times 60+42$  m. Se trata de un tablero nuevo en el que se ha intentado aunar el concepto de celosía metálica de los grandes puentes de ferrocarril, los planteamientos constructivos y resistentes del hormigón pretensado y las formas suaves y aerodinámicas del tren al que sirve de soporte. La sección está formada por un cajón con almas aligeradas con orificios circulares y unida en su parte superior con costillas. Estructuralmente se trata de una viga viendeel laminar.

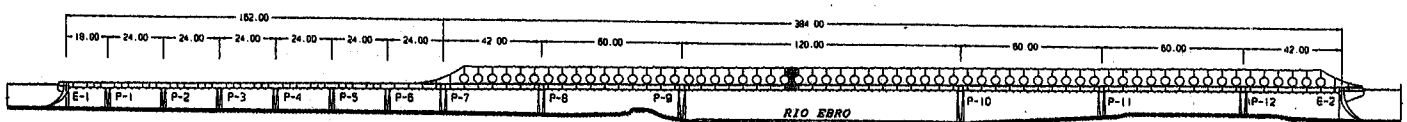
**Tablero.** Los 546 m de longitud total se dividen en dos zonas. La primera correspondiente al tramo de avenidas, tiene 162 m de longitud y está formada por un vano de 18 m y seis vanos de 24 m. La segunda tiene



CONSTRUCCIÓN DE ENCEPADOS, PILAS Y PARQUES DE FABRICACION (EN ESTRIBOS EN PRIMERA FASE)

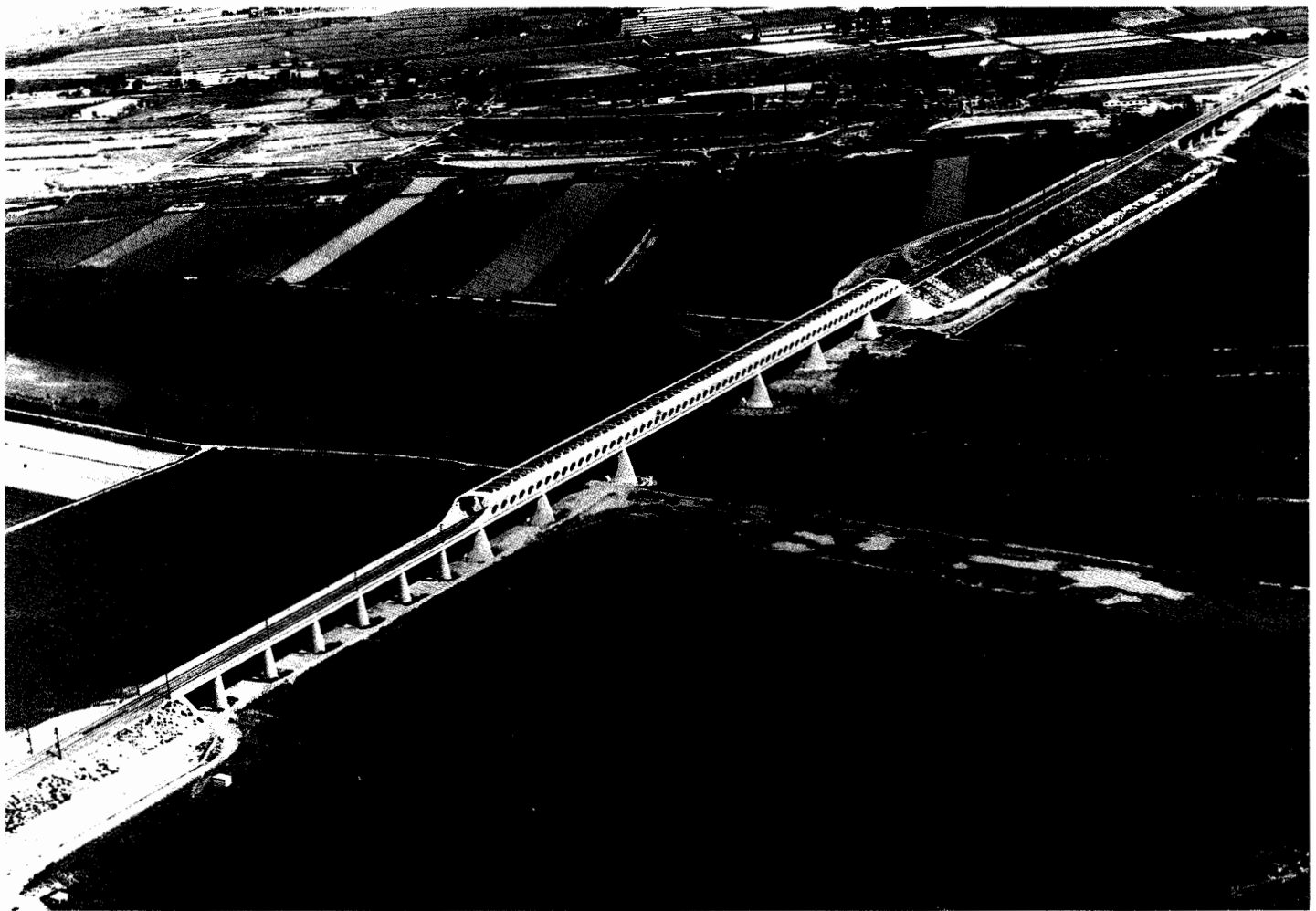


HORMIGONADO Y EMPUJADO SUCESIVO DE DOVELAS



RETIRADA DEL PICO, HORMIGONADO "IN-SITU" DE LA DOVELA CENTRAL, ACABAOS





una longitud de 384 m. Esta zona se transforma en el gran puente sobre el río, el cual está constituido por seis vanos de 42 m + 60 m + 120 m + 2 x 60 m + 42 m. Ambas zonas se unen entre sí totalmente, sin junta alguna.

La gran viga Vierendeel tiene un canto total de 9,15 m. La sección transversal tiene una forma trapezoidal. En la parte superior tiene una anchura máxima de 16,56 m. y 12,90 m. en su parte inferior. Las almas están aligeradas con orificios circulares de 3,80 m. de diámetro cada 6,00 m. El espesor varía entre 0,50 m. y 0,60 m. en la zona de apoyos. La losa inferior tiene un espesor que varía desde los 0,30 m. en su unión con las almas hasta los 0,39 m. en el centro. Tiene un conjunto de vigas transversales con un canto de perfil circular separadas 3,0 m. con una sección trapezoidal de ancho variable desde 0,50 a 0,60 m. En la parte superior del cajón se introducen costillas de alzado circular que siguen la trayectoria de las paredes curvas superiores manteniendo el espe-

sor de éstas. Están situadas cada 6 m. y tienen una anchura de 0,60 m. salvo las situadas sobre las pilas que tienen 1,00 m. Sobre el eje de apoyo en el estribo 2 y en la zona de transición con los vanos de acceso mide 3,30 m. Todo el tramo de acceso tiene la misma losa inferior que el tramo principal, con el mismo contorno inferior, para que se establezca la continuidad entre ambos de una forma automática. El canto de las vigas laterales es de 2,20 m y su anchura máxima 1,05 m.

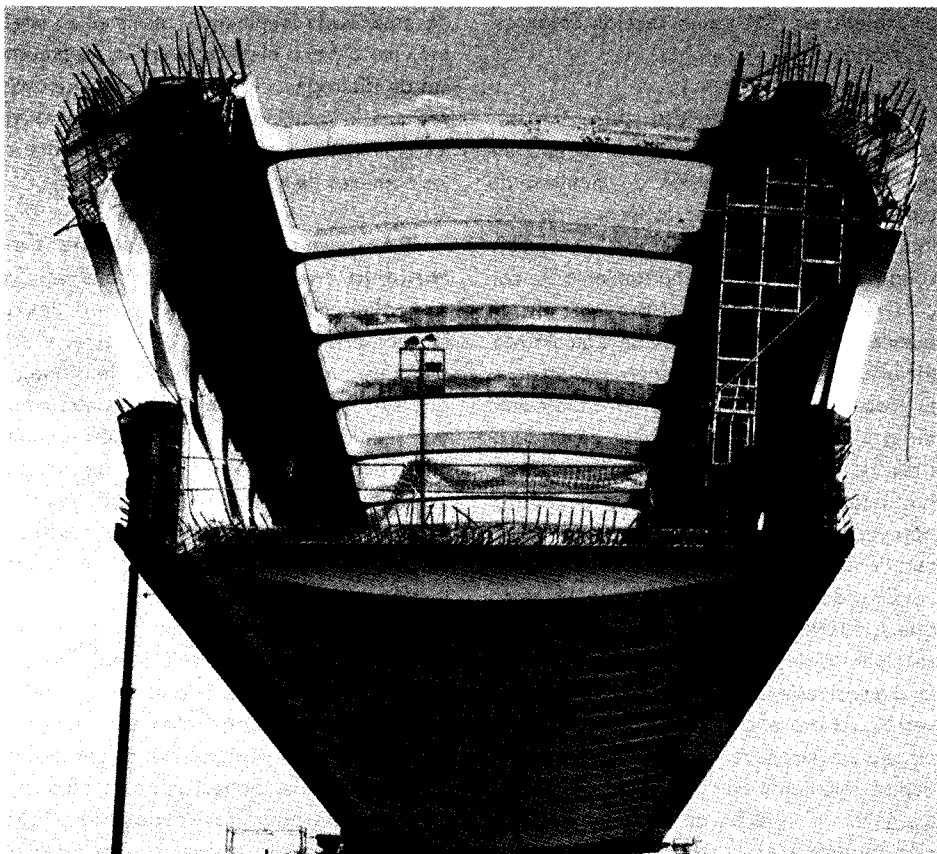
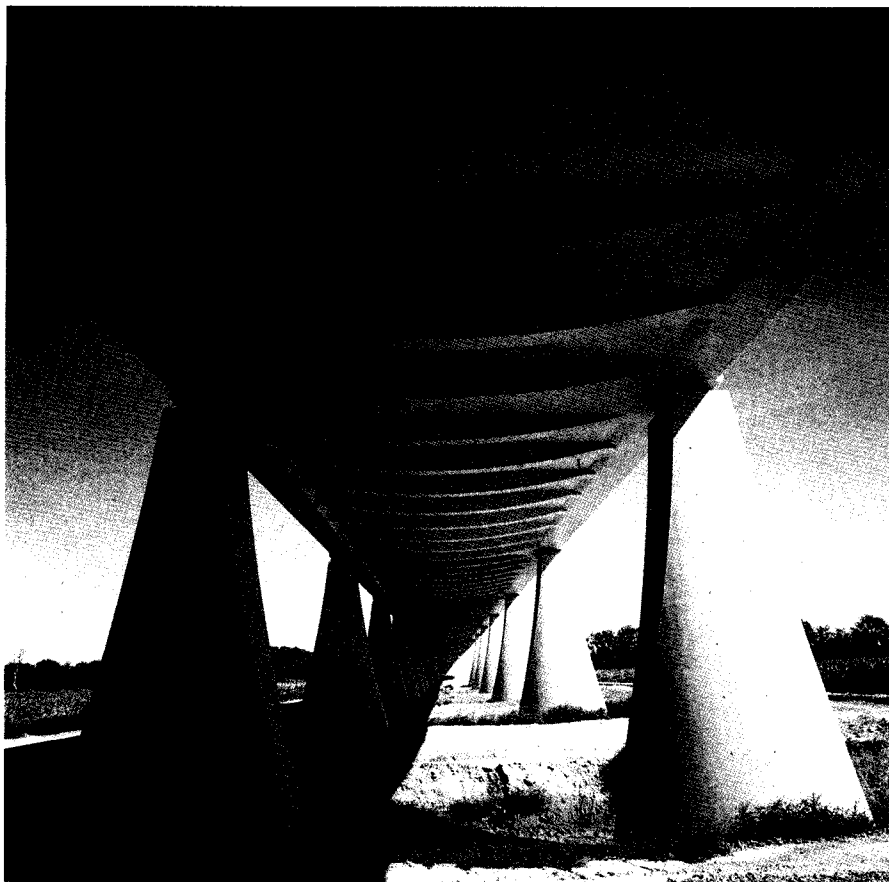
El procedimiento de construcción previsto fue el de empuje desde ambos estribos lo que determinó una subdivisión longitudinal del tablero en dovelas de 18,0, 15,0 ó 12,0 m. y una dovela central de cierre de 6,0 m. El cajón se encuentra pretensado longitudinalmente y transversalmente. El pretensado longitudinal está formado por tres familias de cables:

- Pretensado rectilíneo superior e inferior introducido en el parque de fabricación y

tesados desde las caras frontales de las dovelas.

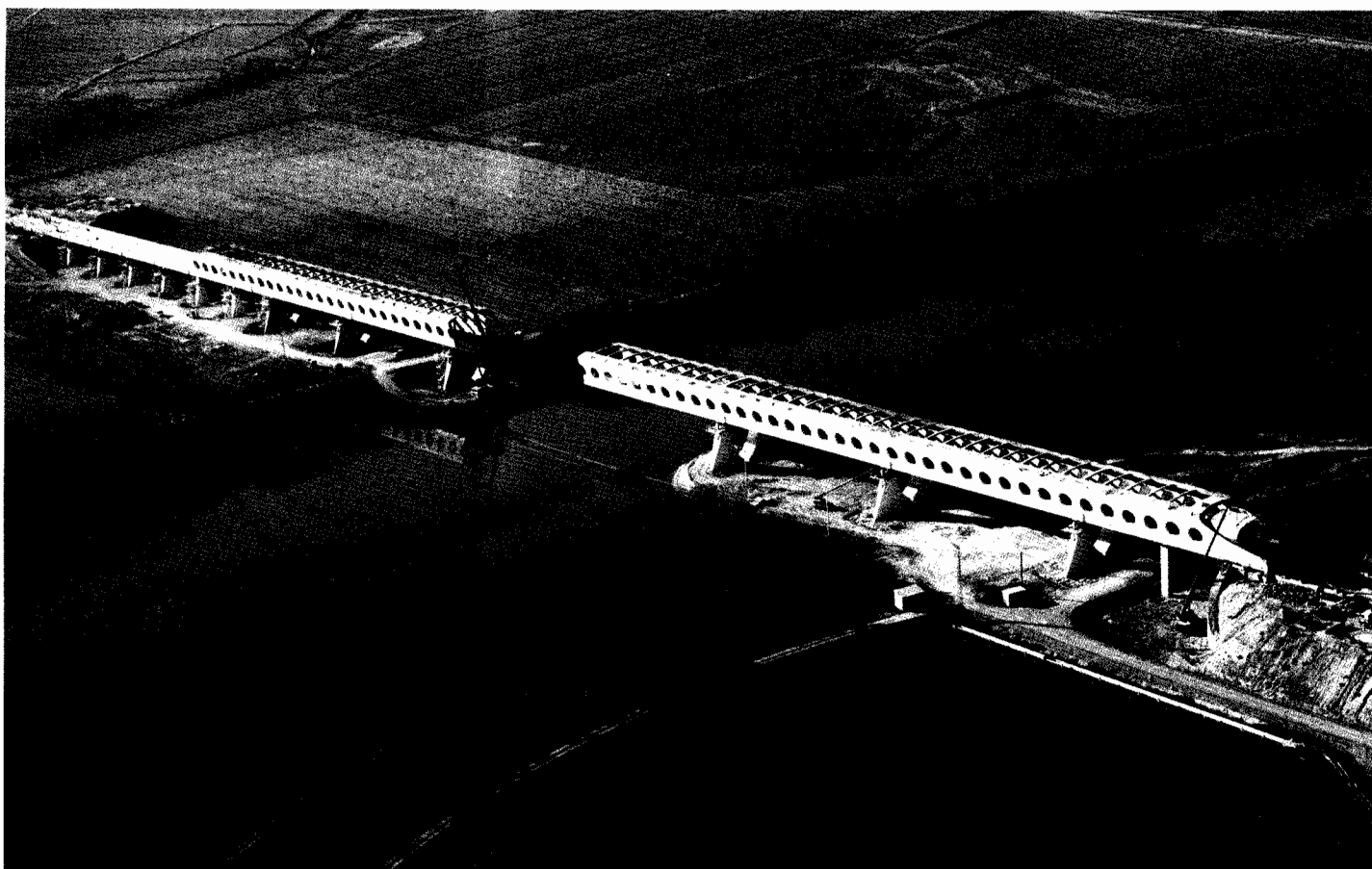
- Pretensado rectilíneo superior introducido durante el proceso y tesados desde unos cajetines en la unión de las almas con la losa superior
- Pretensado rectilíneo inferior. Se introduce una vez unidos los dos semipuentes tesándose desde cajetines inferiores entre las vigas transversales.

El pretensado transversal está formado por un pretensado inclinado en las almas con un número de cables crecientes según la sección está más próxima a los apoyos. Estos cables se pusieron en carga una vez empujados los dos semipuentes, ya que el carácter inclinado de los cables es perjudicial para la resistencia a esfuerzo cortante en estas fases debido a su cambio de signo durante el empuje. Las vigas inferiores también están pretensadas transversalmente. La armadura activa se complementa con la correspondiente armadura pasiva.



**Pilas.** El puente consta de doce pilas. Su forma es trapezoidal y formada por dos unidades separadas de sección curvilínea y alzado especial. Los correspondientes a los tramos de acceso tienen una anchura máxima de 2,3 m. y una altura de 10,5 m. y están formadas por dos unidades separadas 12 m. e idénticas. Se apoyan sobre 4 pilotes de 1,5 m. de diámetro. Los correspondientes al puente principal se obtienen por secciones de un único cilindro constante de sección curvilínea. Tienen 12 m. de altura y un espesor máximo de 4,0 m. Su anchura total en la parte inferior es de 22,74 m. y se separan entre sí una cantidad variable con un mínimo de 1 m. y se apoyan sobre un número variable de pilotes de 2,00 m. de diámetro, cuatro para la pila 7, seis para las pilas 8, 11 y 12 y doce para las pilas 9 y 10. Se disponen dos apoyos de neopreno-teflón en caja fija por pila. Las del borde izquierdo, según el sentido de avance, están guiados y los del borde derecho están libres. Su tamaño varía en función de la carga a que están solicitados.

**Estribos.** Los estribos están formados por un muro frontal, curvado en las aletas, de



50,0 m. de anchura y 10 m. de altura. Al muro frontal se le adosan dos muros longitudinales de 50 m. de longitud que sirven de soporte al parque de fabricación de dovelas. El parque de la margen derecha se pretensa longitudinal y transversalmente con el fin de recoger la fuerza de frenado que le transmite el tablero.

#### **COMPORTAMIENTO RESISTENTE DEL PUENTE**

La particularidad de esta tipología obliga a considerar con especial detenimiento tanto la metodología como los elementos de cálculo apropiados. Las particularidades provienen fundamentalmente de:

- La presencia de los aligeramientos circulares introducen una deformabilidad longitudinal importante en el tablero así como concentraciones de tensiones más o menos singulares.
- El carácter discontinuo de las costillas superiores provoca un comportamiento estructural intermedio entre una sección

abierta en "U" y una sección cajón cerrada.

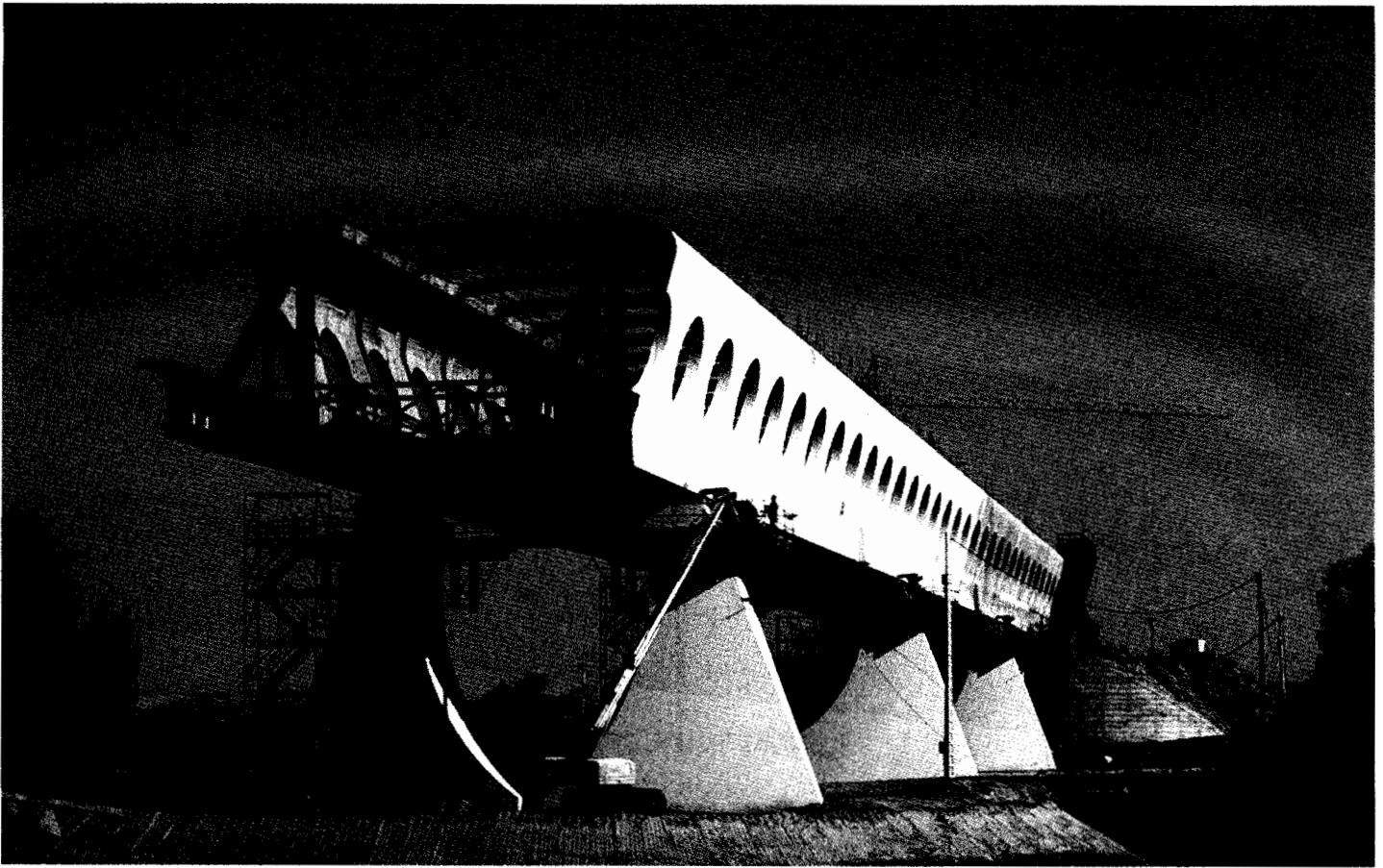
El comportamiento estructural es, por tanto, claramente tridimensional siendo imprescindible la utilización de técnicas de elementos finitos. Si bien la técnica del Método de los elementos Finitos está muy consolidada, constituye una herramienta de cálculo muy costosa para el proyecto de un puente, frente a las técnicas de Cálculo Matricial de barras, que obtienen una respuesta global e integrada y con un tratamiento de la información más sencillo. En el desarrollo de todos los estudios se utilizaron conjuntamente ambas técnicas procurando aprovechar las máximas ventajas de cada una de ellas.

El procedimiento de empuje provoca que todas las secciones del tablero sean secciones de apoyo lo que obliga al correcto dimensionamiento de la armadura transversal. La presencia de los aligeramientos circulares introduce tracciones importantes que se estudiaron con el modelo de elementos finitos. Con el fin de controlar la fisuración durante estas fases, uno de los cables

de pretensado longitudinal rectilíneo se situó próximo a dicho aligeramiento. La no presencia de diafragmas intermedios en los apoyos provoca la aparición de flexiones transversales significativas que deben superponerse a las normales de todo el tablero.

**Comportamiento resistente durante la construcción.** La construcción se realizó por empuje del tablero desde los dos estribos. Durante el empuje, el tablero está sometido a estados tensionales que son más desfavorables, en determinadas secciones, que en la situación definitiva y, por tanto, las mediciones de desplazamientos y reacciones realizadas permite verificar durante el proyecto las hipótesis establecidas de su comportamiento resistente.

Uno de los aspectos que fue totalmente contrastado ha sido la deformabilidad por esfuerzo cortante. Durante el empuje todas las secciones se convierten en secciones apoyo variando el signo del esfuerzo cortante en las situaciones antes de alcanzar la pila y después de traspasarla. Dado que el pretensado transversal de alma se



diseño, para su máximo aprovechamiento en las situaciones de servicio, con un trazado inclinado, el aplicar dicho pretensado durante la construcción llevaría consigo estados tensionales muy desfavorables. Por ello el tablero fue construido como una estructura de hormigón armado, desde el punto de vista de las almas, con la armadura pasiva transversal necesaria. Esta situación se manifestó en un incremento de desplazamientos significativo, en la componente correspondiente al esfuerzo cortante, como consecuencia de la fisuración, en todo momento controlada por la armadura pasiva dispuesta.

Las otras mediciones que permitieron comprobar el ajuste del comportamiento resistente fueron la determinación de las reacciones durante las operaciones de sustitución de apoyos así como la propia prueba de carga de recepción realizada. Las reacciones medidas se ajustaron a los valores previstos en todas las pilas excepto unas ligeras discrepancias en la pila P-7 que se justificaron como consecuencia de un pequeño asiento introducido en la dovela correspondiente cuando se encon-

traba en el parque para realizar el ajuste geométrico en la transición de los dos tableros. Los valores de los desplazamientos medidos en las distintas hipótesis de la prueba de carga fueron totalmente satisfactorios

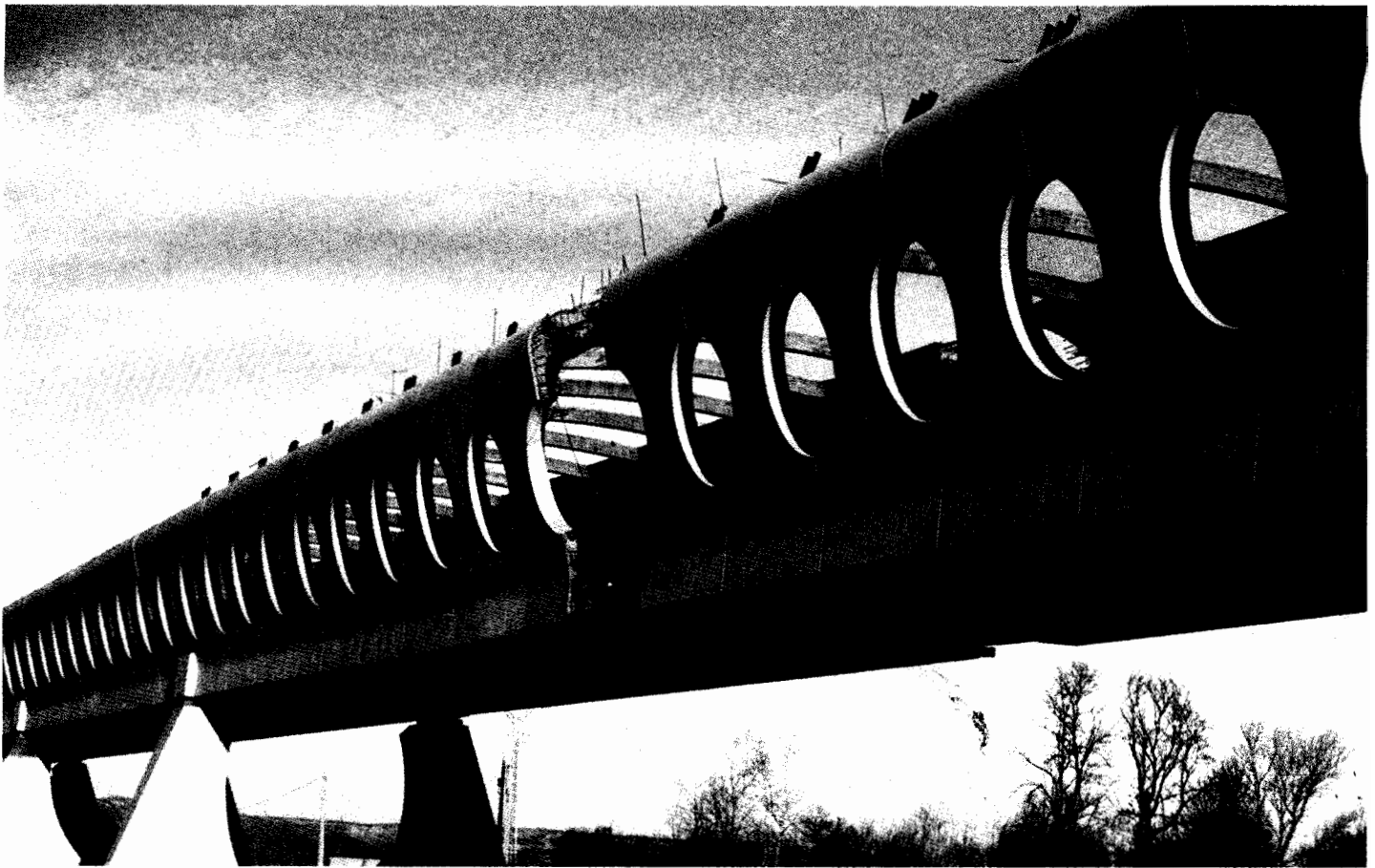
**Conclusiones.** Los aspectos resistentes más significativos del Puente son los que se derivan de su configuración tridimensional:

- El comportamiento longitudinal puede estudiarse con modelos de barras con deformación por cortante. Estos modelos tienen en cuenta las discontinuidades angulares por la presencia de cargas concentradas y modificaciones en los esfuerzos hiperestáticos por la deformabilidad por esfuerzo cortante.
- Para el estudio de los efectos locales producidos por la presencia de cargas concentradas así como el dimensionamiento de elementos discontinuos como las costillas superiores, es necesario la utilización de modelos de elementos finitos tridimensionales.

- La mayoría de los aspectos específicos de su comportamiento resistente se contrastaron durante su construcción.

## CONSTRUCCIÓN

El sistema de construcción utilizado para el tablero ha sido el de empuje desde ambos estribos construyendo dos semipuentes independientes que se unen en el centro por medio de una dovela de cierre. Se estudió la posibilidad de empujar todo el tablero desde el estribo E1, utilizando una torre de atirantamiento provisional. Sin embargo la evaluación económica tanto del sistema de atirantamiento como del pretensado complementario indicó que era más favorable la construcción de un segundo parque de fabricación. El semi-puente de la margen derecha se dividía en 18 dovelas, y en 15 dovelas el semi-puente de la margen izquierda. En la zona central se dejó un espacio de 6 metros para realizar el cierre de los dos semi-puentes. Las longitudes de las dovelas eran de 12, 18 ó 24 metros, dependiendo de su posición.



El empuje es el proceso mediante el cual la dovela, una vez hormigonada y tesada, es desplazada en el sentido del eje longitudinal del puente, de forma que deje otra vez libre el encofrado para volver a ejecutar una nueva dovela. En nuestro caso no se desplazaba formalmente una dovela completa, sino que se empujaba el techo y hastiales de la dovela "N" conjuntamente con la solera de la dovela "N+1". El control del empuje se realizaba desde una sola central hidráulica que garantizaba que a cada gato le llegara la misma presión. Los apoyos del tablero sobre las pilas fueron utilizados tanto para el empuje como posteriormente de forma definitiva. Estos apoyos son de tipo POT, con la chapa superior mecanizada en forma de patín y forrada con una chapa de acero inoxidable que se retiró una vez finalizado el empuje. Durante el lanzamiento las almohadillas de neopreno-felón deslizaban sobre esta superficie inoxidable.

La nariz es una estructura metálica con un peso aproximado de 52 toneladas que se coloca en la primera dovela en el frente de avance. Su finalidad es facilitar la entra-

da del tablero en las pilas durante el empuje y disminuir el peso del voladizo en el avance. Una vez finalizado el empuje desde ambas márgenes, había que realizar la unión entre los dos semi-puentes, mediante

la construcción de una dovela de cierre de 6,00 m de longitud. Terminada la dovela, se realizó el pretensado del resto de los cables inferiores de segunda fase del vano de 120 m. ●

#### FICHA TÉCNICA

<b>Promotor:</b>	Gestor de Infraestructuras Ferroviarias
<b>Proyecto:</b>	Dirección: D. Leonardo Torres Quevedo D. Alberto Reguero Martínez
<b>Empresa constructora:</b>	Autor: Carlos Fernández Casado, S.L
<b>Presupuesto:</b>	Vías y Construcciones, S.A. - Subtramo IIB: 40 millones de € - Puente sobre el río Ebro: 12,50 millones de €
<b>Fecha de Acabado:</b>	Junio 2002

#### CARACTERÍSTICAS

Situado en el subtramo II-b del tramo Zaragoza-Lérida tiene una longitud total de 546 m (18+6x24+42+60+120+2x60+42m). La sección está formada por un cajón con almas aligeradas con orificios circulares y unida en su parte superior por costillas. Estructuralmente se trata de un viga vierendeel laminar.

Pilote hormigonado "in situ" de Ø 1,5	1.812,90 m	Acero pasivo en pilas	635.508,17 Kg
Pilote hormigonado "in situ" de Ø 1,2	1.060,45 m	Hormigón en estribos	4.218,12 m <sup>3</sup>
Pilote hormigonado "in situ" de Ø 1,0	425,5 m	Acero pasivo en estribos	277.365,64 Kg
Pilote hormigonado "in situ" de Ø 0,6	165,30 m	Hormigón en tablero	9.267,40 m <sup>3</sup>
Hormigón en pilas	7.091,79 m <sup>3</sup>	Acero pasivo y activo en tablero	2.080.353,50 Kg





## NUEVO PUENTE SOBRE EL RÍO MIÑO: PUENTE DEL MILENIO

(ORENSE-ESPAÑA)

El río Miño cruza y da vida a la ciudad de Ourense. El pasar de una margen a la otra ha sido un continuo de evolución tecnológica que se refleja en la historia de la ciudad con la construcción de sus puentes. El Puente Romano, El Puente Nuevo, El Puente del Ferrocarril, El Puente Novísimo y hoy el Puente del Milenio, son sus cinco puentes urbanos. Cada uno de ellos supuso en su momento un avance, un punto más de unión y una transformación en la imagen de Ourense. El denominador común de estos puentes son sus arcos, sus curvas.

Esta obra nace del acuerdo entre El Concello de Ourense y la Xunta de Galicia para dotar a la ciudad de un nuevo puente que representara el Ourense del siglo XXI,

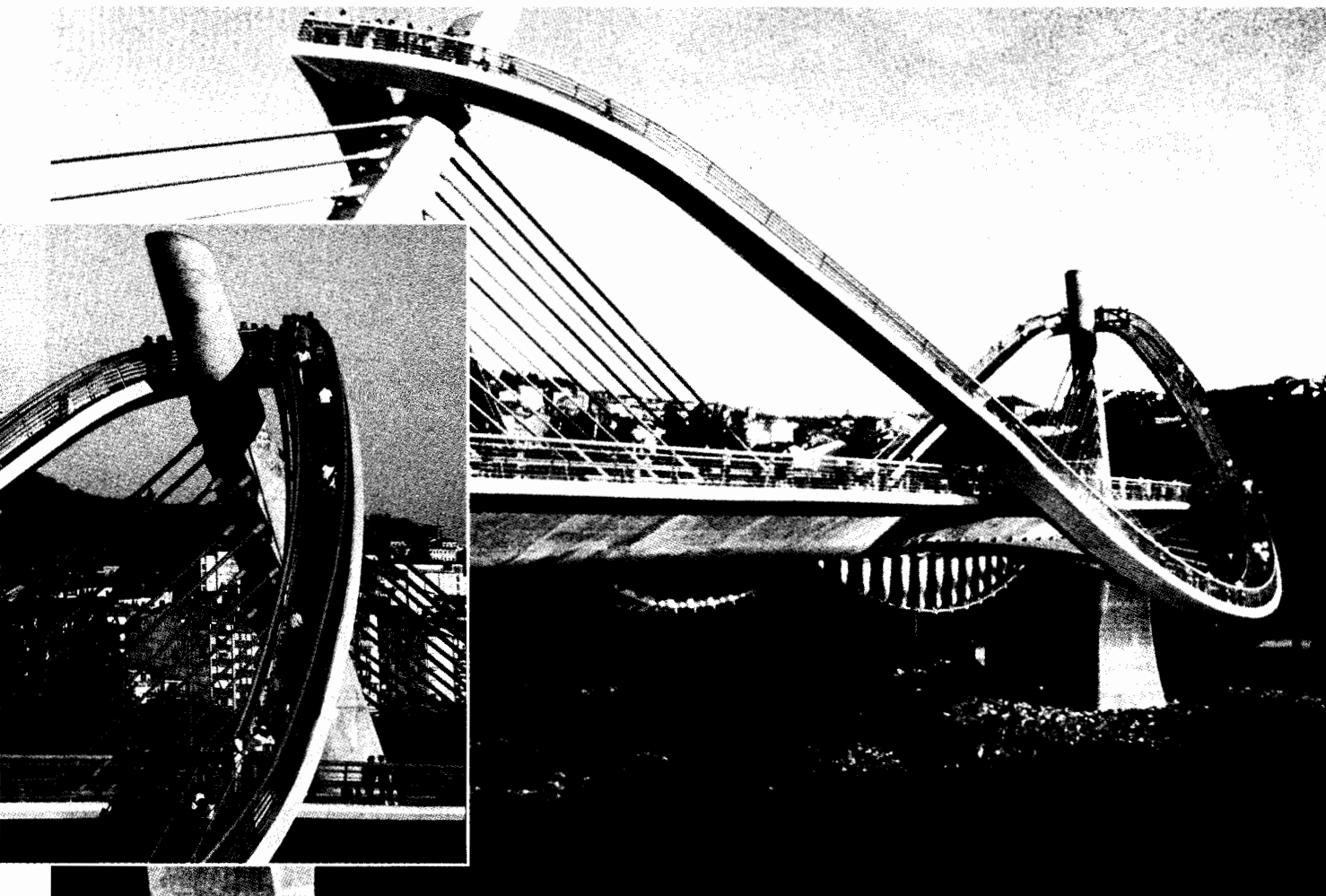
convocando un concurso abierto, de ámbito europeo, para la realización del proyecto. Al emblemático Puente Romano se le releva del tráfico pesado y se le convierte en un paseo peatonal hermosísimo. El nuevo puente se sitúa 500 metros aguas abajo del Puente Romano haciéndose cargo del tráfico rodado.

El quinto puente de Ourense, como se le llamó hasta su inauguración, tiene como objetivos el dotar a la ciudad de una nueva identidad y la creación de un lugar. Las bases del concurso buscaban un equipo pluridisciplinar que fuera capaz de crear un objeto especial. El concurso se lanza y se falla en 1996, el proyecto de construcción se presenta y aprueba en 1997. Las obras comienzan

en diciembre de 1999 y se inauguran el 31 de agosto del 2001.

### PLANTEAMIENTO GENERAL

La utilización de la tecnología para conseguir unos efectos deseados es uno de los retos más importantes de esta obra. La sinuosidad de su perfil en su zona central hace de este objeto una escultura encajada en la cuenca del río. Sus curvas suben y bajan para acompañar al peatón y al conductor. Los peatones utilizan las estructuras para su recreo. De esta manera la pasarela peatonal que envuelve el tablero permite al peatón situarse en diferentes niveles obteniendo unas







panorámicas del río inusuales. No solo se cumple con la función de pasar, sino que se crea un lugar que permite estar, un espacio público, un lugar de encuentro. Varios son sus componentes que se combinan para crear un todo simple y armonioso que acompaña al ojo en el sentido de fluir creando una sensación de ligereza. De esta manera la escala y proporción de los elementos estructurales están dimensionados para que no pesen visualmente.

#### **DESCRIPCIÓN**

Se resuelve la diferente orientación de las calles a conectar con una curva en planta de 320 metros de radio constante en toda su longitud. La desigual cota de ambas márgenes produce una pendiente longitudinal de un 2,57 % descendiendo desde la margen derecha hacia la margen izquierda. El puente se encuentra situado aguas abajo del Puente Romano, sobre la desembocadura del

río Barbaña. En este punto la anchura del cauce del Miño en su nivel normal es de unos 110 metros. Estos condicionantes de anchura, proximidad al cauce y desembocadura del río Barbaña obligan a encajar una estructura de cuatro vanos, los tres primeros sobre el río Miño y el cuarto sobre el Barbaña. Quedando las luces de los vanos de 60-110-60-45 metros. La plataforma del puente se ha proyectado de 23 metros de anchura y se distribuye en 2 aceras peatonales de 2,50

metros, 2 calzadas de 7,50 metros y mediana central de 3,00 metros de anchos respectivamente.

La cimentación ha sido directa sobre granito en el estribo 1 y pilas 1 y 3. Con pilotes de 1,80 metros de diámetro en la pila 2. El estribo 2 se cimentó con pilotes de 1,50 metros de diámetro. Los estribos se han proyectado cerrados de hormigón armado. Su geometría a base de muros inclinados genera una sensación visual de movimiento del tablero entrando en los estribos.

Las pilas 1 y 2, situadas en el vano central, son los elementos más robustos del puente. Su geometría de carácter "antropomórfico" las convierte en esculturas que soportan el tablero. Su relación plástica con los pilo-

nos hace que su conjunto aligere el hecho pesante del tablero. Para su construcción se emplearon encofrados de madera machihembrada a partir de un modelo de CAD en tres dimensiones reales. La tercera pila tiene un tratamiento distinto, relacionada con la geometría de los estribos, y fue proyectada con fustes cuadrados de 3 x 3 metros, con una ligera inclinación hacia el río. La pila 3 y el estribo 2 cumplen la función de frenar el movimiento descendente del tablero, el estribo 1 de lanzarlo hacia abajo.

El tablero resulta el elemento estructural de mayor interés. Inicialmente se utilizó la técnica del pretensado exterior extradorsal, tanto superior, como inferior. El empleo de esta tipología tiene un gran desarrollo en paí-

ses como Japón y Suiza, pero no así en España. Es la primera vez que se combina el pretensado exterior tanto superior como inferior en una estructura en este país.

El pretensado exterior utiliza ángulos más tendidos de cables que la técnica del atirantado, lo que permite utilizar pilonos muy bajos. Se planteaba una estructura en la que no dominara la vertical sobre la horizontal. El hecho de que el resto de los puentes estén soportados por estructuras de arcos bajo la rasante del tablero hace que la decisión de completar el sistema estructural sobre la rasante del mismo, lo hiciera de forma suave. Posteriormente, por imperativos del proceso constructivo, se empleó una sección del tablero más rígida, incrementando su pe-





so, lo que aconsejó modificar ligeramente el ángulo de los cables. El nuevo valor del ángulo utilizado obligó a tener en cuenta el efecto de la fatiga de los cables, por lo que el sistema de tirantes utilizado hacia el vano central fue el de puente atirantado.

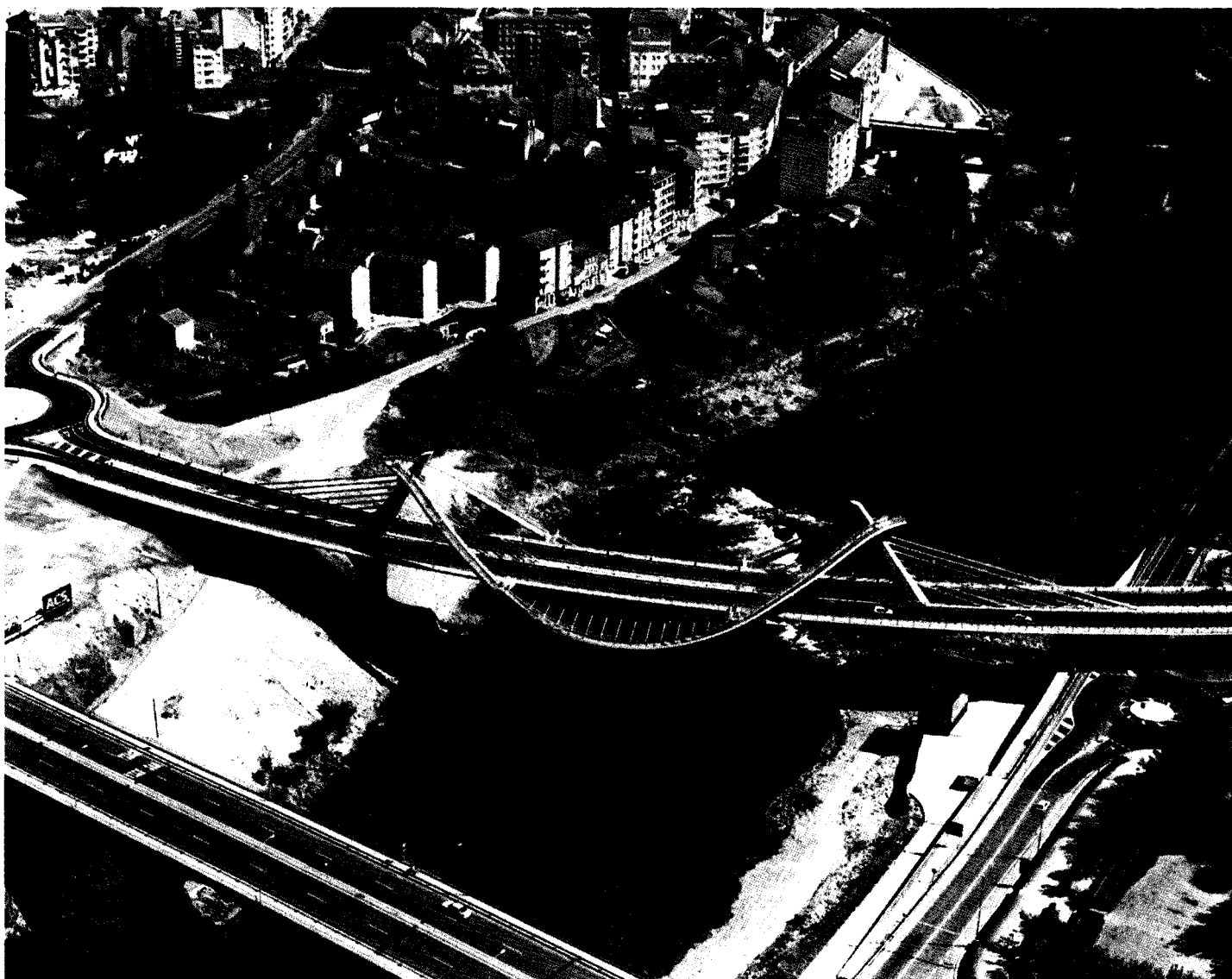
El tablero se ha resuelto con un único plano de cables en el eje del puente. Teniendo en cuenta que la anchura del tablero es de 23 m hace que la demanda estructural obligue a utilizar una sección de tablero con una gran rigidez a torsión. La sección transversal adoptada, consiste por tanto, en un cajón con un núcleo central bicelular de 11 metros de ancho, con tres almas, siendo la central la que recibe los anclajes de los cables. A este núcleo central se le añaden los voladizos, de 6 metros, constituyendo 2 nuevas células, que se hormigonan a posteriori.

El fondo del tablero está constituido por una sección tubular creando un continuo curvo sin aristas para no constituir planos y que su percepción sea lo más rotunda posible. El canto total adoptado es de 2.70 metros, obteniéndose una relación canto/luz de  $1/40.7$ , en el vano central, y de  $1/16.7$  en el cuarto vano que es de hormigón armado y no lleva tirantes. Toda la estructura del tablero es de hormigón armado, sin considerar por supuesto el efecto de los tirantes. Esto ha permitido plantear un procedimiento constructivo muy flexible, para poder salvar el cauce del río Miño.

Los pilonos tienen una altura total de 20 metros, encontrándose el último anclaje de los cables a 16 metros. Son macizos de hormigón armado con un canto variable de 4.50 metros en arranques a 2.00 metros en

coronación, y un ancho variable de 2.50 a 2.20 metros. La sección en planta está formada por un rectángulo rematado con una semicircunferencia en la cara frontal y un trapecio en la dorsal. Esta geometría da continuidad formal al pilono con la pila. Los pilonos se inclinan hacia el vano central  $60^\circ$  para crear una sensación de tensión con la cinta pasarela y que parezca que ésta flote. En ese sentido las uniones entre ambos elementos estructurales se hacen con elementos que no pertenecen a ninguna de las dos geometrías. La transmisión de las cargas variables del pilono a la pila, se produce a través de una gran riostra de hormigón, pretensado transversalmente.

**Sistema de tirantes.** Como ya se ha indicado, el puente utiliza un sistema de pre-



tesado exterior extradorsal inferior y atirantado superior. El atirantado superior está formado por 7 parejas de cables, dispuestos sensiblemente en forma de arpa a lo largo de unos 10 metros de la altura del pilono. Se han dispuesto por parejas para efectuar el cruce de los cables frontales y de retenida en el pilono, sin inducir torsiones en el mismo. De este modo, cada pareja de cables frontales se encuentra separada 1.20 metros entre sí y los de retenida 0.50 metros. En el tablero cada uno de los cables se ancla a un lado del alma central. Para poder transmitir las cargas de las almas laterales a los cables, en cada anclaje se han dispuesto unos puntales metálicos que "cuelgan" las cargas desde el alma hacia los tirantes.

Los cables son monotorón autoprotectido en vainas individuales de polietileno, alojadas

todas en una vaina común de polietileno de alta densidad (PEHD). El número de torones varía de 15 a 32 en los cables frontales y de 32 a 45 en los cables de retenida. El color elegido para las vainas es gris perla. Los anclajes son reemplazables, con tuerca de regulación y elementos antivandálicos de acero galvanizado. El tesado se realizó individualmente para cada torón desde el interior del tablero.

Las 7 parejas de cables arrancan a unos 16.0 metros del eje apoyos del pilono y se mantienen equiespaciados cada 3.5 metros para los cables frontales y cada 5.00 metros en los cables de retenida. En el vano central queda entonces una longitud de 36 metros sin cables superiores. En esta zona central se dispone un pretensado extradorsal inferior de directriz curva, con un puntal desviador cada 2.70 metros. Estos puntales se hacen coincidir

con las costillas de unión con la pasarela quedando decidido su número en un equilibrio para conseguir un arco de curva lo más continuo posible y una separación entre costillas lo más proporcionada posible. La flecha del arco de circunferencia que describe este pretensado desde el fondo del tablero es de 3.30 metros. El pretensado inferior está formado por 6 cables de 24 T15, con anclaje de pretensado sobre vaina de polietileno de alta densidad inyectada con mortero de cemento. Constituyen por tanto los cables un recorrido continuo de ascensión hacia los pilonos, descenso hasta debajo del tablero y nuevamente ascensión y descenso. Esta armonía es replicada por la estructura envolvente de la pasarela.

**Superestructura.** Todos los elementos de la superestructura del puente han sido pro-

yectados y contruídos con sumo cuidado para garantizar la calidad estética final de la obra. En este sentido, existen elementos de la superestructura meramente funcionales (aparatos de apoyo, juntas, sumideros, etc.) y otros con un marcado carácter arquitectónico (barreras, barandillas, iluminación, etc.). Dentro de los elementos funcionales, destacamos los aparatos de apoyo. Estos son tipo POT (neopreno-teflón). Con los apoyos se ha fijado el tablero a la pila 2, estando el resto formado por parejas de POT libres y guiados.

Los sumideros recogen las aguas de la calzada y la vierten a un colector situado en el estribo 2 a través de un sistema de tubos colocados en el interior del tablero. Las barreras y barandillas son metálicas en acero galvanizado y pintado y en su diseño se ha considerado la iluminación de las aceras con fluorescentes integrados en el tubo superior de la barandilla y con focos de iluminación rasante situados en la barrera para la calzada. La luz es amarilla para la calzada y blanca para el resto del puente. Las aceras son de hormigón con un tratamiento de pintura epoxi.

**Elementos arquitectónicos.** La cinta pasarela es el elemento arquitectónico que dota al puente de impacto visual diferenciado. Esta cinta tiene una geometría en planta formada por dos arcos de circunferencia opuestos entre sí que intersectan en la parte superior de los pilonos. En alzado, la geometría está formada por 3 arcos de circunferencia unidos tangencialmente entre sí, dos arcos son cóncavos (situados sobre la rasante del tablero) y el tercero es convexo y su directriz coincide con la formada por el pretensado inferior. La combinación entre planta y alzado se realiza a través de tres superficies troncocónicas con el vértice del cono situado en la vertical definida por el centro de la circunferencia del puente en planta. Se han utilizado troncos de cono para acoplar la pasarela a la rasante del tablero que se encuentra inclinada por el peralte.

La cinta pasarela se ha proyectado como una sección cajón metálica. El empleo de acero estructural permite construir la pasarela en taller y montarla con grúas una vez que el tablero está terminado. La pasarela tiene 2.50 metros de ancho en todo su desarrollo y su sección es de cajón monocelular, con fondo triangular. Toda la pasarela está construída con chapas acero S-355. Dado el poco canto (inferior a 1 metro) la rigidización trans-

versal se ha hecho con mamparos situados cada 50 cm. y rigidizadores longitudinales tipo bulbo en la chapa superior y las dos chapas inferiores.

La complicada geometría de la figura espacial resultante ha obligado a realizar un gran esfuerzo de proyecto y replanteo en taller, siendo imprescindible la modelización en tres dimensiones en coordenadas reales de todos los elementos.

El objetivo funcional de la pasarela es acceder a lo alto del pilono y al fondo del tablero sobre el cauce del río. Para ello, toda la pasarela está peldañeada con escalones de chapa tratada con un pavimento de pintura epoxi. El diseño de las barandillas es sensiblemente igual al utilizado para las aceras, manteniendo también una iluminación fluorescente en los tubos de la barandilla. Coincidiendo con los puntales desviadores del pretensado exterior se han colocado unas costillas metálicas de sección circular variable, que enlazan el tablero con la pasarela.

## SISTEMA CONSTRUCTIVO

Resulta innegable que este puente no ha sido concebido con un esquema estructural compatible con un procedimiento constructivo que permita salvar el cauce del río sin apoyos en el mismo. Cualquier técnica de empuje, avance por voladizos, etc.... implica una inversión en medios auxiliares que encarecería enormemente el puente. Por esta razón, se eligió un sistema de cimbra con-

vencional con elementos de sujeción de 20 metros de luz, apoyados en 3 torres sobre el cauce del río.

Para garantizar la estabilidad de las torres frente a una crecida, éstas se cimentaron con micropilotes. Los micropilotes eran de barra Gewi de 63 mm. de diámetro, con revestimiento de mortero y camisa de chapa en la zona del cauce. Cada encepado estaba protegido con una isla de escollera cuyo peso la hacía estable para el nivel normal del río, pero no para una crecida con un periodo de retorno superior a 200 años. El interés de seleccionar el tamaño de la escollera radicaba en no provocar un estrangulamiento en el cauce para una avenida extraordinaria que empeorara las posibles inundaciones de la ciudad de Ourense.

Las obras así planteadas tienen un gran componente de riesgo por la incertidumbre del comportamiento del río. Durante la construcción y con el tablero construído sobre la cimbra, el río Miño sufrió 5 crecidas correspondientes a un periodo de retorno de 200 años. Estas crecidas eran inéditas desde 1976. Durante la segunda crecida, el tablero estaba totalmente terminado y los pilonos construídos. Cuando se estaba enfilando el primer cable, el río arrastró la cimentación de una de las torres. Afortunadamente, la torre adyacente resistió el empuje de las aguas y de los materiales de arrastre y el puente permaneció estable. Los momentos de angustia vividos contribuyeron a apreciar el riesgo que el agua siempre supone en la Obra Civil. ●

## FICHA TÉCNICA

<b>Promotor:</b>	Xunta de Galicia. Consellería Político Territorial Obras Públicas e Vivenda
<b>Proyecto:</b>	Alvaro Varela de Ugarte, Dr. Arquitecto Juan M. Calvo Rodríguez Pondio (Pondio Ingenieros)
<b>Empresa constructora:</b>	UTE Pontemiño OCA/ACS OCA. Obras, Caminos y Asfaltos, S.A. ACS: Proyectos, Obras y Construcciones, S.A.
<b>Presupuesto:</b>	10.274.957,17 €
<b>Fecha de Acabado:</b>	Agosto 2001

## CARACTERÍSTICAS

Puente atirantado semicarpado con pretensado extradorsal inferior, ambos en el plano central del tablero. Longitud total 270. Luz del vano central 110 metros y ancho de tablero 23 metros. Estructura envolvente de acceso peatonal.

### • Datos:

Ancho del cauce	110 m	Ancho del tablero	23 m
Vanos del puente	60-110-60-45 m	Altura de los pilonos	20 m



## 4 PUENTE MÓVIL EN EL PUERTO DE VALENCIA

(VALENCIA-ESPAÑA)

El creciente desarrollo urbanístico de la ciudad de Valencia y el deseo de amplios sectores locales y regionales, públicos y privados, de incorporar para la ciudad las áreas portuarias, situadas en torno a la dársena interior del Puerto, son factores de gran influencia social. El Puente Móvil es el punto de partida del gran proyecto conocido como "Balcón al Mar", es decir la utilización para usos ciudadanos de la vieja dársena interior del puerto, ayudando a "acercar" la ciudad de Valencia al Mar. Dicho proyecto es uno de los planes urbanísticos más emblemáticos y ambiciosos de los que se están desarrollando actualmente en la ciudad de Valencia, y que transformará la dársena interior en una

zona comercial y de ocio, el Museo Marítimo y una escuela náutica.

La eliminación del circuito ferroviario y del tráfico pesado es imprescindible para peatonalizar la zona, facilitando la realidad del proyecto "Balcón al Mar". Al realizarse el futuro soterramiento de las vías del tren, el Puente Móvil consigue suprimir dichas vías, continuando con la circulación de trenes, a la vez que permite el paso de cruceros y barcos pesqueros a la dársena interior, manteniendo el uso de la estación marítima y de la lonja de pescadores.

Factores estéticos y paisajísticos han condicionado el diseño del puente debido a su ubicación en lo que podría denominarse fachada marítima de Valencia, sirviendo de

frontera visual y formal entre el área portuaria, de carácter industrial, y la zona de viajes y de recreo que la dársena interior conecta a la parte urbana de la ciudad presente. Esta situación de frontera determina que la imagen del puente, vista desde la ciudad, se superponga con las de las grúas, pórticos, barcos y otros sistemas de carga y transporte, estableciendo un "diálogo" con ellos. Para desligar visual y conceptualmente el puente de los restantes elementos portuarios se ha utilizado la forma, el color y la iluminación monumental; las hojas del puente no se han concebido como bloques amorfos que se mueven, sino como elementos escultóricos de gran dimensión y belleza.

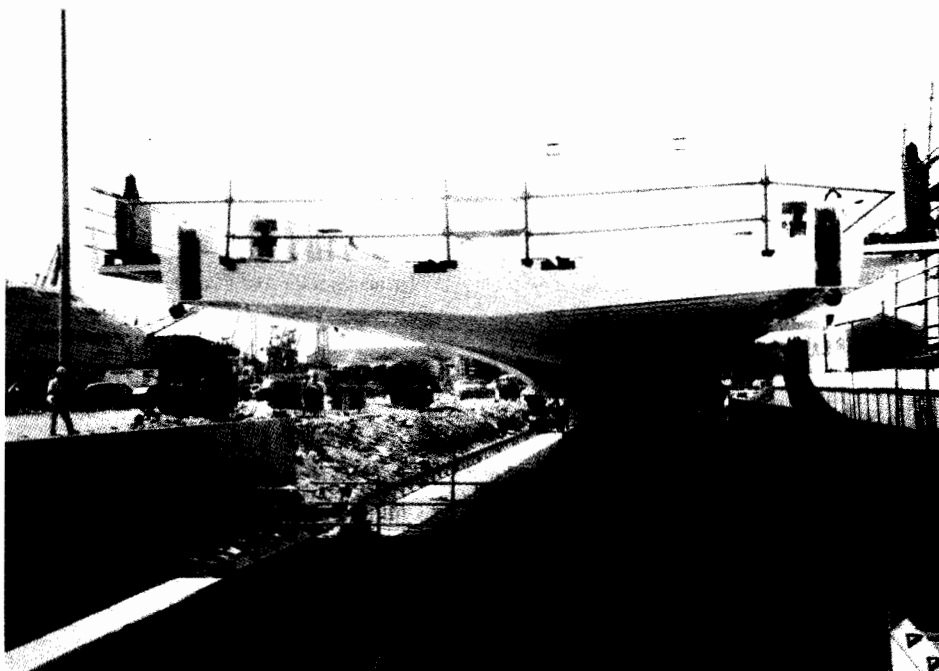




## PLANTEAMIENTO GENERAL

El objeto del proyecto es la conexión rodada y ferroviaria entre los muelles transversales de Levante y Poniente, cuyo trazado comienza frente al edificio de Guarda Muelles de la Autoridad Portuaria de Valencia y termina en el muelle de Levante. Incluye un puente móvil basculante que permita el paso del ferrocarril y el tráfico rodado en ambas direcciones. Los criterios de diseño son:

- El puente requiere para el paso de las embarcaciones, la totalidad del ancho actual de dicho cauce. Consiguientemente, se descartó cualquier solución tendente a incluir en el cauce cualquier elemento de la estructura o de los recintos, para así mantener libre la anchura existente de 74 m.
- Mantener un gálibo, en posición de puente abierto, tal que en caso de colisión de un barco con los muelles transversales exista una holgura entre las hojas del puente y el barco superior a 3,0 metros. Esta condición debe verificarse, considerando el posible balanceo de un barco de pasajeros tipo crucero de 250 m de eslora y 9,50 m de calado. Estas consideraciones obligan a diseñar un puente móvil basculante de dos hojas con una luz entre ejes de giro de apoyos próxima a los 100 m.
- Garantizar la protección del puente frente a impactos de barcos de crucero de 250 m de eslora y 50.000 Tm. de desplazamiento máximo en carga, navegando a 5 nudos, sin que se vean afectados los ejes de giro y los mecanismos de elevación y enclavamiento.
- Tener en cuenta la posible ejecución de un futuro túnel de conexión intraportuaria paralelo a la alineación del puente, de modo que la obra pueda continuar en servicio sin verse afectada por la ejecución de dicha conexión.
- Condiciones de trazado ferroviario, con una pendiente longitudinal máxima inferior al 1%, lo que supone que la rasante sobre el cauce determina, en la fase de puente cerrado, un reducido gálibo permanente. Se ha resuelto con un tablero de canto muy estricto.
- Para el dimensionamiento del puente en posición cerrada se han considerado las cargas exigidas por la instrucción de



Puentes de Ferrocarril incrementadas en un 25%, así como, alternativamente, las acciones definidas por la nueva instrucción de Puentes de Carretera. La velocidad de viento considerada ha sido 140 km/h y los mecanismos de elevación permiten la operación con vientos de hasta 50 km/h. Se han considerado también cargas sísmicas, térmicas, inerciales de arranque y frenado.

Como conclusión, la idea esencial que preside el diseño, consiste en la realización de un puente levadizo de tipo basculante de dos hojas, cada una de las cuales integra el tablero de la zona del vano principal y un pequeño tramo dorsal de compensación bajo el cual se ubica el adecuado contrapeso que permite equilibrar completamente el sistema bajo las condiciones de carga permanente, tanto en la posición cerrada como en cualquiera de las abiertas, al situarse el centro de gravedad de toda la masa del puente más dicho contrapeso en el eje de giro de la estructura.

La luz del tramo central es de 98 m, correspondiendo una longitud de 49 m aproximadamente para cada una de las dos hojas móviles. Los tramos de compensación presentan una luz de 13,50 m, determinando en conjunto una longitud total para el puente de 125 m; es decir, 62,5 m de longitud total para cada semipuente basculante. La anchura total es de 11,70 m, dando cabida a dos

aceras exteriores de 1,25 m, dos vigas principales de 0,6 m de ancho y la plataforma central de 8,0 m para tráfico rodado. La vía de ferrocarril, única, se sitúa en el centro de esta plataforma. En alzado, el tablero se encuentra en un acuerdo parabólico, con vértice en la clave a la cota +3,23 sobre el nivel del mar.

## DESCRIPCIÓN

La maquinaria de elevación de los tableros se sitúa en sendos recintos de gran profundidad y dimensiones, no sólo para albergar los equipos antedichos, sino para acoger en la fase abierta y, por supuesto, en las intermedias de cierre y apertura del tramo, el vano dorsal de compensación, así como el contrapeso de equilibrio. Los recintos están coronados por una viga riostra sobre la que se sitúan las rótulas de giro de cada una de las hojas y los alojamientos para los cerrojos de enclavamiento y topes laterales, constituyendo la cimentación del puente. Estos recintos dorsales están formados por pantallas continuas de hormigón armado de 1,0 m de espesor y 34 m de profundidad, realizadas en forma convencional. La solera, situada a la cota -12,20, es una losa de hormigón armado de 2,0 m de espesor.

**Tablero.** El tablero, de 8 m de anchura, es metálico y ortótropo en dirección transver-

sal al puente, para conseguir mayor ligereza. Los nervios tienen sección trapecial con canto ligeramente variable y están uniformemente espaciados. Debido a la presencia de la vía férrea dichos nervios presentan un perfil superior quebrado, con una zona central más baja formando una especie de valle trapecial para albergar a los carriles. Puesto que los carriles han de quedar obligadamente separados del resto del tablero, se ha considerado preferible que las juntas longitudinales creadas por dichas separaciones sean, a su vez, recogida de las aguas. La superficie superior del tablero se dispone con pendiente transversal del 1% descendiendo simétricamente desde ambos lados extremos hacia cada uno de los carriles que se sitúan en las líneas de limahoya. El agua recogida se expulsa a través de gárgolas de tubo que la vierten al mar en la zona central, o a través de ramales de desagüe hacia un tubo colector encargado de llevarla fuera del recinto de maquinaria, en las zonas del puente situadas sobre tales recintos.

**Vigas principales.** Las vigas principales consisten en un sistema de ménsulas atirantadas por elementos rígidos. Cada una se compone de cuatro grandes piezas:

- **Pieza inferior.** Forma los dinteles longitudinales, y se extiende a lo largo de toda la longitud de cada hoja. Estos dinteles, de sección en cajón rectangular, presentan un ancho de 0,60 m constante y un canto suavemente variable desde la clave hacia las rótulas. Un poco antes de alcanzar éstas, la variación de canto se para, y pasa a ser constante hasta el final de la culata. El canto en clave es de 1,60 m, y aumenta progresivamente hasta los 3,60 m de la zona constante.
- **Tirante frontal.** Estas barras diagonales, bastante inclinadas, parten desde un punto intermedio de cada dintel, y terminan en un punto situado encima de la rótula de giro. La sección de esta pieza es de viga cajón rectangular con un ancho constante de 60 cm, igual al del dintel, y un canto lineal y ligeramente variable a lo largo de su longitud, desde 1,8 m en el arranque hasta 1,2 m en la zona superior.
- **Tirante dorsal.** Barras también diagonales, que unen el punto superior antes descrito, como final del tirante frontal, con el extremo dorsal de la culata del dintel. De constitución análoga a la del tirante frontal, su canto varía linealmente entre 1,6

m en la zona inferior hasta 0,82 m en la zona superior.

- **Montante.** El sistema se completa y cierra con esta cuarta pieza que une el punto superior con el eje de la rótula, con una alineación ligeramente inclinada hacia delante, dirigiendo en acción directa de compresión hacia la misma, la resultante de las dos componentes de los tirantes frontal y dorsal actuantes en el nudo superior.

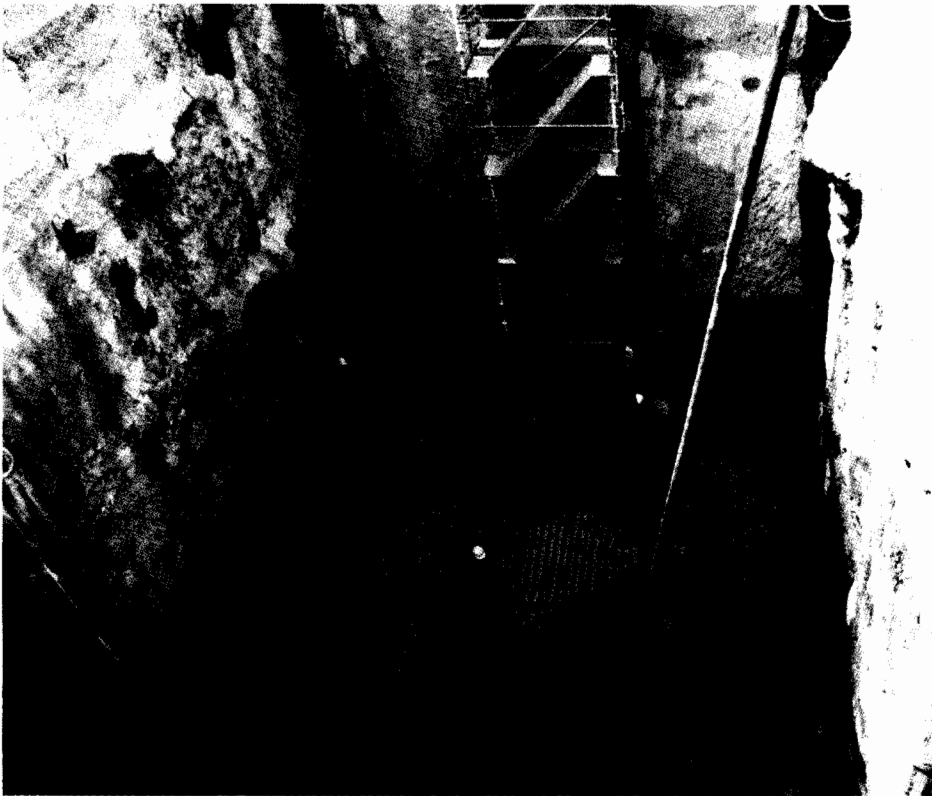
**Piezas estructurales auxiliares.** Dos son los sistemas importantes auxiliares que se pueden integrar en la superestructura resistente: La pieza eje, que conecta internamente las rótulas del eje de giro y la sustentación del contrapeso a la culata.

La pieza eje constituye el nexo estructural fundamental entre puntos de apoyo de ambos dinteles en el eje de giro, para permitir que, situando las piezas de rótulas al exterior de las vigas principales, aunque muy próximas a las mismas, los efectos producidos por estas excentricidades entre vigas y rótulas sea recogido por la citada pieza eje. La pieza consiste en una sección en cajón rectangular unida rigidamente a las vigas principales mediante mamparos internos de las mismas.

La fijación del elemento de contrapeso a las piezas de culata de las vigas principales se efectúa mediante tres vigas, agrupadas en dos conjuntos:

- El primero está constituido por una pareja de vigas dispuestas vertical y transversalmente al puente y directamente soldadas a las grandes piezas de dintel existentes en la zona de culata. Esta pareja asume la suspensión del contrapeso en la fase cerrada.
- El segundo está formado por una celosía horizontal conectando las platabandas inferiores de las vigas del primer conjunto, cuya misión es resistir el peso del contrapeso, en dirección paralela a dicha pieza, y transferir el torsor a la pareja de vigas iniciales.

El sistema se completa con dos celosías verticales longitudinales rigidamente unidas a la pareja de vigas transversales verticales y conectadas en su parte inferior con la chapa de "forro" del contrapeso. Estas celosías determinan dos puntos de anclaje para "col-



gar" las cargas de las zonas centrales inferiores, en la fase cerrada, de las vigas principales de sustentación. Los contrapesos se sitúan en la parte trasera de los vanos de compensación del puente, estando diseñados para que las fuerzas resultantes pasen, en cualquier posición de las hojas, por el eje de giro de las rótulas. El peso de los mismos es de 530 t para el de la hoja de Levante y de 555 t para el de Poniente, estando materializados por medio de dos paralelepípedos de dimensiones 5,0 x 8,0 x 3,4 m y 3,5 m, respectivamente, realizados con hormigón armado y chatarra seleccionada.

La estructura de la plataforma del puente se completa con las aceras, situadas en los laterales externos. Son: Una móvil, que acompaña a las hojas del tablero en sus movimientos de apertura y cierre; y que corresponde a la zona central del puente entre rótulas prácticamente y otra fija, que no se mueve durante las maniobras del puente, y que se vincula a los muros perimetrales de las casetas de ma-

quinaria; corresponde a la zona dorsal entre la junta final del tablero y un poco más allá de la rótula.

**Mecanismos.** Los mecanismos de accionamiento son una parte vital del Puente, por lo que en su diseño se ha tenido muy en cuenta la seguridad y disponibilidad de forma que en caso de fallo de alguno de sus componentes siempre es posible un servicio provisional del puente. Comprende: Sistema de accionamiento, émbolos de movilidad, rótulas principales de giro y enclavamientos dorsales de la clave del puente.

#### **INSTALACIONES DE MANDO, CONTROL Y SEGURIDAD**

Se han previsto cuadros eléctricos de entrada de corriente, de forma tal que la alimentación de todas las instalaciones pueda realizarse indistintamente desde cualquiera

de los dos centros de transformación existentes en cada uno de los muelles. En caso de fallo de la red pública de energía eléctrica la operación del puente es posible con el grupo electrógeno de emergencia, con arranque automático en 5 segundos y desconexión en caso de reposición del suministro. Un sistema de alimentación ininterrumpida está previsto para alimentar los equipos de mando más importantes durante los 5 segundos para la inmediata apertura o el cierre del puente.

El mando de todos los accionamientos se realiza mediante un controlador programable de proceso (PLC), provisto de doble CPU y de un software de alta disponibilidad que transmite las órdenes a las electroválvulas que mandan la apertura y cierre de los distintos cilindros, y al sistema de señalización marítima y terrestre. El PLC está conectado al puesto de mando principal situado en la Torre de Control sobre la sala de máquinas de Poniente, y a tres puestos de mando auxiliares situados en el Centro de Control de Emergencias,





en Capitanía Marítima y en el retén de Guardamuelles. Existen además dos puestos de mando manuales en las casetas de maquinaria.

Con objeto de garantizar la seguridad de la estructura ante el posible impacto de un barco contra la línea del cantil, se ha dejado un resguardo de modo que el impacto no afecte al sistema estructural adoptado. No obstante y con objeto de reducir posibles daños locales se han dispuesto una serie de defensas rotativas que facilitan y guían el barco en su movimiento. En el puente se ha dispuesto una defensa rígida con el fin de evitar la caída de vehículos al mar y a su vez proteger a la estructura del puente de los posibles impactos de vehículos. En los accesos al puente se dispone una defensa flexible en borde de acera. Para la seguridad del tráfico ferroviario se ha diseñado la vía con contra-carril. Para los peatones se han dispuesto barandillas y defensas que impiden el paso.

Junto con todas las barreras fijas de seguridad anteriores, de puente cerrado, se dispone la señalización horizontal, vertical y luminosa necesaria para regular el tráfico viario, el ferrocarril y los peatones con el fin de evitar colisiones entre ellos. Con el puen-

te abierto, además, se disponen los siguientes sistemas de seguridad: Para el tráfico de vehículos puertas móviles que se cierran antes de que el puente empiece a levantarse y permanecen cerradas mientras esté abierto.

Estas mismas puertas cortan las aceras. En las rampas de acceso y ante la posibilidad de que el tren continuara su marcha con el puente levantado, se han dispuesto topes de parada. ●

#### FICHA TÉCNICA

<b>Promotor:</b>	Generalitat Valenciana. Autoridad Portuaria de Valencia. Comunidad Europea (Fondos Feder)
<b>Proyecto:</b>	Intecsa-Inarsa MC2 Estudio de Ingeniería
<b>Empresa constructora:</b>	Dragados Obras y Proyectos Construcciones y Estudios (CYES)
<b>Presupuesto:</b>	2.381 millones de pesetas
<b>Fecha de Acabado:</b>	Septiembre 2001

#### CARACTERÍSTICAS

Puente levadizo de tipo basculante de dos hojas para conexión del tráfico rodado y ferroviario entre los muelles Levante y Poniente del Puerto de Valencia.

##### • Datos:

Longitud total de vía de FFCC	1.539 m
Longitud del Puente	125 m
Luz entre rótulas de apoyo	98 m
Anchura útil del Puente	Calzada 7 m + 2 aceras de 1,25 m
Tiempos de apertura y cierre	2 y 3 minutos
Profundidad de fosos recintos-pila	13 m
Profundidad de pantallas	32 m

##### • Unidades:

Acero en estructura metálica	932.572 Kg
Hormigón	18.870 m <sup>3</sup>
Acero en armaduras	1.201.805 Kg
Hormigón en contrapesos puente (densidad 4,3 t/m <sup>3</sup> )	277 m <sup>3</sup>
Muros pantalla	4900 m <sup>2</sup>



# 5 PUENTE JUAN BOSCH SOBRE EL RÍO OZAMA EN SANTO DOMINGO

(REPÚBLICA DOMINICANA)

El Puente Juan Bosch fue concebido como un desdoblamiento del actual Puente Juan Pablo Duarte en la Ciudad de Santo Domingo. El existente Juan Pablo Duarte sobre el río Ozama, inaugurado en 1955, comunica el núcleo principal de la Ciudad de Santo Domingo en la margen occidental, donde se ubica el casco histórico de la ciudad Colonial así como todo el núcleo de negocios y de servicios, con Villa Duarte y el Ensanche de Ozama en la margen oriental, zona de expansión de la ciudad y salida natural de la misma hacia el este.

El Puente Juan Pablo Duarte en particular da continuidad a la vía rápida elevada JF Kennedy al occidente, con la autopista de las Américas al oriente. Esta Autopista une la ciudad con el aeropuerto y las zonas turísticas de Boca Chica, San Pedro de Macorís y la Romana entre otras, siendo uno de los ejes de máxima utilización del entramado vial de Santo Domingo. El volumen de vehículos que cruzan el puente alcanza los 80.000 diarios con fuertes retenciones en hora punta. El nuevo puente permitirá el desarrollo de la margen oriental y la comunicación del centro de Santo Domingo con el aeropuerto y el resto de destinos al oriente, absorbiendo un tráfico de hasta 180.000 vehículos diarios que se alcanzará previsiblemente antes de 20 años.

## INTRODUCCIÓN

La ciudad tiene, además del recién construido puente Juan Bosch, tres puentes principales sobre el río Ozama: el Ramón Matías Mella, el Juan Pablo Duarte, y el Francisco del Rosario Sánchez; además existe un puente flotante provisional cerca de la desembocadura del río, y otros dos puentes más, aguas arriba de los anteriores, uno sobre el río Ozama y otro sobre el río Isabela. Todos ellos son puntos de congestión del tráfico.

El puente Ramón Matías Mella, conocido en la ciudad como el de la Bicicleta, el más próximo al mar, se construyó con dos carriles, y se desdobló hace algunos años porque era un cuello de botella en el tráfico de la ciudad. El mismo problema se ha planteado

con el puente Juan Pablo Duarte, un puente colgante construido en los años 50 del siglo XX, que estaba constantemente congestionado. Por ello el desdoblamiento se ha hecho imprescindible.

El proyecto del nuevo puente se ha basado en dos ideas fundamentales: en primer lugar hacer un puente actual, es decir, con las tecnologías de este momento, y en segundo lugar hacer un puente que armonizara con el puente colgante existente. Esto llevó a desechar la idea de duplicar el puente colgante, porque en la tecnología de los puentes, una luz de 180 metros es excesivamente pequeña para un puente colgante. Por ello se ha proyectado un puente atirantado de hormigón. La armonización con el colgante ha llevado a hacer un puente atirantado singular: el nuevo puente se ha proyectado con el mismo contorno del colgante, y para ello las torres del puente atirantado se han hecho de la misma altura que las del existente. La visión conjunta de los dos puentes es la superposición de los dos sistemas de cables: el cable parabólico con sus péndolas, del puente colgante, y los tirantes del puente atirantado. Esta visión es análoga a la del puente de Brooklyn en Nueva York, donde se utilizaron conjuntamente los dos sistemas de cables, cable parabólico y péndolas, más tirantes.

## DESCRIPCIÓN GENERAL

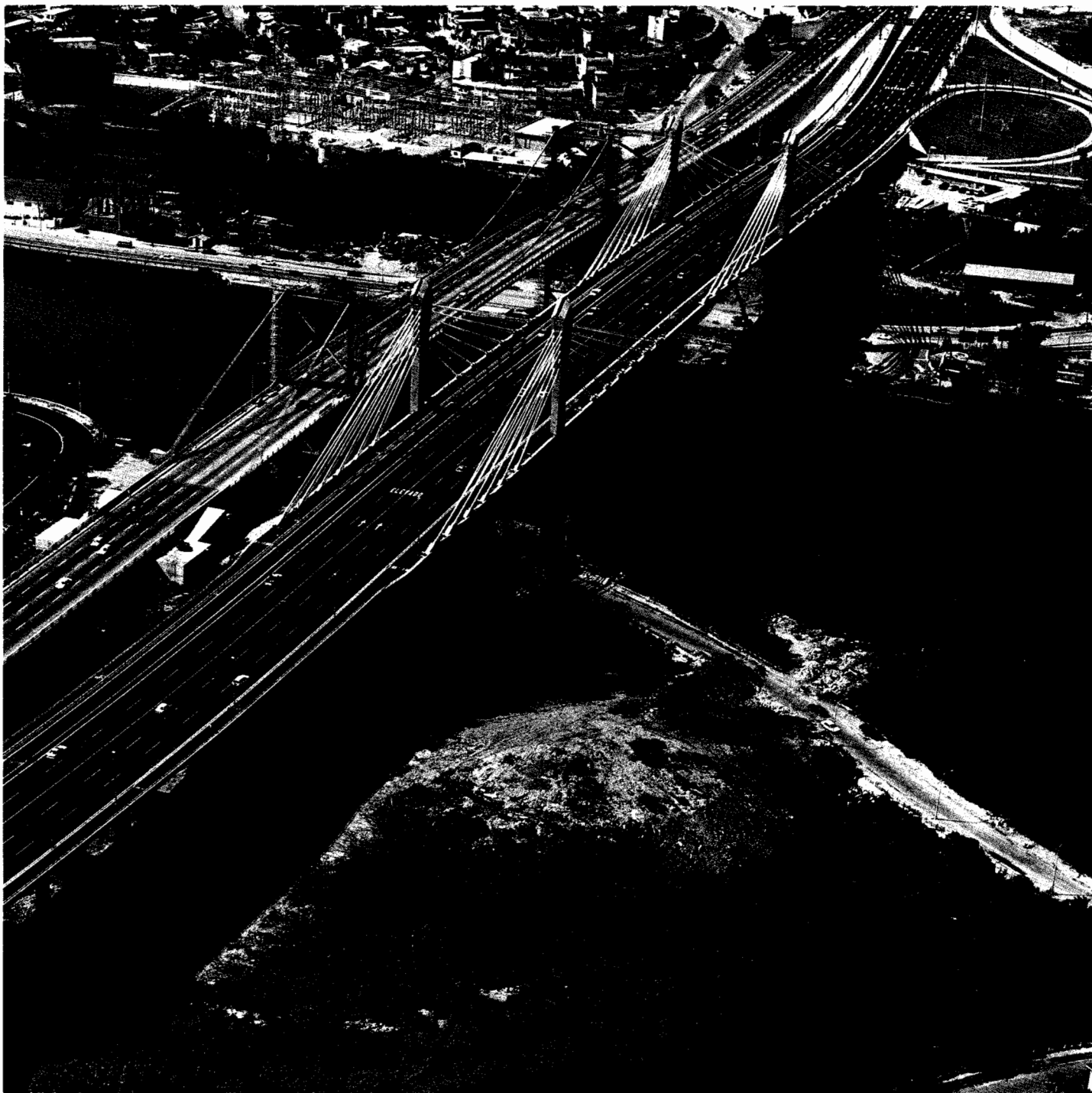
El nuevo puente, el desdoblamiento del Puente Juan Pablo Duarte, se ha situado lo más cerca posible de él. La distancia entre ambos es la menor que ha permitido la construcción del nuevo, especialmente de las cimentaciones de las torres que están alineadas con las del puente anterior. La distancia entre los bordes de los dos puentes es de 15,85 metros. Esta proximidad hace que haya una perturbación de uno en el otro, especialmente en lo que se refiere al efecto del viento, porque hay que tener en cuenta que este puente está situado en una zona de huracanes. La posible interferencia ha exigido ensayos en túnel de viento. Se han estudiado los dos puentes por separado y el efecto de

uno sobre el otro, y no hay problemas de inestabilidad.

La luz del nuevo puente es la misma del Juan Pablo Duarte, 180 metros, y tiene un ancho de 33,55 m que corresponden a cuatro carriles de circulación, dos posibles vías de ferrocarril urbano y aceras para peatones de 3,50 m. La longitud total del viaducto es de 648,10 m, que se divide en tres partes: 2 viaductos de acceso de 233 m en el lado oriental y de 68,20 m en el lado occidental. Estos dos viaductos están formados por tableros de vigas simplemente apoyadas, con luces entre 25 y 30 m. Entre los dos viaductos de acceso se encuentra el puente sobre el río Ozama propiamente dicho, que tiene una longitud de 346,90 metros.

**Puente Principal.** El puente atirantado se divide en 5 vanos, un vano central de 180 metros de luz sobre el río, y dos vanos laterales a cada lado de 47,5 y 35,95 metros de luz. El atirantamiento desde las torres es simétrico; los tirantes principales se anclan en el vano central y los de compensación en los dos vanos laterales. El ancho del tablero, de 33,55 metros, es bastante mayor del normal en los puentes atirantados. En un puente atirantado con tirantes anclados en los bordes del tablero, generalmente es el ancho el que define su canto, porque con frecuencia la flexión transversal es mayor que la longitudinal. En este puente, al tener un atirantamiento más chato, y por tanto menos eficaz, la flexión longitudinal y la transversal son del mismo orden de magnitud y esto ha llevado a un canto del tablero de 2,50 metros, que crece en la zona de los apoyos sobre las torres hasta un máximo de 4,0 metros. Las vigas transversales tienen todas el mismo canto de 2,50 metros, igual que las vigas longitudinales, más 0,30 metros debidos al bombeo del tablero.

La organización transversal del tablero es clásica en los puentes atirantados en los bordes: dos vigas longitudinales laterales que resisten la flexión longitudinal, y vigas transversales entre ellas que resisten la flexión transversal. Las vigas longitudinales son cajones de 2,50 metros de canto y 4 m de ancho, y



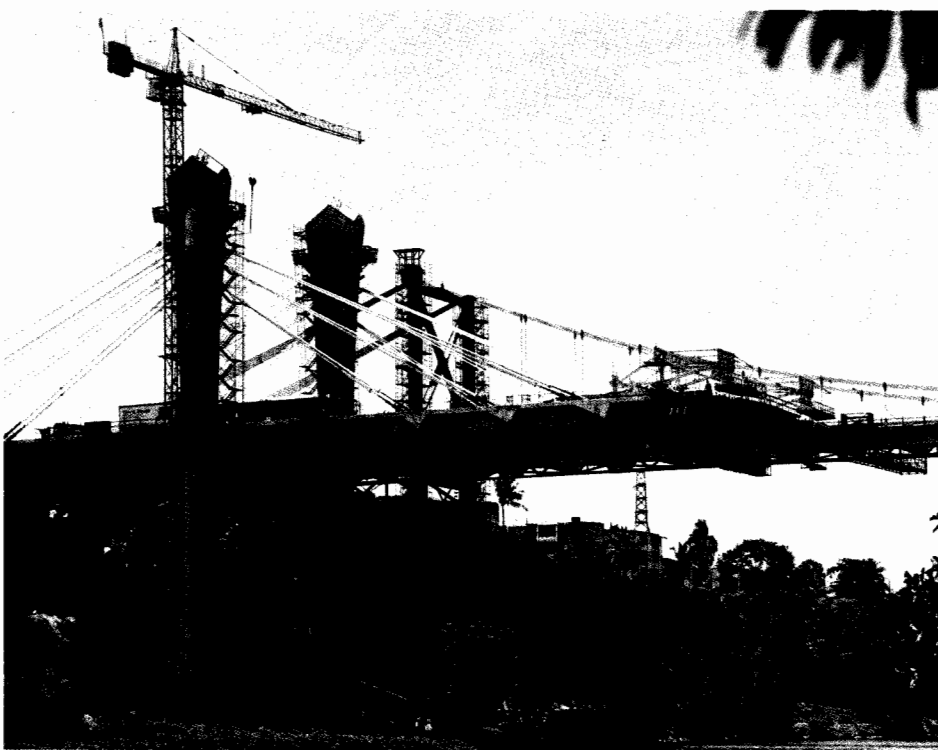
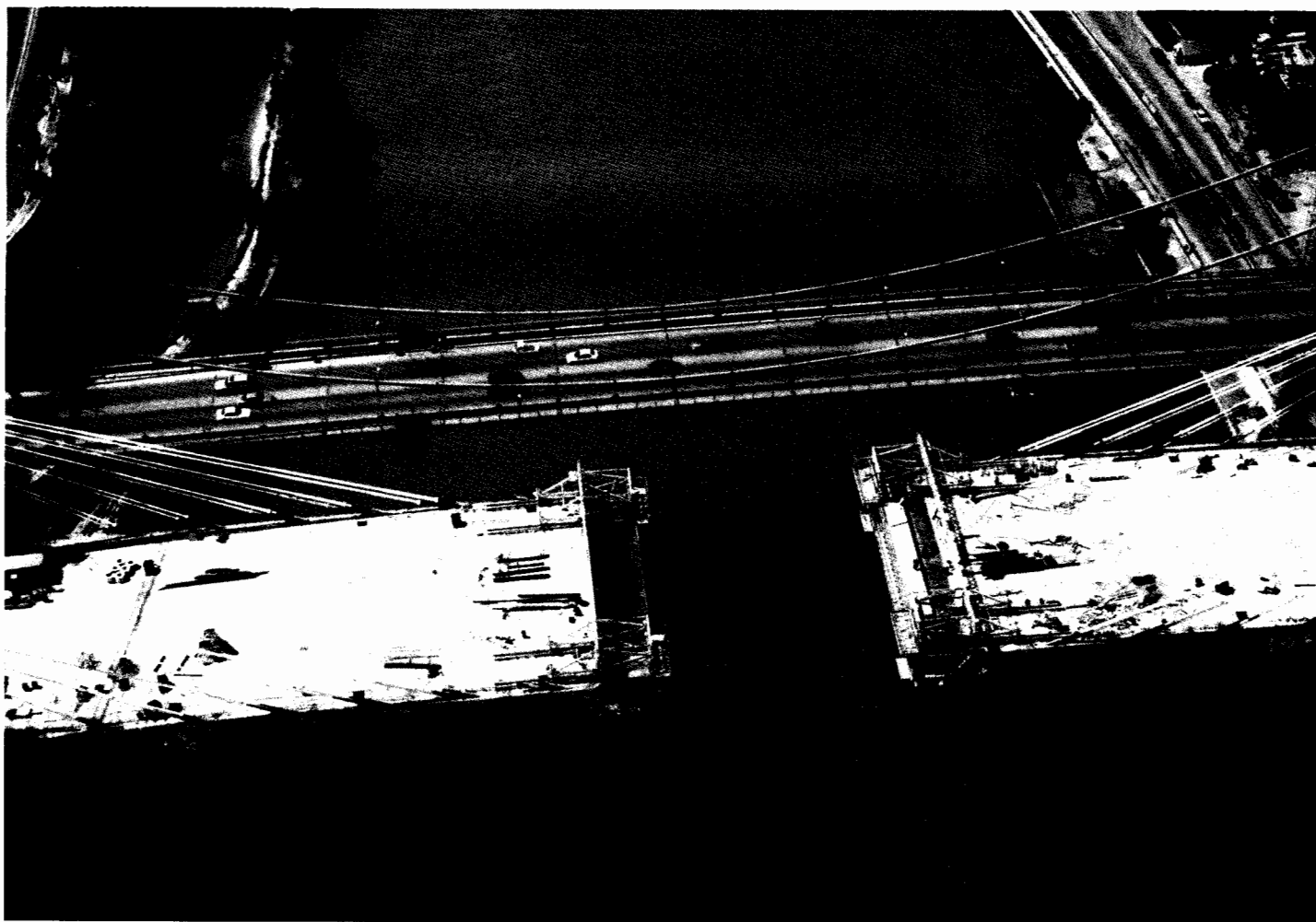
las vigas transversales son diafragmas de 2,80 m. de canto. El ancho del tablero y la pequeña altura de las torres, ha llevado a plantear éstas como pilas independientes por encima del tablero, unidas mediante una riostra bajo él. Las pilas admiten esfuerzos transversales reducidos, y por ello los tirantes se deben situar en los planos verticales que contienen los ejes de las pilas de las torres. Esto lleva a anclar los tirantes en el borde exterior

de los cajones laterales, y que éstos, al pasar por las torres tengan que aproximarse al eje del puente para evitar perder sección al pasar entre las pilas. Esta aproximación al eje se ha hecho mediante una directriz curva en planta y una discontinuidad angular en la línea de apoyos sobre la torre. Se ha mantenido plano el paramento exterior de los cajones, por lo que éstos tienen un ancho variable, que se estrecha al pasar por la torre. Los

esfuerzos que se producen en los cajones longitudinales debidos a su desviación en planta se resisten mediante las vigas transversales.

El puente de Ozama tiene un tablero de gran rigidez, y esto hace que la distancia óptima entre tirantes sea mayor que en un tablero de poca rigidez. Por ello se ha adoptado una separación entre anclajes de 10 metros. Ahora bien, esta separación, multiplicada por el ancho del tablero y sumada al efecto





de la inclinación de los tirantes que, como hemos visto, es menor que la de un puente atirantado normal, da una carga por tirante muy grande. Esto ha obligado a desdoblarse cada tirante en dos unidades. Al dividir cada tirante en dos unidades caben dos posibilidades: o bien duplicar el número de tirantes, separando los anclajes cada 5 metros, o bien hacer tirantes dobles. Se ha optado por formar una unidad con cada pareja de tirantes. En la torre se anclan en la misma horizontal y en el tablero en la misma vertical; por ello hay un giro relativo entre los dos tirantes que les da una visión cambiante, pero siempre unitaria.

La mayoría de los puentes atirantados, y todos los de gran luz, se construyen por voladizos sucesivos atirantados. En este puente, situado sobre un río de más de 150 metros de ancho, era obligado construir el vano principal por este procedimiento, pero los vanos laterales, situados sobre tierra, se construyeron sobre cimbra, más 17,50 metros de longitud del vano principal, en voladizo des-



de cada torre. La construcción in situ llevó a variar la sección del tablero en los vanos laterales, pasando a una sección de losa aligerada, con diafragmas transversales internos. Cerca de las torres, en el vano de compensación se pasa de la sección losa a la sección antes descrita de cajones laterales y diafragmas transversales, más ligera que la losa.

Otro factor importante ha sido el efecto de las acciones sísmicas. El grado sísmico 3 ha condicionado el proyecto, tanto del puente principal como de las pilas del viaducto de acceso. En el puente principal el efecto transversal, sobre el pórtico formado por los pilares y la riostra que las une bajo el tablero, ha exigido un canto de 5 m. Longitudinalmente ha resultado necesario fijar el tablero en las dos torres para repartir el efecto sísmico entre las dos; esta fijación se ha hecho mediante vinculaciones articuladas, tanto longitudinal como transversalmente. Los tirantes se anclan en los paramentos de la torre, y ello obliga a cruzarlos dentro de ella. Esto hace que la pareja de tirantes delanteros sea diferente de la pareja trasera simétrica, pero en ambos casos la resultante de la pareja está contenida en el plano vertical de la pila de la torre.

Los vanos laterales más el arranque del vano central se construyeron in situ, y la mayor parte del central por voladizos sucesivos mediante dovelas de 5 metros de longitud. Las dovelas pares tiene tirante y las impares no. Una vez hormigonados los vanos laterales, se dejan apoyados en pilas provisionales, que se van desmontando a medida que avanza el vano central y se van poniendo en carga los tirantes. El avance en voladizos da lugar a una flexión en punta predominantemente negativa. Esto ha obligado a introducir barras de pretensado provisionales bajo la losa del cajón para resistir esta flexión. Las barras son exteriores y se van desmontando según avanza el tablero. Una vez cerrada la clave se introduce el pretensado de continuidad.

**Viaductos de Acceso.** El puente se prolonga con viaductos en ambas márgenes. El viaducto de acceso en la margen izquierda tiene 233,00 m de longitud, distribuida entre 9 vanos, y el de la margen derecha tiene 68,20 m, distribuidos en 3 vanos. Estos viaductos se han resuelto con tramos simplemente apoyados, hechos con vigas prefabricadas de 25 m de luz. La continuidad formal

entre las dos estructuras se consigue igualando los cantos de ambas sobre la pila donde empalman, y sobre todo con la imposta, que se mantiene invariable a lo largo de todo el puente. El tablero de vigas y el extremo del puente atirantado tienen un canto de 1,65 m incluyendo vigas, losa y aceras. En el vano principal del puente y en los adyacentes, el tablero varía de 2,50 m a 4 m.

Las pilas de los tableros de vigas se han hecho con pórticos transversales de tres columnas unidas superiormente por un cargadero donde se apoyan las vigas. Las columnas tienen sección en cruz igual que las torres, y están unidas hasta cierta altura por un diafragma que rigidiza el conjunto para los efectos sísmicos. La cimentación de las pilas 1 a 4 se resuelve mediante una cimentación flotante constituida por micropilotes de 200 mm de diámetro y 16 m de longitud. La cimentación de las torres de atirantamiento es directa, sobre el sustrato rocoso, situado a una profundidad comprendida entre 5 y 8 m. Como estas cimentaciones se encuentran bajo el agua, se construyeron recintos de tablestacas. La excavación se realizó con retroexcavadora, y posteriormente se construyeron las zapatas, de 18,50x14,75 m y con una espesor máximo de 4 m. El resto de las cimentaciones son directas sobre roca.

**Torres de Atirantamiento.** Las torres de atirantamiento se realizan en hormigón armado. Están constituidas por pórticos en H de 62,61 m de altura, separados 32,60 m y unidos por una viga riostra de 5 m de canto y 1,5 m de ancho. La parte superior de la

riostra se sitúa a 28,75 m. Arrancan con una sección circular de 5,48 m, para pasar a una sección en cruz con caras curvas a partir de 11,69 m. La construcción de los fustes se realiza con encofrados trepantes con una altura de trepa de 4 m aproximadamente.

**Pilas.** Además de las torres principales, el puente tiene 14 pilas más de hormigón armado, formadas por tres fustes de sección en cruz y ancho variable en toda su altura. Estos fustes están unidos en su cabeza por un cargadero, y en su base por un diafragma.

**Tablero del Puente Principal.** El problema fundamental de la construcción de este puente es el paso del río Ozama. Los vanos laterales se construyen en dos fases. En la primera fase se construye la zona de losa aligerada, que comprende el vano lateral extremo, más una zona del vano lateral próximo a las torres. Esta fase se deja apoyada en las pilas definitivas, más dos apoyos provisionales, uno en el centro del vano extremo y a 15 m de la pila principal. En la segunda fase se construye el resto del vano lateral próximo a la torre y los 17,50 m iniciales del vano central. En esta fase se disponen otros dos apoyos provisionales, uno en el extremo de la fase en el vano central y otro simétrico de éste respecto de la torre. A partir de esta zona sobre cimbra, el tablero se construye por voladizos sucesivos de 5 m. Dadas las dimensiones del tablero, el carro de avance es probablemente, uno de los más grandes utilizados en la construcción de puentes. ●

#### FICHA TÉCNICA

<b>Promotor:</b>	Secretaría de Estado de Obras Públicas y Comunicaciones
<b>Proyecto:</b>	Carlos Fernández Casado, S.L. Ing. de Caminos Leonardo Fernández Troyano
<b>Empresa constructora:</b>	FCC Construcción Dragados, Obras y Construcciones Construcciones Civiles y Marítimas, S.A.
<b>Presupuesto:</b>	39,034 millones de €
<b>Fecha de Acabado:</b>	Diciembre 2001

#### CARACTERÍSTICAS

Puente atirantado de hormigón de cinco vanos, con uno central de 180 m. La longitud total del viaducto es de 648,10 m.

Luz del tramo central atirantado	180,00 m	Acero activo	685.302 Kg
Anchura del tablero	33,55 m	Vigas prefabricadas	3.344,50 m
Tirantes	Dos planos de 24 parejas	Muro prefabricado tipo tierra armada	533,58 m <sup>2</sup>
Hormigón	34.004 m <sup>3</sup>	Acero estructural	468.191 Kg
Acero pasivo	3.547.829 Kg	Encofrado	51.247 m <sup>2</sup>



## NUEVOS PUENTES DE LA RONDA DE LA HISPANIDAD

(ZARAGOZA-ESPAÑA)

La ciudad de Zaragoza, ya bimilenaria, nació en la orilla sur del río Ebro. Su crecimiento progresivo, que la ha convertido en la quinta capital española, fue ampliando los límites urbanos hacia el sur, dejando siempre al río como frontera. En las últimas décadas, Zaragoza ha apostado decididamente por un desarrollo urbano orientado hacia el norte convirtiendo al Ebro en un eje destacado de la ciudad. Esta integración del río en la ciudad, ha exigido la construcción de nuevos puentes sobre el mismo que faciliten la necesaria permeabilidad urbana. Destacan en esta fase los puentes de la Almozara, de las Fuentes, o los más recientes del Pilar.

La **Ronda de la Hispanidad**, que forma parte del tercer cinturón urbano de la ciudad de Zaragoza, constituye un nuevo e importante paso adelante en esta tendencia. Se trata de una vía urbana que abraza a la nueva ciudad, la que se extiende a ambos lados del río Ebro. Esta nueva obra, enmarcada en un convenio de colaboración entre el Ministerio de Fomento y el Ayuntamiento de Zaragoza,

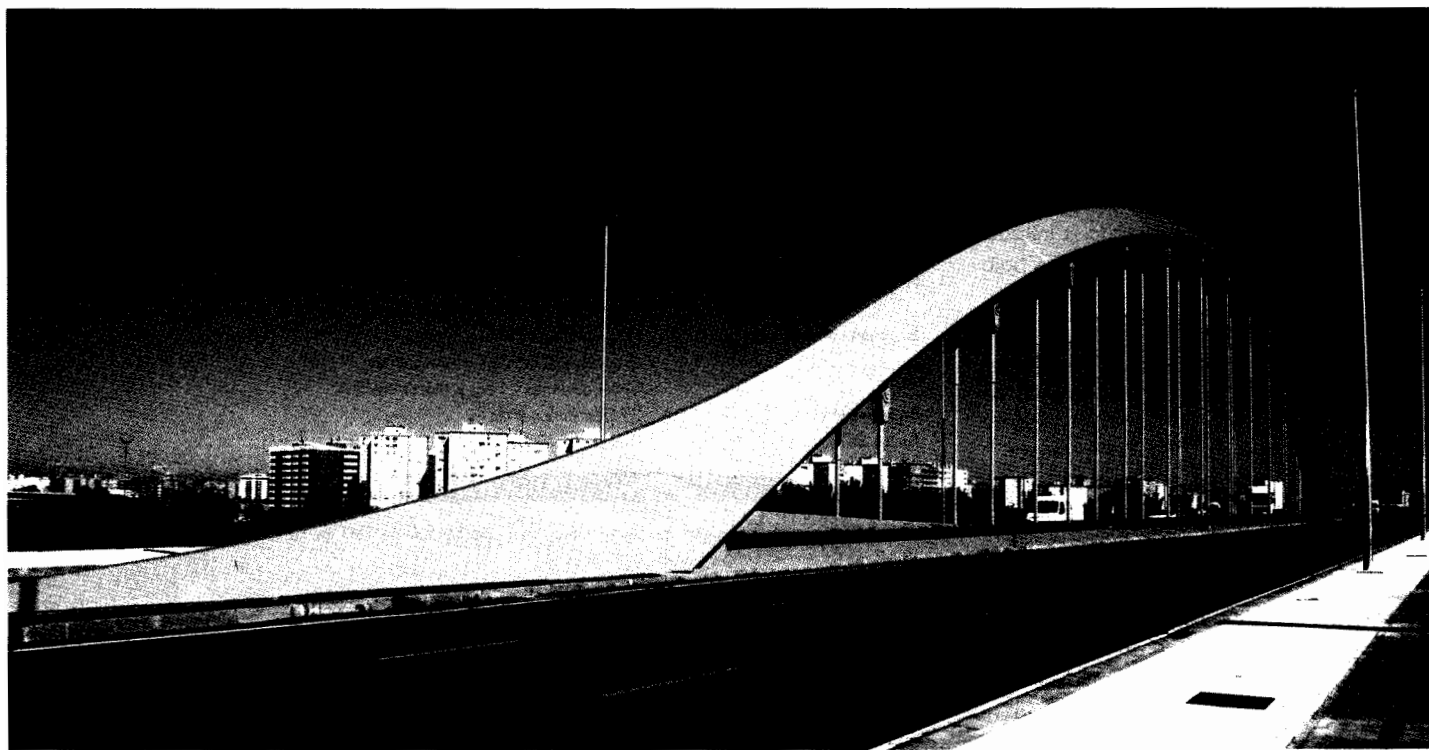
ha sido concebida para los ciudadanos: los que van a pie, los que prefieren la bicicleta o cualquier otro tipo de vehículo. Se trata de una vía urbana de diez kilómetros y medio que comienza en su intersección con la N-330, enlaza con la N-232 y termina pasada la conexión con la autopista A-2. La plataforma típica está constituida por aceras exteriores para peatones, carril bici y calzada de doble carril por sentido, con sus correspondientes arcenes. Cuenta con todo tipo de equipamiento urbano, y tanto en la fase de proyecto como en la de ejecución se ha tenido presente de modo permanente su integración paisajística y ambiental.

Se ha cuidado especialmente la integración de la Ronda en el entramado urbano. Como elementos emblemáticos dentro de las estructuras la Ronda de la Hispanidad, destacan los tres puentes que se presentan a este Premio Puente de Alcántara. Cada uno de ellos ha sido concebido para una función principal distinta: el tráfico rodado, el transporte de agua y el tránsito peatonal. Los tres nuevos Puentes denominados Puente sobre el río Ebro, Acueduc-

to del Canal Imperial de Aragón y Pasarela peatonal, son fruto de una misma línea argumental: la pureza estructural como abstracción de una idea que pone a la ingeniería al servicio de un fin, pero sin perder en ningún momento el compromiso firme con el progreso, buscando el desafío técnico como elemento de vanguardia.

Se pueden definir como obras de nuestro tiempo, concepto que pretende reflejar el espíritu que subyace detrás de los tres puentes. Cada uno de ellos responde a una función específica, y se han resuelto tras un ejercicio creativo riguroso en el que confluyen forma, función y comportamiento estructural. Para cada una de las estructuras se ha propuesto una solución que, desde la innovación que ha estimulado siempre el avance de las ciencias, respete el firme compromiso de la labor del ingeniero con el objetivo de servicio que constituye el fin último de nuestras obras.

En el **Puente sobre el río Ebro**, construido con hormigón, destaca la singularidad con que ha sido resuelto su vano principal.



## NUEVOS PUENTES DE LA RONDA DE LA HISPANIDAD DE ZARAGOZA



Tiene una luz de 120,0 m, plataforma de 31,0 m de ancho, y se sustenta en su eje central con un único arco de sección triangular mixta, muy esbelto, en el que el pandeo fuera de su plano está controlado por la componente transversal de los tirantes de cuelgue, lo cual supone un avance significativo en la solución de este problema resistente que hace único al puente sobre el río Ebro. Merece especial atención la esbeltez del cajón que constituye el dintel.

Respetando el espíritu con el que Pignatelli gestó el Canal Imperial del Aragón, cualquier solución que se adoptara para la estructura debería mantenerlo navegable. En el **Acueducto del Canal Imperial de Aragón** su forma surge de la conjunción del concepto del canal, con su forma abombada, cilíndrica que conduce agua, con lo resistente, que esta misma forma determina. Y a este hecho singular se une la disposición de dos vías de circulación laterales en la parte superior, cuya fun-

ción se resuelve sin más que extender la forma laminar que conduce y soporta el agua, hacia los lados. Conducción de agua y conducción de vehículos se organizan en la misma estructura resistente y formal. Se trata de una estructura laminar de hormigón sometida a unas cargas de servicio realmente formidables, en la que la materialización de las exigencias funcionales ha permitido resolver el problema resistente.

En la **Pasarela peatonal** se puede constatar la ligereza de su diseño, posible gracias a la sofisticación propia de la tecnología más reciente. Es una estructura metálica en la que el arco, único en el empotramiento, se bifurca para albergar en su eje el tablero, que queda colgado de sus extremos desde los arcos exteriores. La variación de la rasante del tablero permite que los tirantes, al salir del plano del arco, lo sujeten lateralmente, de forma que se libera al empotramiento conjunto de momentos transversales. La componente horizontal del arco se vincula al tablero.

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

#### • Puente sobre el río Ebro

El puente del Ebro constituye la estructura más importante de la Ronda de la Hispanidad. Se trata de un puente de 31,0 m de anchura, formado por dos aceras laterales de 4,0 m, dos calzadas centrales de 10,0 m cada una y de una mediana de 3,0 m. Situado en la actualidad a las afueras de la ciudad, se convertirá en un puente urbano, con vías de tráfico que discurren a lo largo del río y que atravesarán el puente por debajo. Este hecho resulta importante pues la realización de un puente de 120 m de luz es muy fácil con la utilización de un diseño normal, pero lo normal, si no se tiene un cuidado especial, es conseguir cantos muy importantes, ante los que las vías inferiores se incrustan visualmente como en una pared. Por esta razón se intentó eliminar este feo aspecto visual, utilizando tipologías especiales que producen cantos más pequeños y configuraciones espaciales más hermosas.

Se plantea por tanto el problema de poder mantener un dintel de poco canto, par lo que será necesario establecer un soporte adicional, que le permita saltar de uno a otro lado del río. Para ello se ha dispuesto un arco central de 120 m de luz que cuelga el tablero en



su eje. Así la torsión debida a la sobrecarga no simétrica, es resistida por el dintel y su sección cajón, y el arco resiste la mayor parte de la carga centrada. Además el diseño del dintel es de sección curva, lo cual le confiere una propiedad especial. El concepto de canto desaparece en su forma ondulada y la sensación del que cruza no pasar bajo un obstáculo sino de deslizarse bajo una onda suave.

No es éste el primer puente arco que se proyecta con arco central. Carlos Fernández Casado S.L. ya ha proyectado y construido un puente arco similar de 64 m de luz, el puente de Alcantarilla en Murcia. Sin embargo difiere sustancialmente de este caso. En primer lugar su luz es prácticamente el doble. En segundo lugar, el concepto del arco es distinto. Mientras en el puente de Alcantarilla se utiliza un arco doble para conferir al mismo rigidez transversal de cara al pandeo en esa misma dirección, en este caso el arco es simple, mixto, de gran esbeltez longitudinal y transversal, con sección triangular y que produce un adelanto significativo en la solución del problema del pandeo fuera del plano, pues se considera la eficacia de la componente transversal del tirante, cuando el arco tiende a salirse del plano.

Este hecho no se ha considerado en otros dos casos de puente arco con arco único en el

centro, de magnitud similar a la de este puente. Nos referimos al puente sobre el Salzach (Austria) de 133,5 m de luz y 29,5 m de anchura o al puente de Izumi-Otsu en Osaka de 175 m de luz. En ambos casos la referencia entre arco y tablero se realiza con diafragmas rígidos transversalmente, en lugar de tirantes, lo que afea mucho la estructura.

El resultado de estos planteamientos hace del arco de Zaragoza único. Es una solución discreta, elegante y nueva, entendiendo por nueva en este caso la realización de un paso adelante en el proceso conseguido hasta ahora con los puentes arco.

Como ya se ha indicado, la solución consiste en la realización de un dintel de canto constante y esbelto de 2,2 m de canto que se ayuda de un arco mixto - acero-hormigón- para salvar los 120 m de luz del río. Está constituido por cinco vanos de 40 m + 52 m + 120 m + 52 m + 40 m. Transversalmente tiene 31,9 m de anchura, divididos en dos aceras de borde de 4 m, una mediana central de 3 m y dos calzadas de 10 m cada una.

El puente se subdivide en tres partes. La parte central, constituida por un puente arco de 120 m de luz y las dos laterales, de 92 m de longitud, separadas de la central por una junta de dilatación. Las partes laterales y la central no se interfieren resistentemente en na-

da. Únicamente utilizan la misma pila, como apoyo común, apoyo que se realiza a media madera con el fin de coaccionarse mutuamente en la cuantía de la carga a la pila. De hecho, el dintel correspondiente a la zona central necesitaría ser anclada, por torsión, en la pila, lo que se evita con el apoyo de los tramos de acceso.

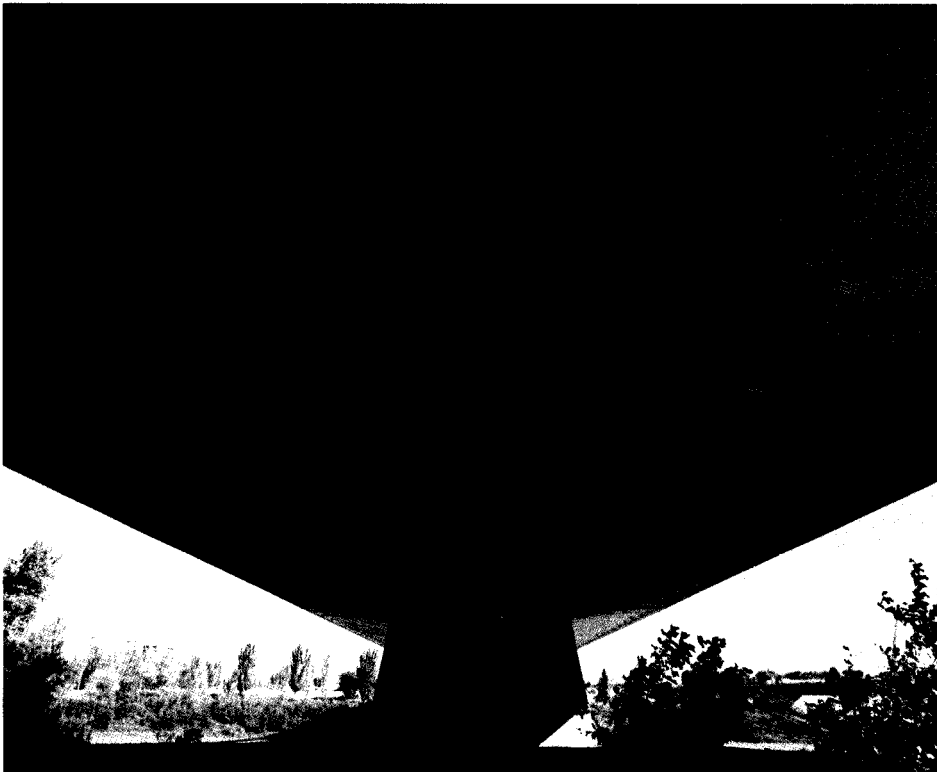
El tramo principal, el correspondiente al puente arco, está constituido por dos elementos básicos fundamentales, el arco por un lado y el dintel por otro.

El arco, de directriz parabólica de 18 m de flecha, tiene una sección triangular variable, desde un canto mínimo en el centro de 1,6 m, hasta un canto máximo junto a los apoyos de 1,74 m. La sección triangular se achafana en las esquinas. El espesor de la chapa es de 60 mm de acero. El hormigón interior rellena completamente el arco y está vinculado con él hasta formar una estructura mixta. El tablero está formado por un cajón central bicelular de 2,2 m de canto en el eje del puente y disminuye ligeramente hacia los bordes de este mismo cajón, que distan entre sí 10 m. Las almas exteriores son de espesor variable entre 0,45 y 0,8 m y las interiores entre 0,5 y 0,8 m. Transversalmente el dintel se completa con dos unidades nervadas de 40 cm de anchura. Los tirantes se disponen a una distancia de 8 m y se anclan a los lados del alma central. Se dispone, en ese mismo punto, una viga transversal que transfiere la carga conducida por las almas laterales al tirante.

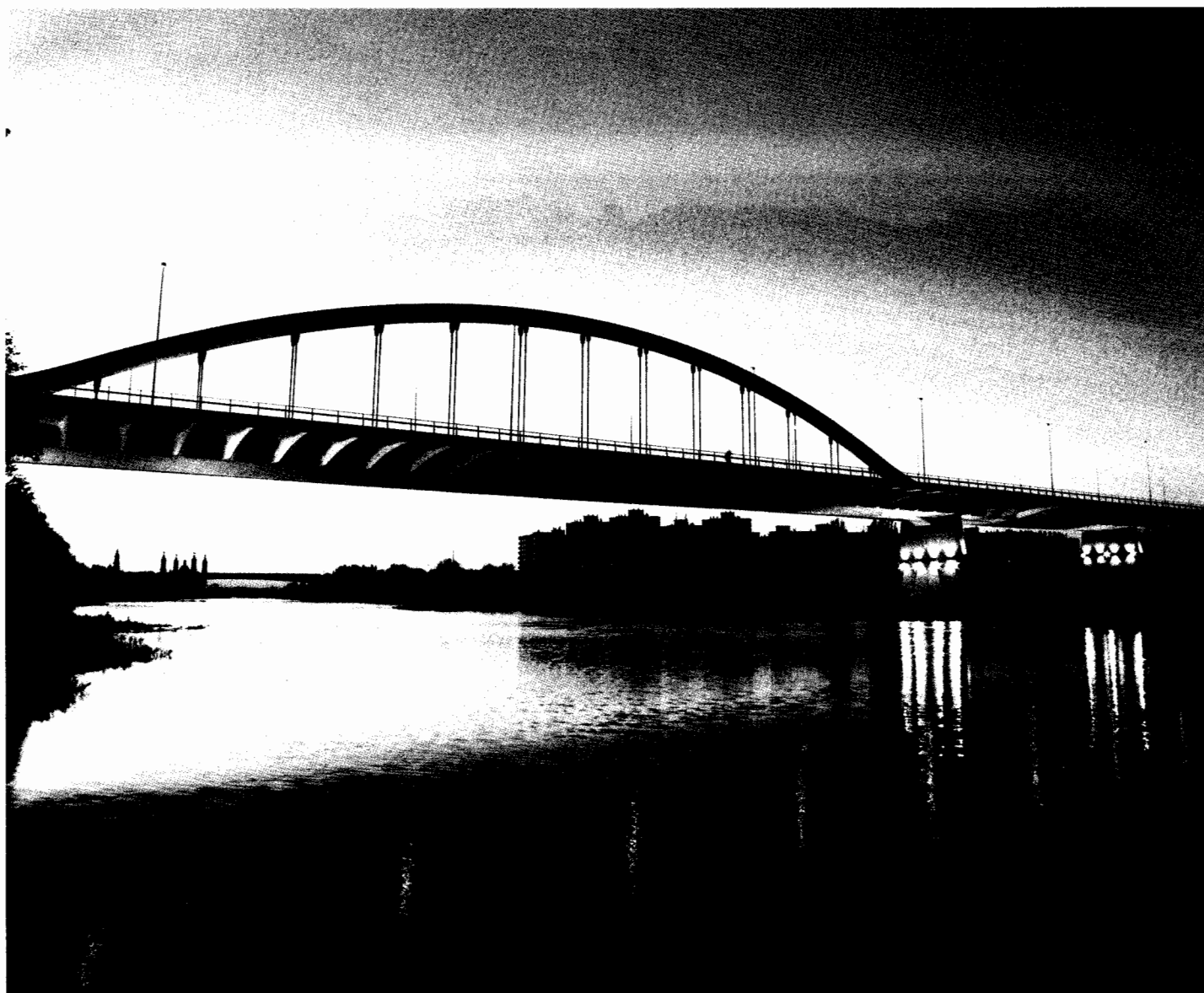
El dintel está pretensado longitudinal y transversalmente. Longitudinalmente para enfrentar el empuje del arco, que se cortocircuita a lo largo del dintel y además para reducir el efecto de la flexión vertical. Transversalmente, en los nervios o costillas transversales para transmitir su efecto al cuerpo central.

Las péndolas están formadas por dos unidades, en cable cerrado, separados entre sí, en dirección transversal, 1,3 m. Sus diámetros son variables según su localización en el puente con valor típico de 80 mm y las extremas de 92 mm.

Los tramos de acceso tienen dos luces continuas de 50 m y 42 m. En este caso el cajón es monocelular pero manteniendo el canto y las células transversales del tramo colgado del arco. Se pretensa longitudinal y transversalmente, así como se arma con la armadura pasiva correspondiente. El tramo principal, el tramo arco, apoya el arco sobre la pila por medio de dos apoyos principales de neopreno-te-







flón en caja fija y el dintel por dos apoyos laterales. Como en casos extremos de carga, uno de estos últimos apoyos podría ponerse en tracción, para evitar anclarlo a la pila se pone encima el apoyo del tramo de acceso. De la misma manera, aunque los tramos principal y de acceso están separados, el arco penetra en el tramo de acceso a lo largo de su mediana, lo que determina una particular configuración de los apoyos. Entre ambos tramos de acceso se dispone una pila principal y en su extremo un estribo nuevo. Pilas y estribos descansan sobre pilotes.

Una vez terminado todo el dintel, se pintó de blanco, al igual que las barandillas. El arco se pintó de un gris azulado y únicamente se pintaron de azul los tubos longitudinales de las defensas. Todo el puente está iluminado tanto

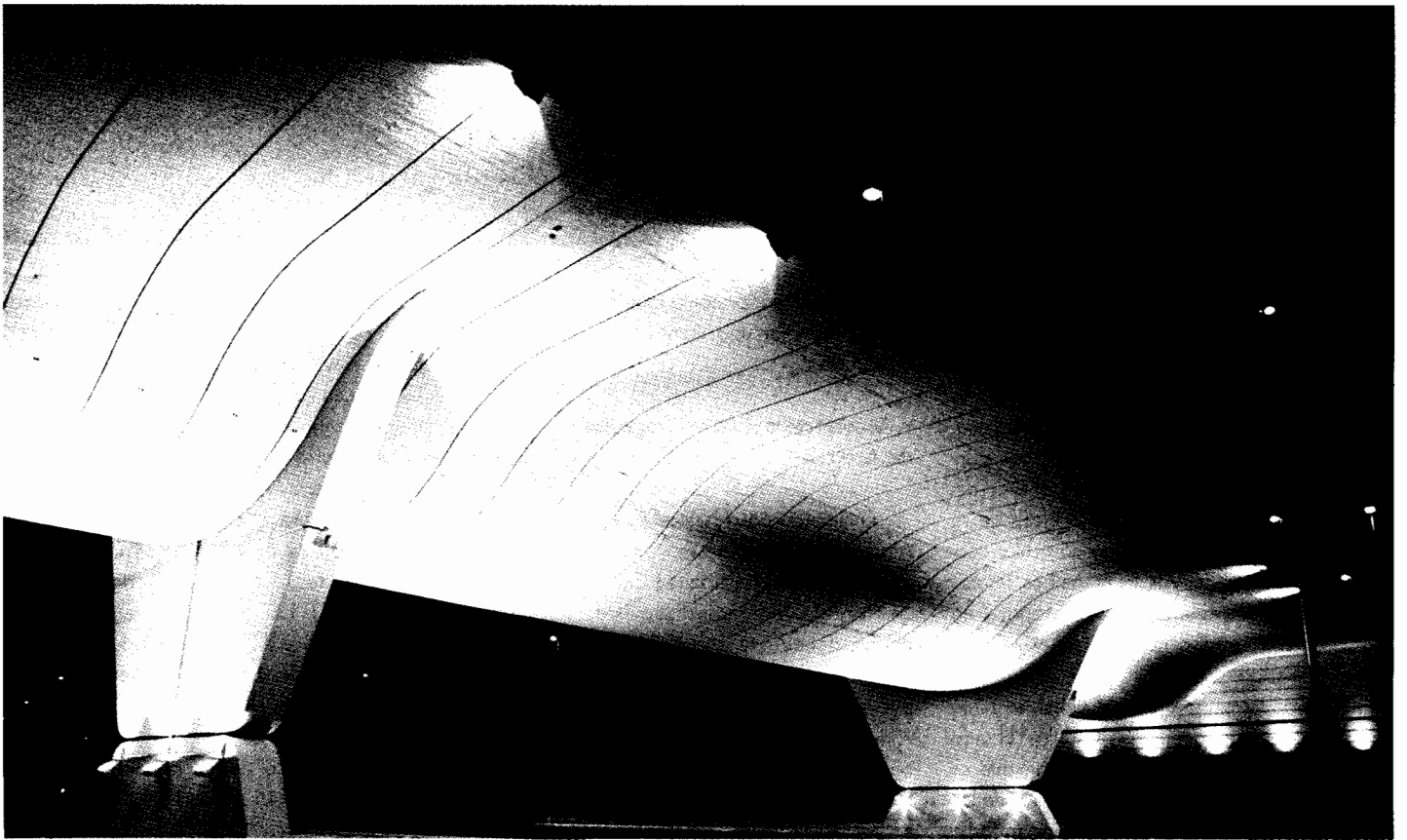
en su parte superior como inferior, con el objetivo de obtener una iluminación ornamental adecuada.

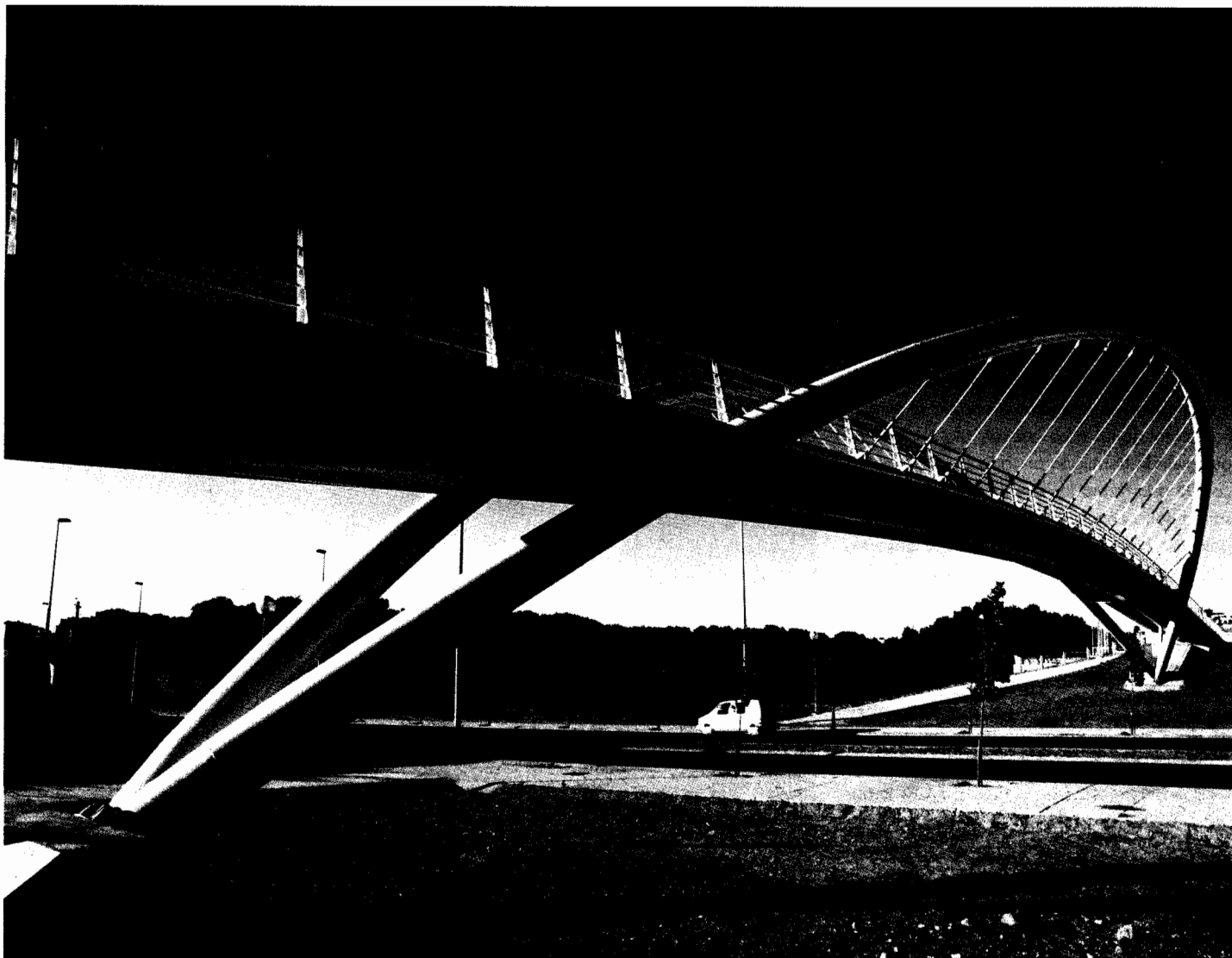
#### • Acueducto del Canal Imperial de Aragón

El cinturón pasa bajo el Canal Imperial de Aragón. Por ello se ha realizado un acueducto nuevo, separado del acueducto actual. Las necesidades funcionales previstas para este puente-acueducto son dobles. Por un lado transportar la carga de agua de 35.8 T/m y por otro servir de paso para dos calzadas de 7 m de anchura y 3 m de acera. Se trata de condiciones funcionales realmente formidables. La solución realizada consiste en materializar las exigencias funcionales y hacer que

ellas resuelvan el problema resistente. Para ello se configura el canal en forma de viga de sección curva con lo que se cumple la doble misión. El canto dado a la sección curva determina una viga de gran capacidad dentro de la cual discurre el canal, y soporta lateralmente las calzadas.

Se configura el acueducto en tres vanos continuos de 24 m, 40 m, y 24 m. La anchura total es de 34.4 m, que se divide en tres tramos de 11.1 m (calzada lateral), 12.2 m (canal central) y 11.1 m (calzada lateral). El canto total es de 4.45 m. Transversalmente el puente-acueducto es una losa de espesor variable. De 20 cm en el borde, pasa a 1.8 m en su unión con el cajero del acueducto, para reducirse a 0.45 m en el eje de la estructura.





El comportamiento resistente responde a esta distribución de espesores. Las calzadas laterales que discurren por los voladizos, transportan transversalmente la carga hasta el canal por cuya inercia longitudinal se transporta a las pilas. La flexión transversal se empieza a reducir en esa especie de apoyo ficticio que son los bordes del acueducto. Se podría haber reducido la penetración de esta flexión transversal en el cuerpo del acueducto disponiendo tirantes transversales que cosiesen entre sí los bordes de la cubeta, pero esto no ha sido posible dado que se pretende que el canal pueda utilizarse para navegación con pequeñas embarcaciones. El acueducto se pretensa tanto en dirección longitudinal como transversal, y tanto en los voladizos como en las cubetas. De la misma manera se dispone la armadura pasiva para completar la función resistente del pretensado.

Las pilas y los estribos no solo tienen aquí la función de soporte de las cargas. Constituyen además las únicas riostras transversales que tiene la estructura, vigas riostras transversales que cortocircuitan la tendencia a abrirse de la sección transversal. Razón ésta por la cual se empotra el dintel en ellas. Las pilas se dividen por tanto en dos partes: la superior unida permanentemente al dintel se apoya sobre aparatos de neopreno en la parte inferior, lo que posibilita los movimientos longitudinales del puente-acueducto. En el estribo pasa prácticamente lo mismo aunque en menores proporciones. Una parte del estribo se adosa al dintel, rigidizando transversalmente, y descansando sobre el resto del estribo que adquiere una configuración tradicional. Pilas y estribos se apoyan sobre pilotes. Se establece una transición en la sección hidráulica del acueducto de sección curva a una sección rectan-

gular básica. Esta transición se encuentra fuera del acueducto.

Se disponen berengenas transversales bajo el dintel, desde un borde a otro, con una separación de 2,0 m y anchura variable entre 4 y 5 cm con 1 cm de profundidad. Su misión es acentuar la forma lenticular del dintel, que desaparecería, convirtiéndose en una losa plana, bajo determinadas condiciones de iluminación natural. En los estribos se disponen también berengenas horizontales. Todo el puente-acueducto se pintó con pintura blanca RAL-9002.

#### • Pasarela peatonal

Esta pasarela, situada en el P.K. 1+415 tiene como finalidad comunicar los dos márgenes del área de esparcimiento conocidas como "pinas de Venecia". Tiene una longitud de 86 m, y una anchura útil de 3 m. Está for-

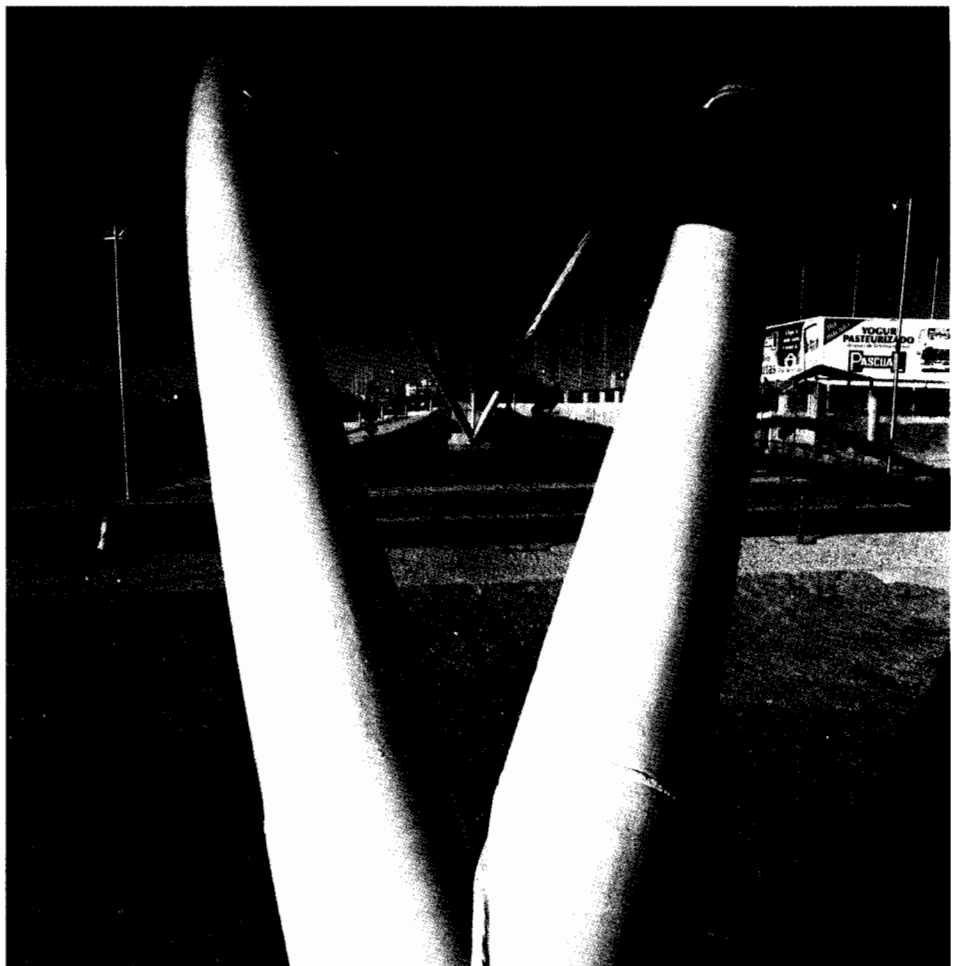
mada por dos arcos de tubo de acero de 550 mm de diámetro de los que se suspende el dintel metálico. Los arcos se encuentran en dos planos inclinados abiertos para el usuario de la pasarela lo que le proporciona sensación de amplitud. Tienen una luz de 54,90 m y una flecha de 11,0 m. El dintel está compuesto por tres tubos de acero, dos superiores de 300 mm de diámetro y uno inferior de 550 mm. La plataforma se materializa por una chapa entre los tubos superiores con sus rigidizadores. Cada 2 m se dispone una viga transversal que une los tubos y la chapa superior. En los extremos de estas vigas transversales se disponen las péndolas de unión con los arcos. El empuje horizontal de los arcos se traslada a través de puntales de hormigón armado al dintel metálico. De esta forma las cimentaciones de la pasarela son convencionales, por medio de zapatas de hormigón armado. Toda la pasarela está pintada de color blanco RAL-9002.

## LA OBRA

Para la construcción del **Puente sobre el río Ebro** se aprovecharon las épocas de estiaje para generar unos apoyos provisionales que independizaran el desarrollo de la ejecución de la estructura de la corriente del río. Sobre esta plataforma de trabajo se fue generando el tablero, todo con hormigón in situ, en dos fases: núcleo y voladizos, con la ayuda de cimbras porticadas y carro de voladizos autónomo. Con el tablero terminado se montó la parte metálica del arco, se rellenó de hormigón, y se materializaron los tirantes de suspensión que, una vez puestos en tensión, liberaron el puente de los soportes provisionales para dejar la estructura en su esquema estático definitivo.

El **Acueducto del Canal Imperial de Aragón** se ejecutó con hormigón in situ en tres fases, por el procedimiento de vanos sucesivos. Se ejecutó sobre cimbra, utilizando un encofrado de madera colocado tabla a tabla para reafirmar la belleza de la sección del acueducto.

La **Pasarela Peatonal**, metálica, se ejecutó por tramos en taller. Ya en obra se ensambló con la ayuda de apoyos intermedios y se unió a las cimentaciones ejecutadas in situ. Tras la colocación de los tirantes se procedió al desapeo y su puesta en servicio. ●



## FICHA TÉCNICA

<b>Promotor:</b>	Ministerio de Fomento. Secretaría de estado de infraestructuras.
<b>Proyecto:</b>	Dirección General de Carreteras Director: D. Angel Morancho Saumench. Ing. de Caminos de la Demarcación de Carreteras del Estado en Aragón. Autor: UTE Sers, S.A. - Carlos Fernández Casado, S.L
<b>Empresa constructora:</b>	Ronda de la Hispanidad UTE: - ACS Proyectos, Obras y Construcciones, S.A. - FCC Construcción, S.A.
<b>Presupuesto:</b>	8.983.107 € - Puente sobre el río Ebro: 6.854.756 € - Acueducto Canal Imperial: 1.914.644 € - Pasarela: 209.707 €
<b>Fecha de Acabado:</b>	Agosto 2002

## CARACTERÍSTICAS

	Puente sobre el río Ebro	Acueducto	Pasarela
Longitud	304 m	98,0 m	86,0 m
Anchura	31,9 m	34,4 m	3,0 m
Canto	2,2 m	0,45 m	-
Luz arco	120 m	Calado: 4,00 m	54,8 m
Pilotes	2.614 m	1.088 m	
Cimbras	57.000 m <sup>3</sup>	27.245 m <sup>3</sup>	
Encofrado curvo visto	14.900 m <sup>3</sup>	3.220 m <sup>3</sup>	
Hormigón	10.545 m <sup>3</sup>	4.953 m <sup>3</sup>	
Acero	2.410 Tn	640 Tn	67,8 Tn
Apoyos tipo "pot"	18 uds.		



# VIADUCTO PIPIRAL. CARRETERA BOGOTÁ-VILLAVICENCIO

(COLOMBIA)

Recientemente, el Instituto Nacional de Vías dio al servicio del tránsito automotor una de las obras más destacadas de la nueva vía Bogotá-Villavicencio, denominada el Viaducto Pipiral, que en una longitud total de 545 metros cruza la quebrada Pipiral cerca a su desembocadura en el río Negro, a una altura de más de 140 metros. Está ubicada trece kilómetros antes de la intersección "Los Fundadores", en donde la vía nueva llega a la carretera que conecta a Villavicencio con Acacias.

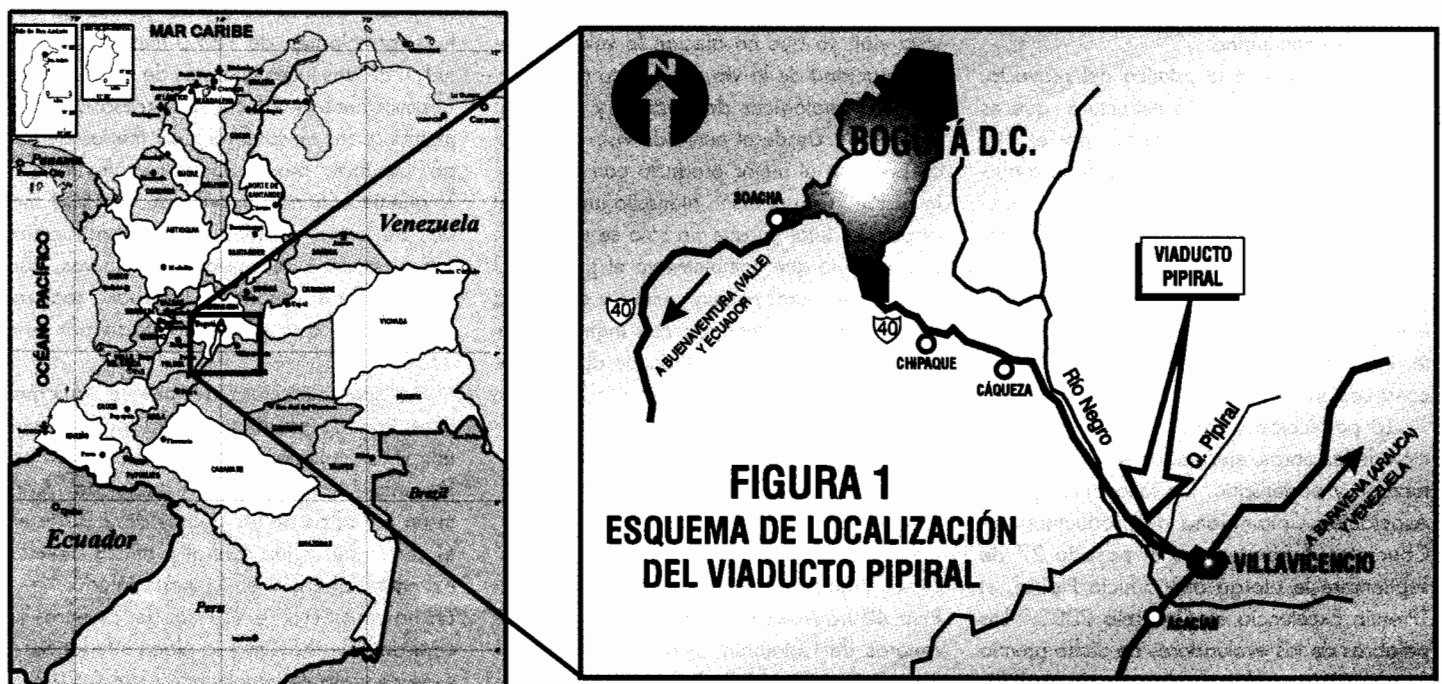
La nueva vía Bogotá-Villavicencio, de 90 kilómetros de largo, forma parte de red troncal de carreteras nacionales, está identificada como Ruta 40 transversal, y es la comunicación del país en el sentido occidente-oriental, así: desde el puerto de Buenaventura, en el Océano Pacífico, atraviesa la cordillera de Los Andes, en sus ramales occidental, central y oriental, pasa por Bogotá D.C. y termina en los Llanos Orientales. La Ruta 40 es parte de la comunicación internacional que desde el sur, integra a Ecuador con Colombia y posteriormente con Venezuela, cuando se construya el puente de Saravena, en los límites del Departamento de Arauca con la fron-

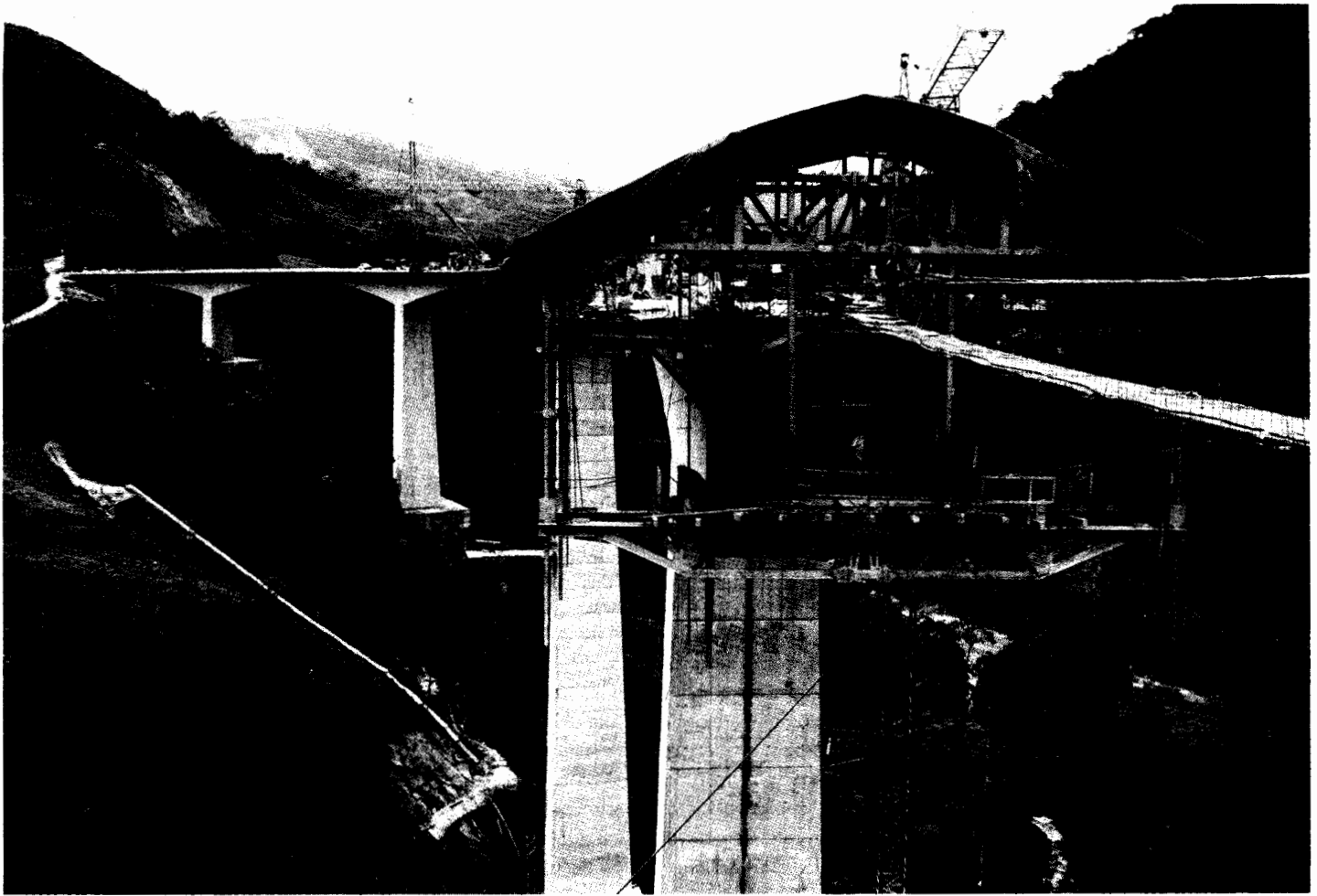
tera venezolana, lo cual proveerá la más expedita comunicación Quito-Bogotá-Caracas. El Viaducto Pipiral es uno de los enlaces fundamentales para lograr la plena integración social, económica y cultural de la región Andina del país, en donde están, además de la capital de la república, otros importantes centros urbanos e industriales, con la región de los Llanos Orientales de vocación agropecuaria, cuyo desarrollo sostenible ahora se incrementará sustancialmente.

Tecnológicamente, la concepción, diseño y procedimientos constructivos del Viaducto Pipiral, son un destacado avance en el proceso del desempeño profesional colombiano, a partir de planteamientos modernos de ingeniería vial; y de programas altamente especializados para los estudios de geotécnica, de hidrología, de hidráulica, sísmológicos, y estructurales, en una zona de potenciales avalanchas y de fallas geológicas activas. Además, debido a las características especiales del puente, con curvatura en planta, vigas de sección parabólica, y pilas de gran altura, con notables diferencias entre ellas, fue necesario llevar a cabo estudios específicos de sísmica para establecer el coeficiente de ace-

leración a nivel de roca, y de refracción sísmica para la evaluación de velocidades de onda, y análisis bidimensional de respuesta dinámica del suelo para establecer los valores de ampliación en superficie en cada uno de los apoyos, con lo cual se verificaron las condiciones de estabilidad estática y dinámica de los taludes y su incidencia en la infraestructura del Viaducto.

Para el análisis de la estructura se utilizó un modelo tridimensional con base en elementos tipo viga - columna para la superestructura, columnas y pilotes; y elementos finitos tipo membrana y/o sólidos para la modelación de las zapatas. En las conexiones superestructura - pila, pila - zapata y zapata - pilotes, se empleó la opción del programa de análisis de zonas rígidas. La idealización del suelo alrededor de los pilotes, se realizó mediante la introducción del concepto de resortes. El análisis se ejecutó mediante el empleo del programa Sap 2000 versión 6.99. Se realizó un análisis espectral multimodal para la determinación de las fuerzas sísmicas. Como consecuencia de la configuración de la estructura (pórtico continuo curvo) fue necesario tener en cuenta cargas por gradiente de tem-





peratura, acortamiento del tablero por efectos de retracción del fraguado y flujo plástico, y momentos hiperestáticos del tensionamiento de continuidad.

En relación con la estética del proyecto, destaca la belleza de la estructura, que es percibida por quienes transitan por el Viaducto, dada la amplia curvatura de la estructura, la altura a la que se viaja sobre el terreno natural, la esbeltez de sus pilas y el trazado parabólico de la parte inferior de las vigas; todo lo anterior se aprecia sobre el extenso manto verde de naturaleza exuberante, cuyo intervención fue mínima durante la construcción.

La perfección alcanzada en la construcción de las obras, ejecutadas en hormigón reforzado y postensado, fue reconocida por la Asociación Colombiana de Productores de Concreto, Asocreto, que el pasado 27 de septiembre le otorgó al Viaducto Pipiral, el "Premio Excelencia en Concreto 2002." Las palabras de los evaluadores de dicho premio fueron: "Se trata de una obra donde el objeti-

vo es salvar una gran depresión geográfica en la vía Bogotá Villavicencio. La solución propuesta es adecuada desde el punto de vista vial, ya que no afectan la velocidad ni la capacidad de la vía, en cuanto a las condiciones geológicas de la zona y minimiza los riesgos. Desde el punto de vista económico presenta el mejor producto con la menor inversión. Con relación al medio ambiente el respeto es total ya que no sólo se respetó el entorno sino que complementó el paisaje, el diseño estructural es muy pulido y el sistema constructivo fue estudiado con ingenio usando la experiencia acumulada de obras anteriores y ejecutado con precisión, el resultado es impecable."

#### **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

El Viaducto Pipiral está ubicado en la Ruta 40 transversal de la red troncal de carreteras de Colombia, que comunica a Bogotá D.C., capital de la república, con los

Llanos Orientales. Es de planta curva, con espirales asimétricas y radio central de 422 m, y está constituido por un puente de tres luces principales, de 125,0 metros de longitud, y de dos luces laterales de 62,5 metros; además tiene dos luces de acceso de 22,5 metros, para un total de 545 metros de largo. Las luces principales y laterales forman el puente continuo aporticado, de 500 metros de largo, diseñado para construcción por el sistema de voladizos sucesivos, con dovelas de hormigón postensado, realizadas in situ, que está sustentado por seis apoyos.

La superestructura del puente principal tiene trazado parabólico; está formada por una viga continua postensada de sección cajón unicelular con altura variable, de 7,40 m en las caras de las pilas y de 2,80 m en el centro de la luz central y en las dovelas extremas. El cajón en la parte inferior tiene ancho de 6,00 m; el espesor de los muros es constante de 0,50 m y la placa inferior tiene espesor variable linealmente entre 0,90 m y



0,22 m. En la parte superior del cajón, la losa tiene un ancho total de 12,90 m, del cual 10,90 m son para el tránsito vehicular de dos carriles bidireccionales, bermas de seguridad y dos andenes de 1,00 m para peatones. El puente tiene capa de rodadura de hormigón asfáltico e iluminación.

La infraestructura del puente está constituida por cuatro pilas principales y dos pilas extremas de sección cajón unicelular de hormigón reforzado, y por dos estribos convencionales en los accesos. Verticalmente las caras laterales de las pilas principales, presentan una pendiente de 1H:28V; el espesor de los muros, en las cuatro caras, varía linealmente entre 0.60 m en su extremo superior y 0.90 m en el extremo inferior de la pila más alta. La altura de las pilas varía de 18.15 m a 82.40 m. Las pilas principales son monolíticas con la superestructura y se apoyan sobre zapatas cuadradas, de hormi-

gón reforzado, de 18,0 m lado y altura de 4,0 m, en tanto que las pilas extremas se vinculan a la superestructura por medio de apoyos de neopreno deslizando y se apoyan sobre zapatas de 10,5 m de lado y 2,5 m de altura. Las zapatas a su vez descansan sobre pilotes de diferentes diámetros y longitudes.

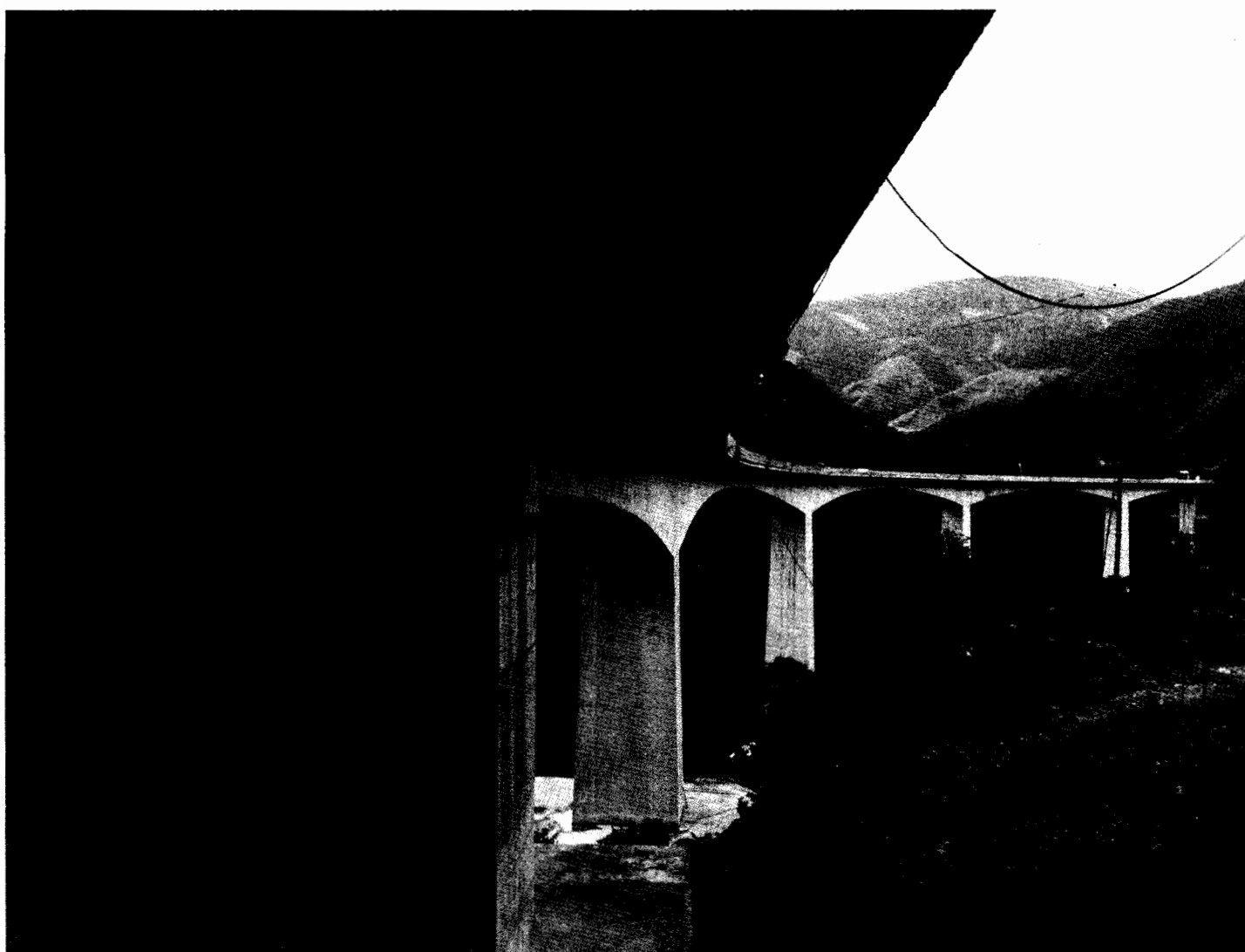
De acuerdo con la clasificación de importancia del Código Colombiano de Diseño Sísmico de puentes de 1996, el Viaducto está definido como Puente esencial; adicionalmente, dada la presencia cercana de fallas activas, la posibilidad de eventuales avalanchas, la precaria estabilidad en los taludes cercanos a las pilas principales y la misma disposición geométrica del puente, con curvatura en planta y notables diferencias de altura en sus pilas, fue necesario llevar a cabo estudios específicos de ingeniería sísmica.

## PROCESO CONSTRUCTIVO

El Viaducto Pipiral tiene dos condiciones especiales, que lo distinguen de otros puentes que se han construido en el país por voladizos sucesivos, que son su curvatura y la gran altura de las pilas. Para la construcción se instalaron dos teleféricos con sus correspondientes malacates, con capacidad de 7 ton c/u. Además se instalaron torres grúa con cada apoyo, adosadas a las pilas, con brazo de 25 m de largo y capacidad de una tonelada en la punta.

Para la construcción de los pilotes del tipo cajón, se construyó una pequeña plataforma de trabajo en cada uno, en donde se localizó el equipo neumático para la excavación, y allí se instalaron las plumas para extraer el material y los equipos de ventilación e iluminación requeridos. El trabajo se ejecutó en forma manual. Para la construcción de





las zapatas, que en algunas pilas están hasta 11 m por encima del terreno natural, fue necesario el montaje de una obra falsa.

Para la construcción de las pilas de sección rectangular hueca, se contó con dos juegos de encofrado metálico trepador, que se diseñaron para tongadas de 3,40 m de altura, logrando así modular cada avance con el acero de refuerzo de 12 m de largo. Se logró un rendimiento de una etapa cada cinco días.

En la construcción de la superestructura, para la ejecución de las dovelas se emplearon dos juegos de carros de avance, con 98 ton de capacidad cada uno. Se establecieron dos frentes de trabajo de superestructura. Se programó ejecutar un par de dovelas simétricas por semana; sin embargo se lograron ciclos de hasta cuatro días, para las dos dovelas. Los trabajos de tensionamiento e inyección fueron adelantados con cables y acceso-

rios de fabricación nacional, a excepción de las cuñas las cuales fueron importadas. Aproximadamente un 80% de tensionamiento se realizó a medida que se avanzaba en la

construcción de las dovelas, el resto de tensionamiento se realizó después de la unión de la totalidad de los voladizos en el centro de las luces. ●

#### FICHA TÉCNICA

<b>Promotor:</b>	Ministerio de Transporte. Instituto Nacional de Vías
<b>Proyecto:</b>	Dario Farfás y Cía, Ltda
<b>Empresa constructora:</b>	Conciviles, S.A.
<b>Presupuesto:</b>	10,2 millones de dólares USA-
<b>Fecha de Acabado:</b>	Julio 2002

#### CARACTERÍSTICAS

Viaducto de hormigón, de planta curva, constituido por tres vanos principales de 125 metros de luz, y dos laterales de 62,5 metros. Se completa con dos vanos de acceso de 22,50 m. El tablero es un viga continua de sección cajón unicelular.

<b>Datos:</b>	
Radio central en planta	422 m
Ancho del tablero	12,90 m
Longitud total	545 m



## PIEDRAFITA: PUENTES DE COMUNICACIÓN. AUTOVÍA DEL NOROESTE A-6. TRAMO: VILAFRANCA DEL BIERZO-CEREIXAL (ESPAÑA)

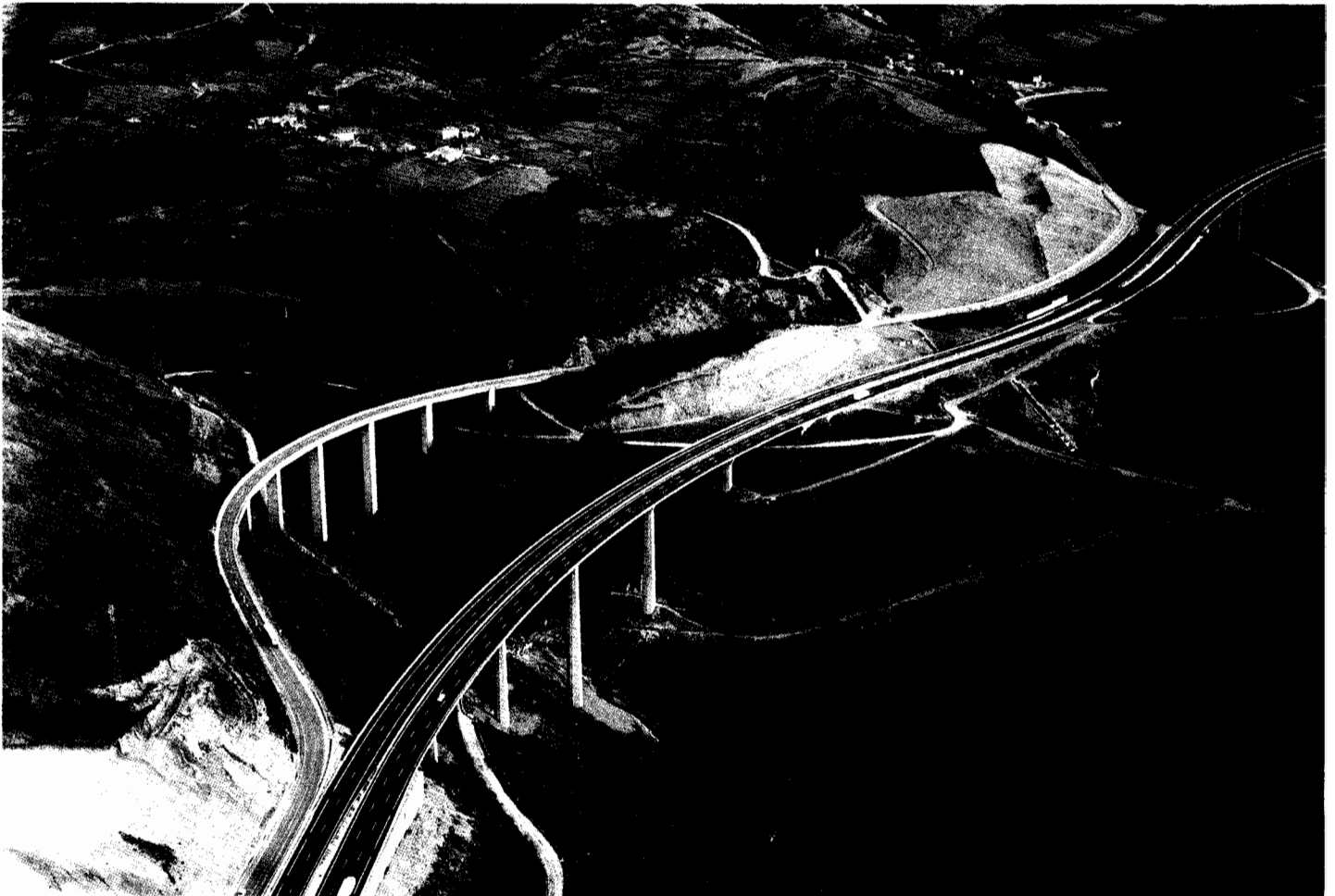
PREMIO

El territorio de Galicia ocupa en el ámbito regional europeo una situación periférica alejada de los centros importantes en el ámbito económico y de las comunicaciones y no sólo respecto a Europa sino también de los centros de mayor población y consumo en España (el eje Barcelona-Madrid-Sevilla y del eje litoral mediterráneo). Esta condición geográfica se ve agravada por el factor local de su disposición orográfica, pues aunque la región gallega es una tierra abierta al Atlántico con uno de los mejores conjuntos de puertos naturales existentes merced a la singularidad de sus rías, el terreno se eleva desde el nivel del mar en planos diferentes atravesados por montañas, pero, aunque su altura media sólo es de 500 m., la disposición final se concreta en un relieve complejo y difícil.

El acceso a la meseta a través de las provincias de Zamora y León está delimitado por cadenas montañosas con orientación N-S como las sierras de Los Ancares y El Caurel entre la comarca luguesa de Navia y las tierras del Bierzo de León y por otro lado la orenseña del Bollo y la zamorana de Sanabria. Esta disposición orográfica no permitía el paso desde la meseta a no ser a través de empinados puertos, como los del Padornelo (1.360 m) y La Canda (1.262 m) entre Zamora y Orense y sobre todo el de Piedrafita en la zona norte. Este Puerto, entre las provincias de Lugo y León ha sido el paso obligado e histórico desde las vías romanas hasta la época medieval y todo el siglo XX, donde tienen una gran importancia las peregrinaciones a través del Camino de Santiago, existiendo un

tránsito de todo tipo de transportes desde la meseta hacia la zona norte gallega, atravesando una sierra de nevadas frecuentes y de difícil ascensión por sus fuertes pendientes naturales.

Antes del inicio de la Autovía del Noroeste, la carretera N-VI construida durante los años 70 y 80 en el Plan de Accesos a Galicia cruzaba el puerto, con una cota de 1.100 m. de altura partiendo en su base, tanto en su vertiente leonesa desde Villafranca del Bierzo, como desde Agüeira en Galicia de 500 m. de altitud. Esta orografía ha motivado la existencia de fuertes pendientes en las vías de comunicación tradicionales que venían a condicionar sobre todo el tráfico de mercancías con origen o destino Galicia.



Esta situación del marco territorial, periférica y de orografía accidentada ha supuesto históricamente un déficit de infraestructuras de comunicación viaria que ha venido a resolverse cuando han sido contemplados criterios de corrección de desequilibrios territoriales. La escasa comunicación de la región gallega con el resto del territorio ha sido, entre otros, uno de los fenómenos históricos que ha contribuido a su escaso desarrollo, subsistiendo una economía basada en la agricultura y la pesca. Así Galicia se sitúa entre las regiones comunitarias Objetivo n.º 1 con una economía agraria en parte tradicional de baja productividad que precisa ser apoyada para mantener su estabilidad. Esta situación habitual entre atraso económico y escasa dotación infraestructural no comienza a ser modificada de manera sustancial hasta la construcción en los años 70/80 del eje viario de alta capacidad formado por la autopista del Atlántico que conecta los núcleos costeros de mayor actividad económica y población.

Por otra parte, el beneficio social de la autovía está relacionado con una mejora en la movilidad y confort del usuario, un aumento de la seguridad vial, una disminución sig-

nificativa de los tiempos de recorrido entre Galicia norte y la meseta y una mejor articulación con el territorio y, concretamente, con la red litoral ya creada a través de la Autopista A-9 Ferrol-Tuy, siendo el eje dinamizador y básico para los corredores futuros hacia Asturias y el Cantábrico.

### **DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO**

Los tramos de Piedrafita constituyen el cierre de la última autovía radial de España: Madrid- A Coruña. El que dicho tramo de 53,5 Km haya sido el último, no es lógicamente casual, sino que va ligado a la impresionante dificultad orográfica y geológica, que va a dar lugar a una carretera totalmente alejada del esquema de una autovía convencional con una singular escala, que viene obligada por la interacción entre el trazado y la orografía y unas soluciones geotécnicas, únicas, impuestas por un muestrario de problemas geológicos, solamente posibles en estas ancestrales montañas gallegas. Con la culminación de la autovía A-6 se salda una deuda histórica con Galicia: la comunicación

por carretera entre la Meseta y las Rías Altas (A Coruña, Ferrol, Lugo).

Durante la construcción del Plan de Accesos a Galicia, se plantearon tres accesos para el corredor Madrid-Galicia: el acceso norte (Benavente-A Coruña), el acceso sur (Benavente-Vigo) y el acceso centro (Ponferrada-Ourense, a través del valle de río Sil). El desarrollo del acceso norte dio como fruto la construcción de la actual carretera N-VI. El acceso norte, a través de Piedrafita, es el paso natural histórico de comunicación de Galicia con Europa: el Camino Francés hacia Santiago de Compostela. Los valles de los ríos Burbia y Valcarce, paisajes de gran belleza natural, además de constituir la histórica y secular senda de peregrinos, ha sido ruta trazada para acceder a Galicia desde las calzadas romanas y rutas medievales hasta los sucesivos planes de infraestructuras planteados desde inicios del siglo XX.

A finales de los 80 termina la construcción del Plan de Accesos a Galicia culminando la construcción de la carretera N-VI presentándose entonces, al igual que ahora, aunque con distinta escala, graves dificultades técnicas a la hora de su ejecución. Esta





muy digna carretera de dos carriles fue durante los años finales del siglo XX el único acceso a la Galicia Norte, cuando en el resto de España se estaban construyendo vías de gran capacidad. Mediante la nueva autovía del Noroeste A-6 se termina con el ancestral aislamiento de la comunidad gallega, proporcionando un acceso de alta capacidad que permite estimar en 5 horas el tiempo de cómodo recorrido entre Madrid y A Coruña, respecto a las 7 horas y media estimadas a través de la N-VI, con la seguridad vial, el confort y la desaparición psicológica del

efecto barrera que suponía el paso del Puerto de Piedrafita.

Para el proyecto y construcción del itinerario Villafranca del Bierzo-Cereixal, dada la complejidad de las obras, se optó por efectuar la tramificación reflejada en el cuadro.

Las obras se licitaron en los años 1996 y 1997, comenzando la ejecución de los cinco tramos en el verano de 1997 y finalizando el último subtramo de 8,7 km (Pereje-Ambasmestas) en el verano de 2002.

Son, por tanto, las comunicaciones y la cultura algo intrínseco a este lugar, y es lo

que se ha tratado de preservar, con una autovía de nuevo trazado que mantiene la carretera N-VI como vía de acceso a los núcleos de población, que conecta con la misma mediante 11 enlaces (6 enlaces completos y 5 semienlaces), es decir, una distancia media entre enlaces de 5,5 km y continúa siendo una zona de grandes contrastes, conviviendo en el mismo espacio aunque en distintas vías (A-6, N-VI y antigua N-VI), los sosegados peregrinos que a pie, en bicicletas y a caballo hacen el "Camino" con los viajeros de turismo y vehículos pesados, que exigen rapidez, comodidad y seguridad en sus desplazamientos.

	<b>Longitud (Km)</b>	<b>Inversión (10<sup>6</sup> €)</b>
Villafranca del Bierzo-Ambasmestas:	16,7	167,873
Ambasmestas-Castro/Lamas:	8,5	78,480
Castro/Lamas-Noceda:	8,1	90,885
Noceda-Agüeira:	13,0	118,640
Agüeira-Cereixal:	7,2	86,389

#### **SECCIÓN TIPO Y FIRMES**

La sección tipo de la autovía está formada por dos calzadas separadas por una mediana de 9,00 m. Cada calzada alberga dos carriles de 3,50 m de ancho, con arcén exte-

rior de 2,50 m e interior de 1,00 m. En las rampas de mayor inclinación y longitud se ha dispuesto un carril adicional para circulación rápida. En todos los casos se han utilizado mezclas bituminosas para las capas de rodadura, intermedia y base, mientras que como capa de subbase se ha empleado zahorra artificial en cuatro de los cinco tramos, ya que en el tramo Noceda-Agüeira esta capa está formada por 20 cm de suelocemento. En cuanto a la capa de rodadura, dado el clima lluvioso de la zona, se ha optado en los tramos que discurren en la base del puerto por una capa drenante de tipo PA-12. Sin embargo, a medida que aumenta la cota, se incrementan los posibles daños a este tipo de pavimento por los efectos de la helada, por lo que a partir de la cota de 800 m para la capa de rodadura, se emplea microaglomerado F-10 con un espesor de 3 cm.

#### **TÚNELES. CENTRO DE CONTROL DE PIEDRAFITA**

En total se han construido seis túneles dobles y un falso túnel también con tubos sepa-

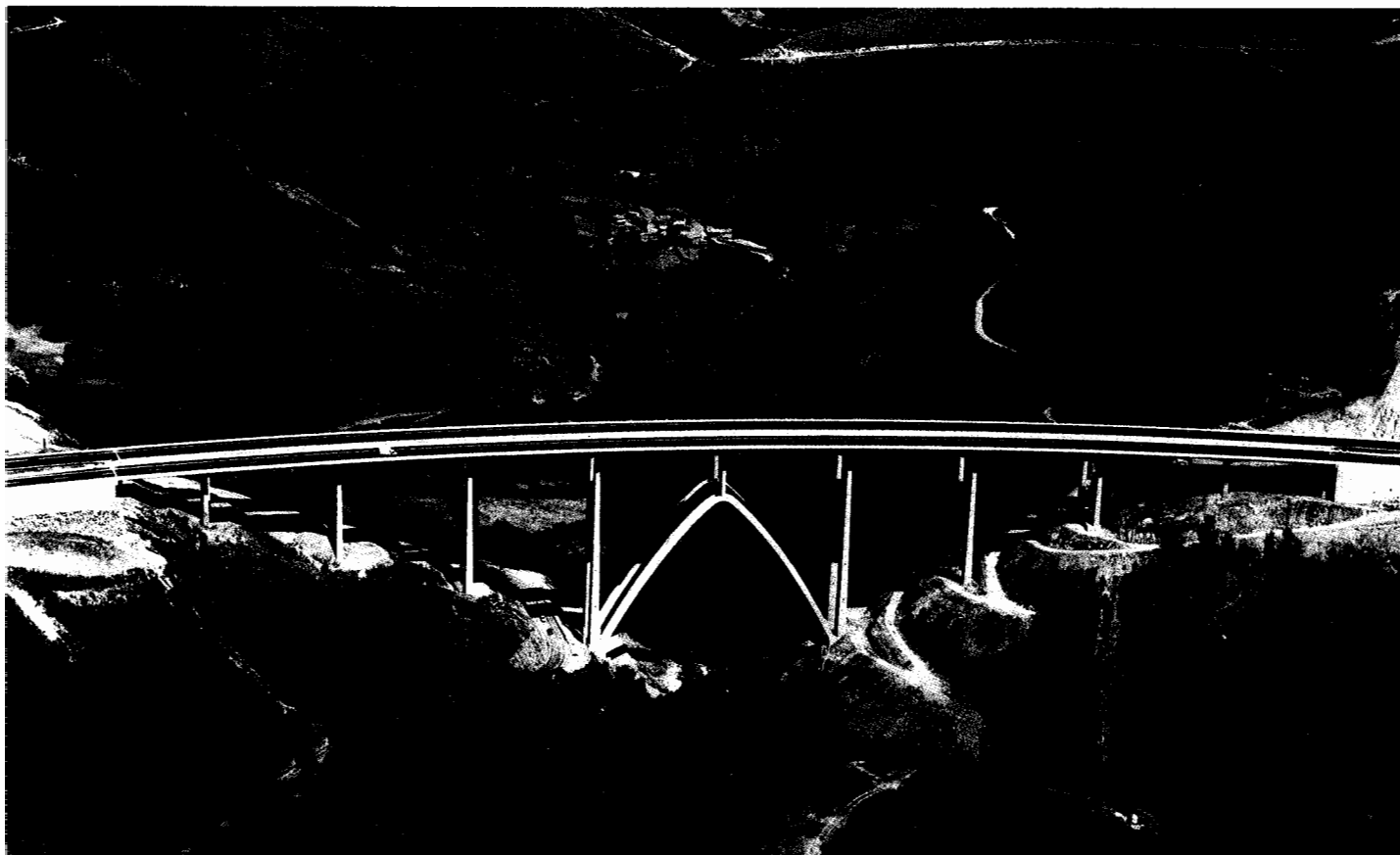
rados para cada sentido, con una longitud total de 3.709 m, casi un 7% de la longitud total del trazado. Los túneles están diseñados con una plataforma que permite la ampliación de dos a tres carriles y aceras a ambos lados de la calzada. En los de mayor longitud se han dispuesto galerías iluminadas de comunicación entre tubos para evacuación de peatones en caso de emergencia. El aspecto más novedoso de estos túneles es el completo sistema de vigilancia y gestión de la explotación que incorporan, siendo el primer caso en España en incluir en su diseño las medidas de seguridad de última generación.

Los túneles están dotados de instalaciones de ventilación, sistema de señalización variable y semaforización, iluminación interior y exterior, estaciones meteorológicas, detección de monóxido de carbono e incendios, red de hidrantes, control de gálibo, control de acceso al túnel, cámaras de televisión, sistema de megafonía y sistema de detección automática de incidencias. La gestión de todos estos sistemas se encuentra centralizada en un Centro de Control global ubicado en la localidad de Pedrafita do Ce-

breiro. Cada túnel cuenta con una estación remota que gestiona sus instalaciones y transmite la señal de telemando procedente del Centro de Control. Las comunicaciones con aquél se realizan mediante un sistema troncal de fibra óptica.

#### **MEDIO AMBIENTE Y ARQUEOLOGÍA**

En todo momento se ha tratado de integrar la traza en el muy bello entorno natural que la rodea. Para ello se ha actuado con intensidad en todas las actividades que afectan al medio por el que discurre la autovía, actuando sobre la recuperación ambiental e integración paisajística, protección del sistema hidrológico, protección de la fauna y ecosistemas y protección del patrimonio histórico. La protección de los espacios naturales y zonas relevantes de interés natural estaba garantizada desde la concepción de la autovía, ya que en el diseño del trazado se consideró la existencia de estos lugares. Dentro de estos espacios se encuentra la Sierra de los Ancares, que en ningún momento se ha visto afectada, señali-







zándose en la autovía las salidas para que el visitante pueda encontrar fácilmente el camino y conocerla.

Con objeto de garantizar la protección del patrimonio históricoartístico, previo al comienzo de las obras se localizaron e identificaron los posibles yacimientos y zonas con potencial arqueológico. Durante la fases de movimiento de tierras, arqueólogos de los organismos competentes supervisaron las labores de desbroce, excavación y rellenos. Mención especial merece el Camino de Santiago, Camino Francés desde Roncesvalles y Puente La Reina, que desde el inicio de las obras en León hasta su entrada en Galicia, serpentea con la autovía. No se ha visto afectado en ningún momento por las obras, permitiendo a los peregrinos ser testigos de excepción de cómo poco a poco se elevaban al cielo las pilas de los nuevos viaductos y se abría una nueva vía a través de las viejas montañas. ●

#### FIGHA TÉCNICA

<b>Promotor:</b>	Ministerio de Fomento. Dirección General de Carreteras
<b>Proyecto:</b>	Demoracion de Carreteras del Estado en Galicia Ing. Jefe D. Angel González del Río
<b>Ingeniería de apoyo:</b>	Aepo, Euroestudios, Fernández Casado y Proyectos y Servicios
<b>Empresa Constructora:</b>	Necso, Acs, Tecsa, Ohl, Sacyr, Fcc, Dragados, Agromán, Ferroviario
<b>Presupuesto:</b>	542,267 Millones de Euros
<b>Fecha de Acabado:</b>	Julio 2002

#### CARACTERÍSTICAS

Longitud	53,448 Km.	Viaductos	41 nuevos viaductos, diseñados para 3 carriles por sentido, con una longitud total de 10.655 m (19,9% de la longitud total de las obras)
Rodio mínimo	600 m		2 viaductos existentes ampliados y rehabilitados, con una longitud total de 682 m. Calzada sentido Madrid
Pendiente máxima	5%		
Enlaces	6 enlaces; 5 semienlaces		
V. Desmonte	25,1 millones m <sup>3</sup>		
V. Terraplén	15,3 millones m <sup>3</sup>		
Mezclas vituminosas	656.444 t		
Túneles	6 túneles dobles y 1 falso túnel, diseñados para 3 carriles por sentido con una longitud total de 3.709 m (6,9% de la longitud total de las obras)		
		Pasos superiores	5
		Pasos inferiores	23
		Muros	104.418 m <sup>2</sup>



## AUTOPISTA M-45

(MADRID-ESPAÑA)

La M-45 es una autopista de 37 Km. de longitud y tres carriles por dirección, más vías colectoras de dos carriles cada una, que se extiende por todo el arco sur-oriental de la Comunidad de Madrid, entre la N-V y la N-II. Su gran trascendencia reside en dos cuestiones principales:

- Desde su inauguración es la principal vía de comunicación entre el Sur de la Provincia de Madrid (1.200.000 habitantes) y el llamado Corredor del Henares (700.000 habitantes). Supone pues el equivalente a unir dos ciudades del tamaño de Valencia y Zaragoza, afectando a casi 2.000.000 de personas.

- La M-45 será, cuando se terminen las promociones urbanísticas previstas y que ya están en fase de construcción, la principal vía troncal para unas 150.000 viviendas, es decir, otras 500.000 personas más. De hecho, la puesta en servicio de la M-45 ha adelantado entre 4 y 5 años la construcción de todas esas viviendas.

La autopista M-45, abierta al tráfico en abril de 2002, presenta todas las características del Premio. Por una parte, ha sido la primera infraestructura española y una de las primeras en el mundo contratada, realizada y financiada por el sistema de **Peaje-Sombra**; este hecho, sumado a las innovadoras condi-

ciones del esquema financiero de la M-45 ha merecido el Premio Internacional a la Innovación Financiera 2001 de la I.R.F. (International Road Federation) con sede en Washington. Se trata de la primera carretera española que recibe un premio de categoría mundial de esta importancia.

Este sistema de financiación ha sido utilizado posteriormente por las Comunidades Autónomas de Murcia, Castilla-La Mancha, Navarra y Aragón; incluso la nueva Ley Reguladora de la Concesión de Obras Públicas, incluye varios artículos dedicados a la financiación por este mismo sistema. La M-45, pues, ha sido la actuación originaria de un sistema financiero que se ha extendido a todo el esta-



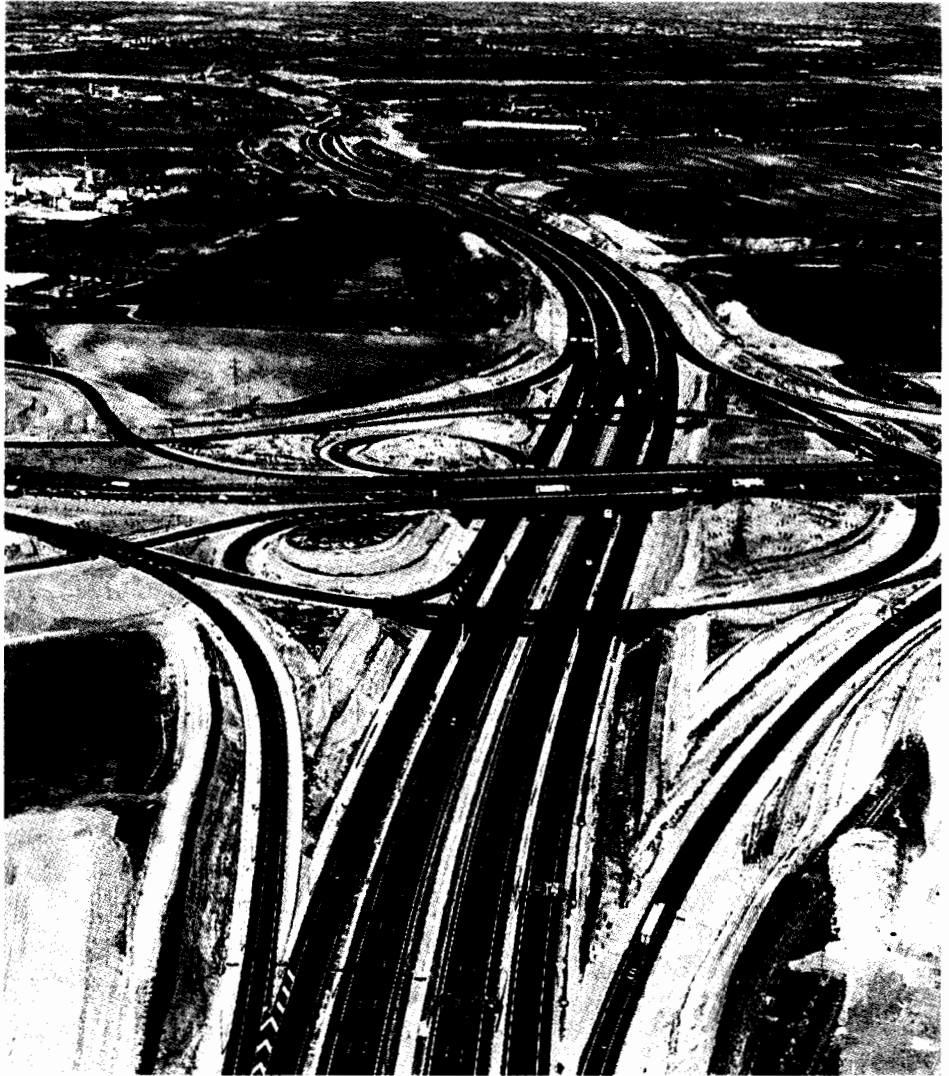
do español, y cuya ventaja social más importante es el permitir a las Administraciones el poner en servicio infraestructuras mucho antes de lo que les permitiría el simple recurso al presupuesto ordinario

Sin embargo, la M-45 ha destacado por otros varios aspectos no menos importantes, como ha sido su gran **trascendencia social** que certifica la muy alta utilización, con puntas de 110.000 vehículos por día.

Por otra parte, los **sistemas de construcción** han minimizado el impacto medioambiental de la obra: así, la colocación de los excedentes de excavación en caballones laterales en la propia autopista, solución pionera, se ha extendido ya a muchas otras obras de carreteras actualmente en construcción, y ha disminuido así drásticamente la necesidad de nuevos vertederos. Además se han reutilizado materiales de vertederos existentes para la fabricación de terraplenes, con la supresión de la necesidad de nuevos préstamos de tierras, también una práctica pionera en España, y la de materiales de tipo marginal (sepiolita, arcillas peñuelas) para la realización de terraplenes a base de su estabilización con cal y su confinamiento dentro de la propia masa. Todas estas medidas en defensa del Medio Ambiente otorgaron a la M-45 la condición de finalista en el Apartado Medioambiental de la citada convocatoria de premios de la I.R.F.

La atención de la M-45 con su entorno ha tenido en cuenta igualmente a los propietarios de las parcelas que se han necesitado para su construcción. Se han habilitado métodos para la cesión gratuita a la Administración de los terrenos necesarios, con el mantenimiento de los derechos urbanísticos, sistema particularmente ágil, barato y conveniente para las personas propietarias de terrenos, que de otra manera serían sometidos al proceso expropiatorio.

**La calidad estética** de la obra se pone de manifiesto en el especial cuidado de su trazado y en la tipología de los puentes que la atraviesan, algunos de ellos con sistemas constructivos de tecnología punta, y por la obtención de una calidad de rodadura muy alta, habiéndose obtenido un I.R.I. menor de 1,25 en el 99% de su longitud, lo que da un confort de rodadura excepcional. La estética ha sido cuidada igualmente con la forma de las barandillas en las estructuras, la calidad en las defensas y en la señalización tanto horizontal como vertical. Las plantaciones a lo largo de la



obra han redondeado un aspecto de infraestructura incluida dentro del resto del paisaje.

Tampoco se han descuidado los **aspectos culturales**, ya que durante la obra se han descubierto, analizado y catalogado varios yacimientos arqueológicos, que nutren actualmente el inventario del Museo Arqueológico Regional.

Sin embargo, probablemente el aspecto más importante desde el punto de vista social es su **baja accidentalidad**. En estos momentos, con casi 15 millones de vehículos que la han utilizado, no se ha registrado ningún accidente mortal, lo cual coloca a la M-45 en uno de los primeros lugares en cuanto a baja accidentalidad en España. Cabe aquí recordar que la evolución de la accidentalidad es una condición que modula el pago de los cánones anuales que la Administración de la Comunidad de Madrid paga en concepto de Peaje-Sombra a los diferentes concesionarios de

la M-45, lo que redundo en la atención a dicha cuestión a todo lo largo del periodo de concesión, 27 años.

**El impacto internacional** que ha tenido la M-45, que ha sido objeto de varios artículos en la prensa especializada extranjera, se ha manifestado abundantemente en las visitas de delegaciones de Canadá, Brasil, Chile, Rumanía, Escocia, República Checa, Polonia, Noruega, USA, Eslovenia, y la próxima visita de delegaciones de Méjico y Senegal. En muchos casos, dichas visitas han desembocado en la utilización de los sistemas, tanto financieros como técnicos, de la M-45 en sus países de origen.

#### **TRAMO I: N-II A EJE O'DONNELL**

El tramo I de la nueva carretera M-45 une la N-II con la prolongación del Eje de

O'Donnell (futura R-3) con una longitud total de 14,7 Km. Atraviesa los términos municipales de San Fernando de Henares, Rivas-Vaciamadrid, Coslada y Madrid. Consiste de cuatro enlaces que conectan la M-45 con las carreteras que cruzan el tramo y los futuros desarrollos urbanísticos previstos. La obra cuenta con 17 estructuras de distintas tipologías entre las que destacan el viaducto con losa y vigas artesa sobre el río Jarama de 840 m de longitud y la que salva la N-II con una luz de 60 m de vano. El trazado tiene radios mínimos de 1.000 m en el tronco y de 400 m en los ramales principales. La pendiente máxima en el tronco es del 5,85% en un tramo de subida de 480 m del viaducto del Cerro de la Herradura. Su sección transversal es de tres carriles por sentido, con arcenes de 1 m en el interior y 2,5 m en el exterior y mediana de 12 m, lo que permitirá la futura ampliación a un cuarto carril y soportar una IMD de 85.000 vehículos/día. La sección del firme en tronco se ha dimensionado para un tráfico TO y es asfáltica, con rodadura drenante PA-12, en consonancia con el resto de los tramos y el nivel de confort de la autovía M-45.

#### **Dentro de las singularidades constructivas destacan:**

- El aprovechamiento de suelos marginales
- El lanzamiento de la estructura mixta sobre la N-II
- La depresión de los ramales del enlace con la N-II.

En el caso del aprovechamiento de suelos marginales, se han reutilizado más de 1.400.000 m<sup>3</sup> de arcillas yesíferas (peñuelas), glaciares y sepiolitas, materiales que se clasificarían como inadecuados por su alta plasticidad. Con ello se ha disminuido el impacto ambiental y se ha hecho económicamente viable la obra.

Cabe mencionar el lanzamiento de la estructura mixta, de 130 m de longitud, cuyo vano central sobre la N-II tiene una luz de 60 m, que se ha construido previamente sobre bancada y, posteriormente, se ha empujando salvando la carretera nacional sin afectar al importante tráfico de ésta.

Por último, a requerimientos de AENA, y al objeto de eliminar la interferencia radioeléctrica que supone la masa metálica de los

vehículos en movimiento sobre la senda de planeo de la futura pista del aeropuerto, ha sido preciso deprimir los ramales de la M-45. Ello conlleva un desmanteamiento adicional de 6.000.000 m<sup>3</sup> que ha sido ejecutado en menos de cuatro meses.

#### **TRAMO II: EJE O'DONNELL A N-IV**

Este tramo se desarrolla en el arco Sureste de la Comunidad de Madrid, atravesando ambos los peores terrenos, desde el punto de vista de su empleo en obras de tierra, de los que existen en Madrid y sus alrededores. Se detectaron dos problemas: Por un lado, la existencia de arcillas sepiolíticas de muy baja densidad y, en ocasiones, expansivas; y, por otro, las grandes escombreras de San Martín de la Vega. En cuanto a las primeras, se han estabilizado con cal para facilitar su trabajabilidad y aumentar su capacidad de soporte. Los materiales de la escombrera, en su mayoría procedentes de demoliciones y vaciados, se han cribado eliminando los tamaños superiores a 200 mm, así como los restos de plásticos y materia orgánica, obteniéndose material adecua-





do para el núcleo. El material sobrante se ha empleado en la construcción de las motas o caballones antirruído.

El tramo tiene una longitud troncal de 14,460Km, con una rampa máxima en su recorrido del 4%. A lo largo del tramo se han dispuesto un total de cuatro enlaces: con la M-203, de Mejorada a Vallecas; N-III; N-301, carretera de San Martín de la Vega; y N-IV. Asimismo, se ejecutan 32 estructuras (26 pasos superiores y 5 inferiores) para la restitución de carreteras y caminos afectados y los ramales de los distintos enlaces. De entre las 32 estructuras citadas, destaca el viaducto sobre el río Manzanares, de 681 m de longitud, en el que se ha utilizado el sistema de carro deslizante para los encofrados de la losa. La sección transversal se compone de dos calzadas de 10,5 m cada una con tres carriles de 3,50 m por

sentido de circulación, arcén exterior de 2,50 m e interior de 1 m y bermas de 1 m. Su diseño abre la posibilidad a una futura ampliación a cuatro carriles por sentido utilizando la mediana. La estructura del firme en el tronco de autopista corresponde a un tráfico TO, y los ramales a los tráficos TO y T1.

Con el fin de independizar la zona ocupada por la autopista y sus instalaciones de las dependencias de las propiedades colindantes, se ha dispuesto una valla de cerramiento a lo largo tanto del tronco como de los ramales. Asimismo hay que destacar que, para la iluminación del tronco, ramales y vías de servicio se han instalado más de 1.400 puntos de luz en el tramo. En cuanto a medio ambiente, destacan la plantación de 11.138 árboles más de 171.300 arbustos y la hidro-siembra de 595.383 m<sup>2</sup>.

### **TRAMO III: N-IV A N-V**

El tramo III de la M-45, conecta la N-V con la N-IV, teniendo su origen en la M-40, entre los enlaces de la Fortuna y Carabanchel, dejando al sur a las localidades de Leganés y Getafe, y al norte de Villaverde, en un recorrido de 8,3 Km. A partir del enlace con la N-401, "Carretera de Toledo", se aprovecha el trazado de la antigua M-402, reduciendo la mediana para introducir un carril más por sentido, y construyendo dos vías colectoras de dos carriles cada una. El tramo finaliza antes de la conexión con la N-IV. La sección tipo en el tronco de la autopista es de dos calzadas de tres carriles cada una, con carriles de 3,5 m, arcén exterior de 2,5 m y arcén interior de 1 m. La mediana es de 12 m, permitiendo una futura ampliación de la autopista a cuatro carri-



les. Las vías colectoras son de dos carriles con arcén interior de 1 m; la mediana entre la calzada del tronco y la vía colectora tiene una anchura de 7 m.

La autopista discurre prácticamente en su totalidad en terraplén. Existe un único desmonte importante al inicio del tramo, "desmonte de la Fuente de Mora", de donde se obtuvieron parte de las tierras destinadas al núcleo de terraplén. La inclinación máxima de la rasante es de un 4%, el radio mínimo de 500 m y el máximo de 3.500 m, siendo la velocidad de proyecto de 120 km/h.

Este tramo de autopista discurre por una zona de gran densidad de infraestructuras de transporte. Hay cuatro enlaces: el primero es el inicio de la autopista que la enlaza con la M-40; el segundo enlace es con las carreteras de acceso a Leganés, M-421 y M-425, que conectaban a este municipio con la M-40 y ahora, además, con la M-45; el tercer enlace es con la carretera N-401, "Carretera de Toledo"; y el cuarto y último enlace es con la carretera de conexión de Getafe con Villaverde (antigua M-403). Además, se pasa por encima de tres líneas de ferrocarril: Madrid-Ciudad Real, Madrid-Alicante y Madrid-Portugal y se han construido 18 estructuras. Merece ser destacado el paso de la M-45 bajo la M-40, resuelto mediante pantallas, y que, para su ejecución, fue necesario desviar los dos carriles de la M-40, entre los enlaces de Carabanchel y La Fortuna. ●

#### FICHA TÉCNICA

<b>Promotor:</b>	Comunidad de Madrid. Consejería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes
<b>Proyecto:</b>	Dirección General de Carreteras
<b>Ingeniería de apoyo:</b>	Tramo I: Intecsa. Director Emilio Recuenco Tramo II: Los ofertantes. Director José Emilio Herrero Tramo III: Los ofertantes. Director Jorge Mijangos
<b>Concesionario:</b>	Tramo I: Concesiones de Madrid, s.A. Tramo II: Autopista Trasdós 45, S.A. Tramo III: Euroglose 45, S.A.
<b>Empresa constructora:</b>	Tramo I:N-II a eje O'Donnell: Ute Dragados, Fcc y Necso Tramo II: Eje O'Donnell a N-IV: UTE Ferroviaria, ACS Tramo III: N-IV a N-V
<b>Presupuesto:</b>	526.306.036 €
<b>Fecha de Acabado:</b>	Abril 2002

#### CARACTERÍSTICAS

Autopista de 37 Km de longitud y tres carriles por dirección, más vías colectoras de dos carriles cada una que se extiende por todo el arco sur-oriental de la Comunidad de Madrid entre la N-V y la N-II.

Datos	N-IV a N-V	N-IV a Eje O'Donnell	O'Donnell a N-II
Longitud	8,300 Km	14,500 Km	14,300 Km
Enlaces	4	4	4
Excavaciones	2.390.000 m <sup>3</sup>	8.085.952 m <sup>3</sup>	9.367.329 m <sup>3</sup>
Terraplenes	2.075.000 m <sup>3</sup>	3.076.863 m <sup>3</sup>	6.724.872 m <sup>3</sup>
Estructuras	19	32	17
Hormigón armado	36.000 m <sup>3</sup>	73.330 m <sup>3</sup>	40.039 m <sup>3</sup>
Aceros pasivos	3.495.000 Kg	1.033.156 Kg	4.773.868 Kg
Aceros activos	174.000 Kg	1.336.414 Kg	897.784 Kg
Zahorra artificial	170.000 m	90.711 m <sup>3</sup>	337.714 Kg
Mezcla bitum. en caliente	260.000 Tm	433.594 Tn	374.584 Tn
Puntos de luz	827	1.401	934
Arboles	1.600	11.138	22.400
Puntos de conteo	3	7	10
Cámaras de videovigilancia	6	10	22
Actuaciones arqueológicas	1(Cerro Fuente Mora)		
Inversión total €	114.825.286	188.832.919	222.647.831



En el marco común a las grandes ciudades donde el transporte público debe ampliarse y mejorarse continuamente por sus notables beneficios sociales y económicos, existían en Barcelona barrios como Horta, Canyelles y Nou Barris que solicitaban una mejora en sus conexiones con el resto de la ciudad. Como respuesta a esa demanda ciudadana, a finales de 1998 el Departament de Política Territorial y Obres Públiques de la Generalitat de Catalunya, a través de su empresa gestora de infraestructuras GISA, convocó el concurso de Infraestructura de la Línea 3 del Ferrocarril Metropolitano de Barcelona. Tramo: Montbau-Canyelles, con una longitud total de 2.418 m y tres nuevas estaciones: Mundet, Valldaura y Canyelles, que iniciaba el proceso que culminó el 24 de Septiembre de 2001 con la inauguración del nuevo tramo.

En 1999 se iniciaron las obras de infraestructura superando las dificultades que presenta una obra en el corazón de la ciudad, adaptando el proyecto con diversas soluciones de túnel a cielo abierto y perforado, para mantener la accesibilidad de peatones, vehículos y el paso de las redes de servicios afectados. Paralelamente se desarrollaron los proyectos de la superestructura, introduciendo los últimos avances tecnológicos en fijaciones de vía para reducir las vibraciones que se transmiten a las edificaciones cercanas y de los sistemas de seguridad y electrificación; y de las estaciones, diseñadas para garantizar la accesibilidad de personas de movilidad reducida, su practicidad funcional y para marcar un giro innovador en la concepción estética de las nuevas estaciones de metro.

#### DESCRIPCIÓN GENERAL

La actual línea 3 del ferrocarril metropolitano de Barcelona comenzó con la municipalización y fusión, a principios de los años sesenta, de la red del Gran Metro con el Metro Transversal, los dos primeros proyectos de metro que existen en la ciudad. A partir de este momento comenzó un proceso de modernización que se encaminaría hacia la progresiva ampliación de la red a través de sucesivos planes

de ampliación de la misma, acompañado de la modernización del material rodante, de las instalaciones y de las estaciones.

La nueva prolongación de la línea 3 con las nuevas estaciones de Mundet, Valldaura y Canyelles, es una parte de la planificación general de la red del ferrocarril metropolitano de Barcelona cuyo objetivo primordial es la integración de las nuevas infraestructuras a la vida de los barrios. Constituye una respuesta del transporte público a las necesidades de los barrios de Horta, Canyelles y Guineueta y en particular a las instalaciones de la Universidad de Barcelona y a los núcleos de población de Mundet, Valldaura y Canyelles. La ubicación y diseño de las nuevas estaciones se han decidido de acuerdo con las asociaciones de vecinos para que sus servicios se extiendan al mayor número de personas. Se ha dedicado atención especial a la accesibilidad: rampas, esca-

leras mecánicas y ascensores garantizan el acceso a vestíbulos y andenes, con facilidad y seguridad a todo tipo de usuario.

Se pueden destacar tres aspectos importantes en el desarrollo del proyecto:

- La infraestructura se ha realizado de acuerdo con los últimos avances tecnológicos en la ejecución del túnel a cielo abierto y en mina, en función de las afecciones reales a servicios y vialidad.
- En la ejecución de las vías y catenarias, se han utilizado materiales que minimizan el desarrollo de efectos vibratorios.
- El diseño de cada estación la convierte en un espacio singular gracias a la incorporación de proyectos artísticos.

Las características de esta obra y el carácter socio-cultural de sus objetivos están en con-





cordancia con las bases de este concurso. En efecto:

La prolongación de la línea 3 del Metro de Barcelona ha sido una obra concebida para responder a la necesidad de transporte de barrios como Horta, Canyelles y Nou Barris que no disponían de fácil comunicación con el resto de la ciudad. El cumplimiento de esta premisa de **carácter social** se ha completado en la ejecución de la obra, cuidando especialmente la accesibilidad de los vecinos en la fase de construcción, informando a los mismos de las sucesivas etapas de la obra, incluyendo elementos de accesibilidad especial para minusválidos con el objetivo de dar una respuesta global a las necesidades de los usuarios.

La obra de prolongación consta de tres estaciones:

- La estación de **Mundet** da servicio a una Facultad de reciente implantación de la Universidad de Barcelona, así como a diversas instituciones públicas y colegios.

- Las estaciones de **Valldaura** y **Canyelles** dan acceso a la red de metro a barrios residenciales.

- El barrio de Canyelles, que da nombre a la estación, es básicamente obrero y tiene una población de 30.000 habitantes, servidos actualmente por una red de autobuses. La llegada del metro ha constituido un hito muy importante para el barrio.

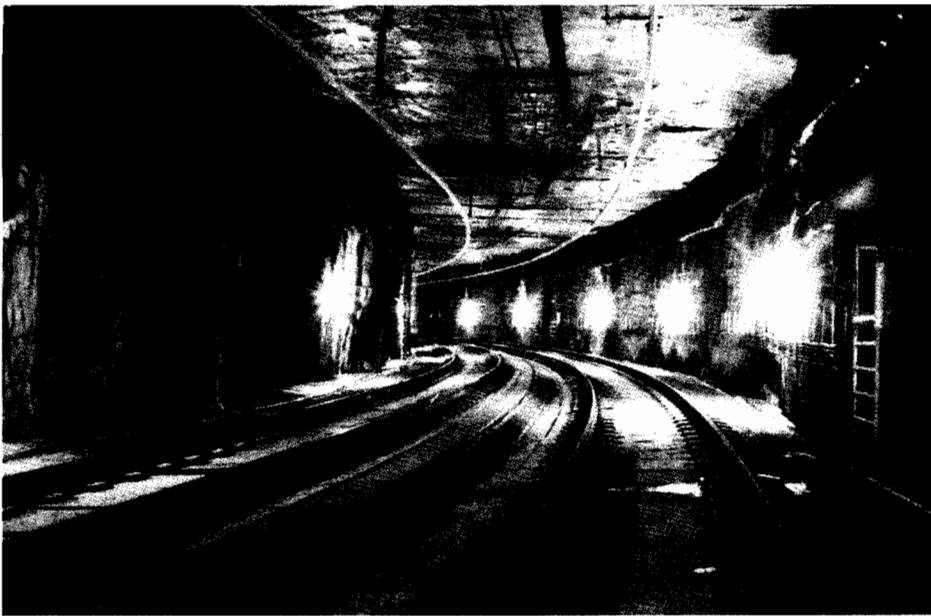
El punto de vista cultural, funcional y estético de la obra, está centrado en las estaciones, punto de contacto del viajero con una red de metro que a veces es poco agradable: aglomeraciones, incomodidades, prisas, etc. Para paliar estos efectos se ha cuidado el diseño de las estaciones desde todos los puntos de vista:

Desde el punto de vista **estético** el proyecto de cada estación se han encargado a un arquitecto de prestigio, que le ha dado sentido al conjunto, integrando funcionalidad y estética. El resultado es satisfactorio y cada estación tiene un carácter particular y propio.

**Funcionalmente** son estaciones con un único andén central, que facilita y simplifica los movimientos del viajero. Todas ellas están equipadas con escaleras automáticas y ascensores para personas con movilidad reducida, que llevan del andén a la calle, pasando por el vestíbulo. Además se han dispuesto materiales fonoabsorbentes en paredes laterales de los andenes. Las estaciones disponen de ventilación, de las medidas necesarias de seguridad y de un alto nivel de iluminación.

Para completar el conjunto se ha implantado, en cada estación un proyecto artístico desarrollado por 3 artistas seleccionados en un concurso de ideas. Son implantaciones de alto contenido **cultural**, que permiten acercar el arte al quehacer cotidiano.

La ejecución de la obra implicó el desarrollo **técnico y tecnológico** de muchas soluciones y alternativas para resolver los problemas que se presentaron: cambio de secciones para diseñar apoyos y recalces a estructuras existentes, ejecución de estructuras, vigas ca-



ión y apeos en mina para servicios afectados, adecuación de soluciones estructurales que permitieran el paso de la sección transversal necesaria a través de espacios de anchura insuficiente, excavación de túnel con montera reducida de terrenos cuaternarios por debajo de edificios de la Ronda de Dalt, y de una tubería de suministro de agua potable de alta presión de 2,4 m de diámetro controlando subsidencias y actuando sobre ellas con Inyecciones de Compensación.

El cumplimiento del plazo dio lugar a soluciones constructivas altamente eficaces, permitiendo trabajar de forma continua en todas las áreas. En el túnel se alcanzaron resistencias de hormigón proyectado de 450 Kp/cm<sup>2</sup> permitiendo un sellado del frente inmediato y acción del sostenimiento rápida. En la ejecución de la vía se incluyeron soluciones de vía sobre

losa flotante y la nueva fijación M3H antivibratoria directamente sobre losa hormigonada o sobre bloque prefabricado para la reducción de vibraciones donde éstas podían afectar a viviendas.

Además de crear una estructura adaptada al entorno, la obra debía dar respuesta funcional al transporte de viajeros y a la explotación del servicio. Para facilitar los movimientos de los trenes se incorporó una "bretelle" y tres desvíos generando un bucle que facilita los cambios de trenes y tres vías posteriores a la Estación de Canyelles para el mantenimiento y estacionamiento de hasta 5 trenes que permite adaptar el número de circulaciones en servicio según sea hora punta o valle.

Los sistemas de señalización se basan en enclavamientos electrónicos de última genera-

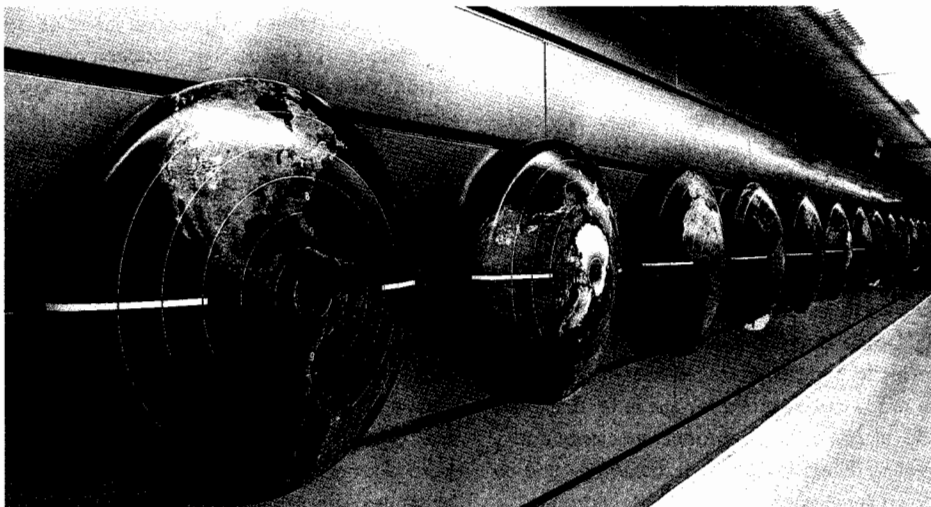
ción. El tipo de enclavamiento instalado tiene una alta fiabilidad, y por lo tanto un alto grado de disponibilidad y seguridad. El mantenimiento prácticamente no existe, ya que no hay ningún equipo móvil que pueda generar desgaste en sus elementos, y por lo tanto las incidencias en la explotación del tramo Montbau-Canyelles de la línea 3 han disminuido considerablemente. En lo que se refiere a la seguridad en la circulación de trenes se ha instalado un sistema basado en componentes integrados que da unas prestaciones de seguridad, fiabilidad, disponibilidad y calidad, superior a los equipos empleados en otras Administraciones Ferroviarias.

También se ha instalado un sistema automático de trenes que permite: una optimización de los intervalos entre trenes, un ahorro de tiempo en efectuar el recorrido de la línea entre finales de la misma, asegura la conducción de una manera confortable para el pasaje y obtiene un ahorro energético en el consumo eléctrico de los trenes al tener una conducción muy optimizada en los tramos interestaciones.

**Estación de Mundet.** El conjunto de la estación consta de tres espacios diferenciados: El andén, el vestíbulo y un paso bajo la Ronda de Dalt, que sirve de acceso a la estación. En este último espacio se ha colocado el proyecto artístico desarrollado por la artista Lluçia Mundet, consistente en 15 paneles luminosos con fotografías de personajes que tienen el apellido "Mundet". La sensación que tiene el usuario es muy agradable a causa de la amplitud conseguida y de los acabados nobles.

El vestíbulo, a pesar de ser subterráneo, es amplio y está abierto al exterior al disponer de una cristallera lateral. La luz baña el vestíbulo y por una gran abertura ilumina el andén. Los materiales usados son una combinación de hormigón prefabricado, piedra natural, acero inoxidable y cristal en el paso inferior, granito cristal y acero inoxidable en el vestíbulo y hormigón prefabricado en andenes. El conjunto es muy agradable y estéticamente impecable.

**Estación de Valldaura.** Consta de un andén central al que se accede por único vestíbulo situado sobre el mismo. El conjunto andén-vestíbulo, forma un único espacio de amplias proporciones generado entre el andén y la bóveda de cubrición que se ha dejado vis-





ta. Como elemento estético significativo cabe señalar las 6 chimeneas de ventilación con bancos incorporados formadas por elementos de acero inoxidable de directriz tronco elíptica situadas en el andén. En el vestíbulo se ha colocado el proyecto artístico "Vía Láctea" de las artistas Francesca Llopis y Begoña Egurbide. Los materiales de acabados son a base de granitos en paredes y terrazos en solados.

**Estación de Canyelles.** La estación esta formada por un andén al que se accede por dos vestíbulos situados a ambos extremos. La principal implantación arquitectónica ha consistido en la construcción de una bóveda metálica que cubre todo el techo de la estación y que está formada por un conjunto de arcos dobles que siguen una forma alabeada marcada por un pasillo central, que tiene el punto más bajo en el centro del andén y se va levantando a medida que nos acercamos a los vestíbulos. En ambos vestíbulos se ha situado el proyecto artístico "Tir al món" amb "mar de fons" del artista Benet Rosell. Los materiales empleados son: acero en bóveda, laterales y falsos techos de andén, acero inoxidable en vestíbulos y terrazos en pavimentos. ●

#### FICHA TÉCNICA

<b>Promotor:</b>	GISA
<b>Proyecto:</b>	Europroject (Infraestructura) Intraesa (Superestructura) - Ventura Valcarce y J. María Ribes (EstaciónMundet) - Manuel Sánchez y Alex Zaragoza (E. Valldaura) - Alfonso Soldevila y Nuria Torrella (E. Canyelles) - L. Mundet, F. Llopis y B. Rosell (Proyecto artístico estaciones)
<b>Empresa constructora:</b>	UTE: Dragados y Construcciones (Infraest. Superest) UTE: COMAPA-INABENSA (Estación Mundet) UTE: EMTE-CYMI (Estación Valldaura) UTE: EMTE-CYMI (Estación Canyelles) UTE: Adtranz-Emte (ATP-ATO) Inabensa (subcentral)
<b>Presupuesto:</b>	65,8 millones de €
<b>Fecha de Acabado:</b>	Septiembre 2001

#### CARACTERÍSTICAS

La nueva prolongación de la línea 3 con las estaciones de Mundet, Valldaura y Canyelles es una parte de la planificación general del ferrocarril metropolitano de Barcelona

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Infraestructura:</b></li> </ul>			
Hormigón Projectado	6.500 m <sup>3</sup>	Vigas prefabricadas	2.900 ml
Excavación	32.400 m <sup>3</sup>	Losas prefabricadas	3.000 m <sup>2</sup>
Perfiles Metálicos TH 29	223.000 kg	• <b>Superestructura:</b>	
Vaciado entre pantallas	260.000 m <sup>3</sup>	Carril	9.600 ml
Excavación C. Abierto	120.000 m <sup>3</sup>	Losa flotante	405 ud
Pantallas espesor 60	30.600 m <sup>2</sup>	Bloques hormigón	12.800 ud
Pantallas espesor 80	20.500 m <sup>2</sup>	Catenaria rígida	4,8 km
Pantallas espesor 100	7.500 m <sup>2</sup>	Conductor 1x300 mm <sup>2</sup>	4.300 m
		Escaleras mecánicas	14 ud



## METRO DE SÃO PAULO. LÍNEA 5: LILAS-ÁREA SUL

(SÃO PAULO-BRASIL)

**E**l Gobierno del Estado de São Paulo, a través de la oficina del General de los Transportes Metropolitanos - STM, es responsable de la administración, funcionamiento y expansión de los sistemas de transporte público existente en la Zona Metropolitana de São Paulo, a través de las compañías:

- La compañía del Metropolitano de São Paulo. METRO.

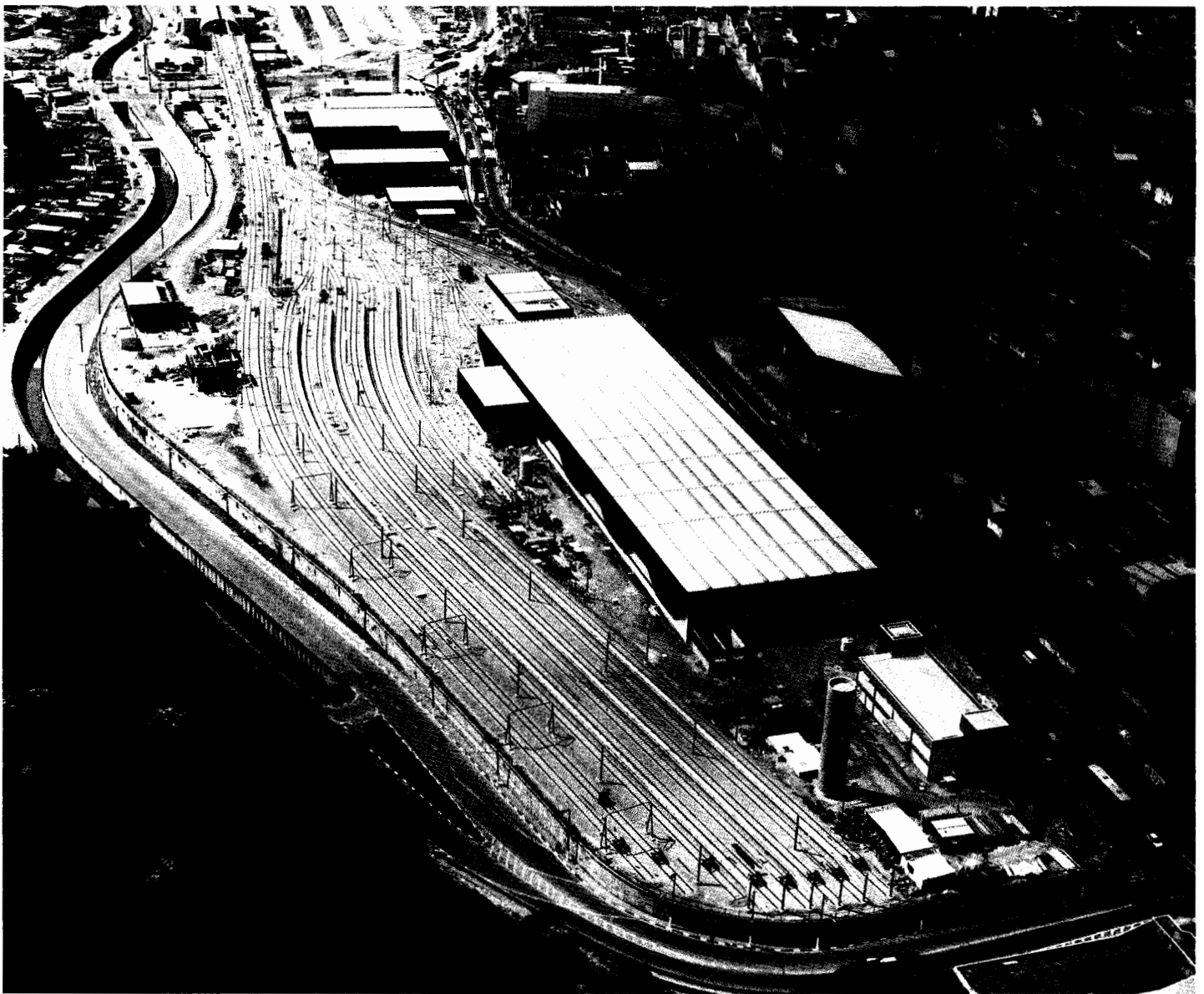
- La compañía de São Paulo de Trenes Metropolitanos. CPTM.
- La compañía metropolitana de transportes Urbanos. EMTU.

La oficina del General de los Transportes Metropolitanos - STM tiene ahora bajo su responsabilidad un total de 253,8 Km de líneas de tren metropolitano. De estas líneas, son de responsabilidad del METRO, 44

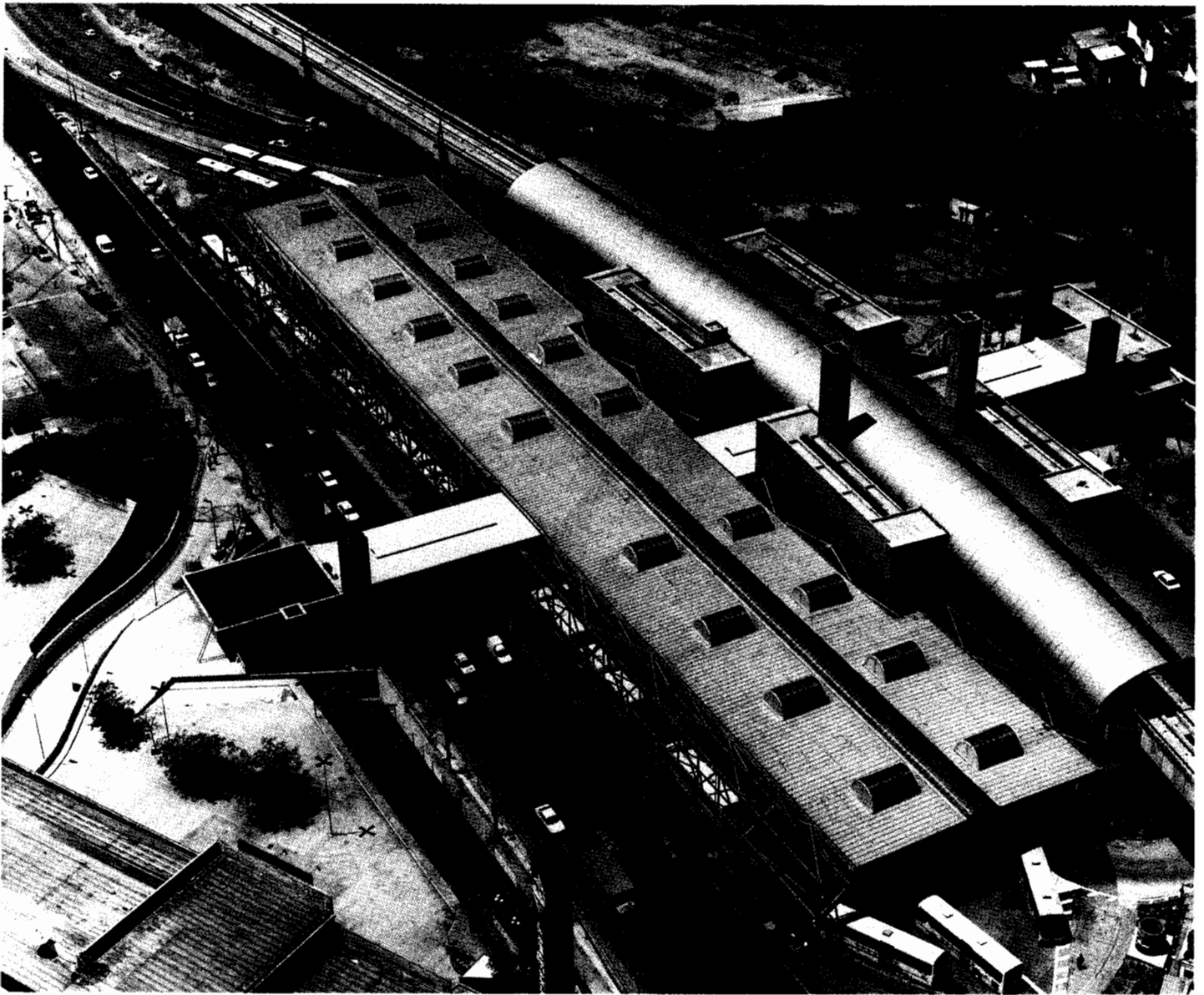
Km que transporta aproximadamente 2 millones de pasajeros/día. La EMTU tiene bajo su responsabilidad la administración de las líneas de autobuses, con un total de 304 líneas y 15.000 Km de extensión, transportando aproximadamente 1,3 millones de pasajeros/día.

La Línea 5 del METRO, es parte del Proyecto Sur que contempla modernización de las líneas existentes y ejecución









de nuevas líneas. En esta primera fase, la Línea 5 invirtió 646 millones de dólares USA. La segunda fase prevé una prolongación de 11,5 km., desde la estación Largo 13 a la estación Santa Cruz y Chácara Klabin.

El proyecto consiste en la ejecución de una nueva línea que unirá las áreas periféricas de Campo Limpo y Capão Redondo con el centro de Santo Amaro. Tiene una longitud de 9,4 Km de los que 7,2 Km son elevados, 0,8 Km subterráneos y 1,4 Km discurren por la superficie. La nueva línea cruza una zona densamente poblada por lo que las condiciones medioambientales impuestas son el elemento fundamental del proyecto. Reducir al mínimo los efectos de las vibraciones y ruidos producidos por

los vehículos rodantes se ha considerado imprescindible para evitar problemas en

las estructuras y viviendas existentes en su entorno. ●

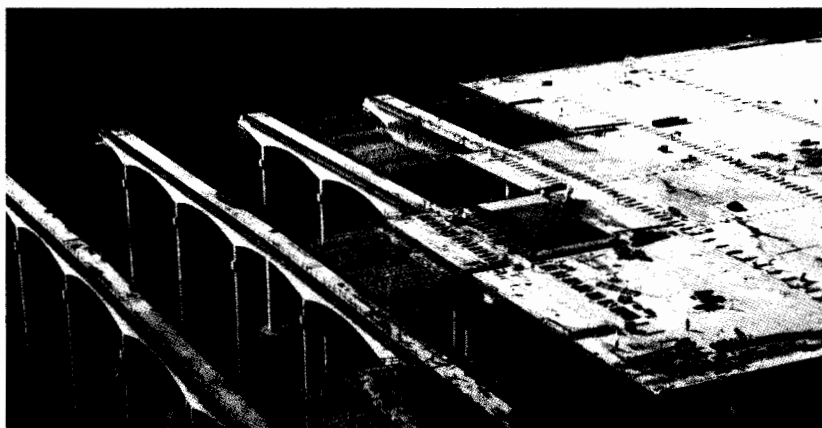
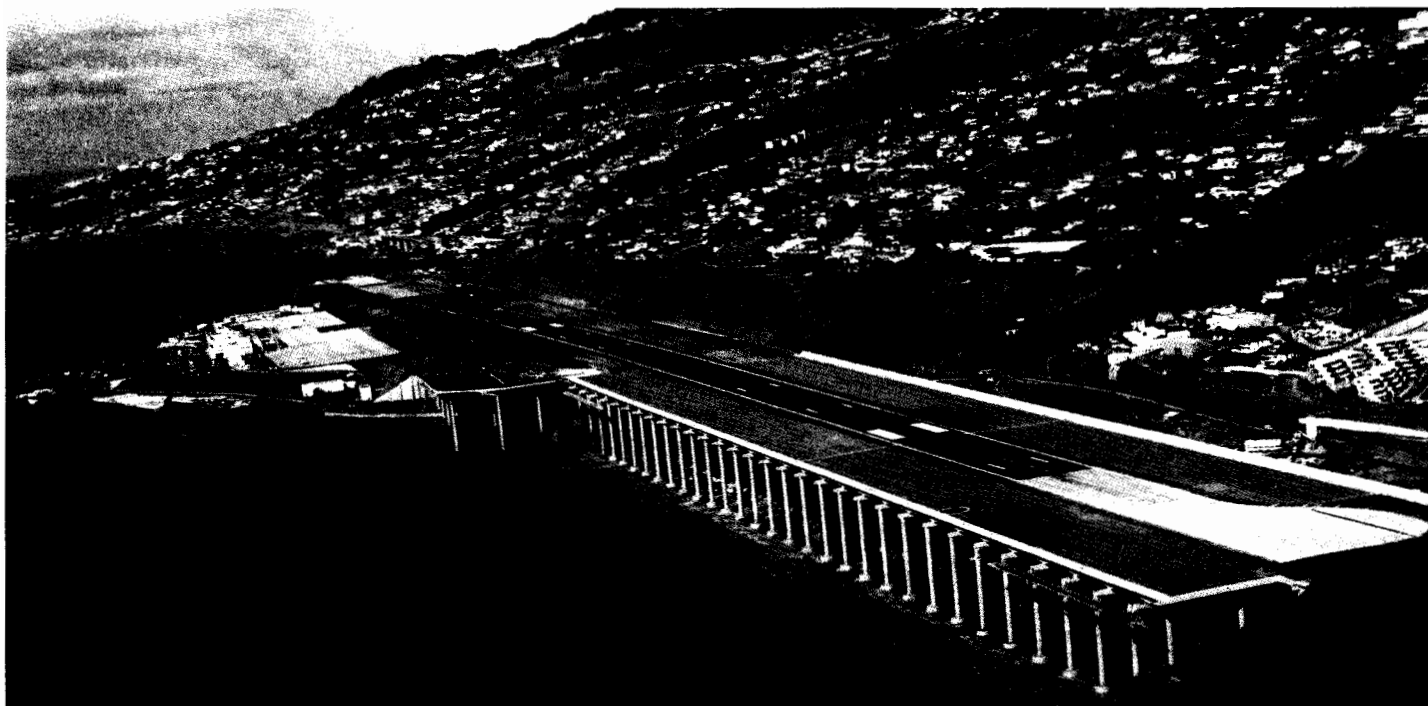
#### FICHA TÉCNICA

<b>Promotor:</b>	Compañía de Trens Metropolitanos de São Paulo
<b>Proyecto:</b>	Figueiredo Ferraz, Plan Servi
<b>Empresa constructora:</b>	Odebrecht
<b>Presupuesto:</b>	646 millones de dólares USA
<b>Fecha de Acabado:</b>	24 Meses

#### CARACTERÍSTICAS

Construcción de una nueva línea de metro para unir las áreas periféricas de Campo Limpo y Capão Redondo con el centro de Santo Amaro.

Longitud de la línea	9,4 Km.	Balaustró	22.000 m <sup>3</sup>
Volumen de hormigón	6.200 m <sup>3</sup>	Traviesas	7.600 uds
Acero	1.151 Tn		



La ampliación del Aeropuerto de Madeira incluye como aspecto más relevante la prolongación de sus pistas originales de 1.800 metros hasta los 2.800 metros. La extensión se realiza mediante un puente de hormigón pretensado que atraviesa la bahía a 67 metros de altura. El tablero del puente, de más de 1.000 metros de desarrollo y 189 metros de anchura, apoya en pilares circulares de 3 metros de diámetro y más de 50 metros de altura; fue dimensionado para soportar el impacto de aterrizaje de las mayores aeronaves comerciales, el Boeing 747-400. ●

FICHA TÉCNICA

<b>Promotor:</b>	ANAM - Aeroportos e Navegação Aérea da Madeira, S.A.
<b>Proyecto:</b>	Antonio Segadães Tavares
<b>Empresa constructora:</b>	CONSORCIO NOVAPISTA - Zagope, S.A., Andrade Gutierrez, S.A., Spie Batignolles, TPI, Opca, S.A.
<b>Presupuesto:</b>	590.000.000 €
<b>Fecha de Acabado:</b>	Septiembre 2002

CARACTERÍSTICAS

Ampliación de las pistas originales mediante un puente de hormigón pretensado

Longitud nueva realizada	1.000 m	Ancho del tablero	189 m
Longitud definitiva	2.800 m	Longitud	1.000 m
Altura sobre la bahía	67 m	Apoyado en pilares de	3 m de diámetro



## PROYECTO DE APROVECHAMIENTO MÚLTIPLE DEL RÍO MAO

**MENCIÓN IBEROAMERICANA**

**(REPÚBLICA DOMINICANA)**

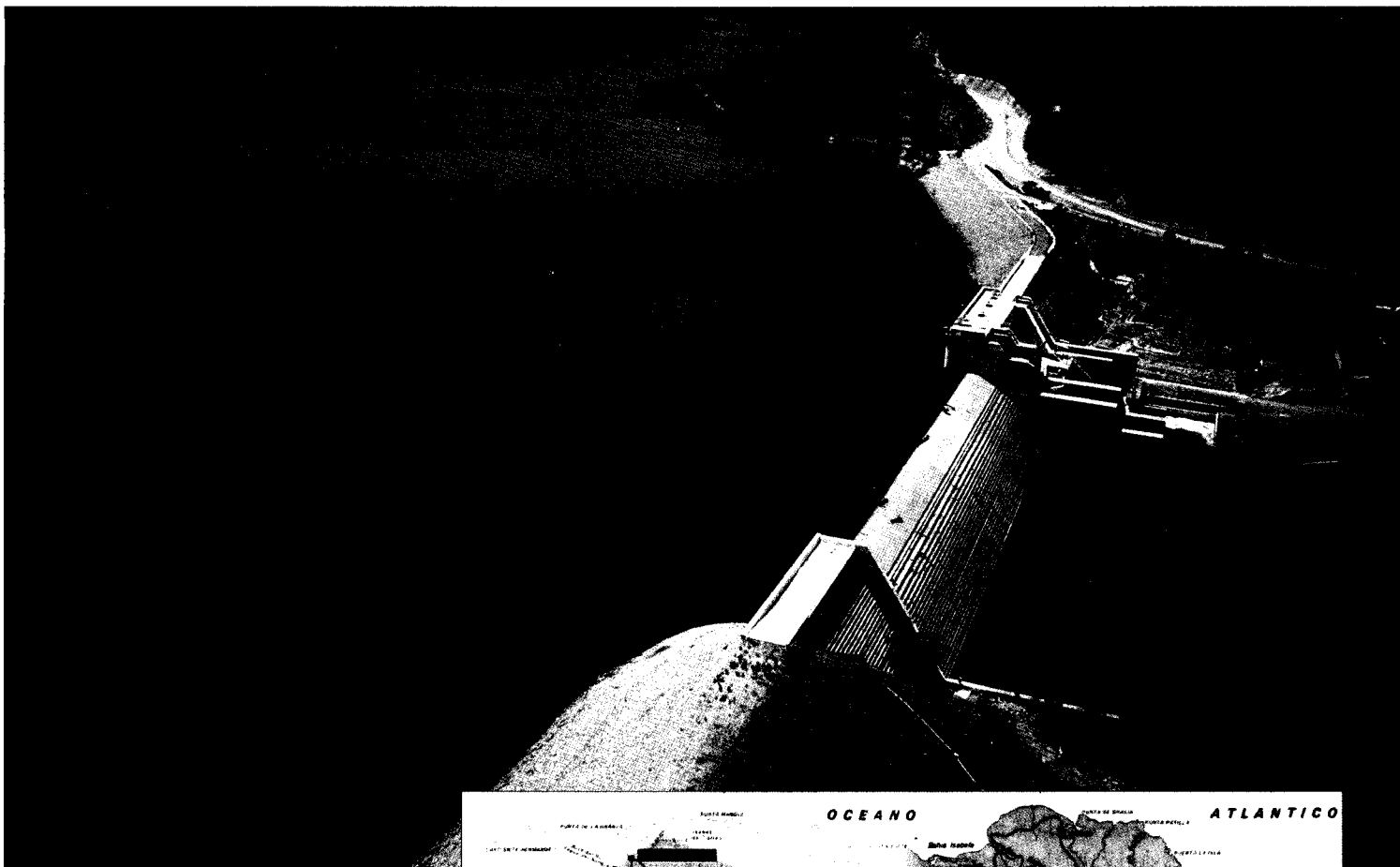
La Presa de Monción es una obra muy significativa no sólo desde el punto de vista constructivo sino, y es aquí donde radica la motivación de esta propuesta, desde el punto de vista social. La República Dominicana, con una extensión de 48,442 km<sup>2</sup>, ocupa las dos terceras partes de la superficie de la zona Este de la Isla de la Española. La región denominada Zona Noroeste o también llamada Línea Noroeste está formada por las provincias completas de Dajabón, Montecristi, Santiago Rodríguez, Valverde y parte de las de Santiago, La Vega, San Juan y La Estrélla, y están compuestas por 26 municipios. El área cubierta por estos municipios es de 9.562 km<sup>2</sup> y representa un quinto de la superficie total del país.

Dicha zona tiene forma rectangular, y limita al norte con la Cordillera Septentrional, con una altura máxima en Diego de Ocampo de 1253 metros, sobre el nivel del mar. El límite sur de la región lo constituye la Cordillera Central, el mayor macizo orográfico del país, con una altura en el Pico Duarte de 3.175 metros, hacia el oeste, la región es fronteriza con Haití, y hacia el este no existe ningún elemento fisiográfico de importancia en su límite, ya que el valle del río Yaque del Norte, que cruza la región de este a oeste, y el valle del río Yuma, que se dirige hacia el este en la cuenca adyacente, están uno en prolongación del otro formando parte de la misma unidad geomorfológica denominada Valle Estructural del Cibao.

Desde el punto de vista fisiográfico, las principales unidades son: la llanura aluvial del río Yaque y sus terrazas, donde se encuentran los suelos de mayor potencial agrícola, y la vertiente norte de la Cordillera Central, de vocación forestal. Debido a esta geografía la zona Noroeste ha sido siempre la gran olvidada de la República Dominicana. Por otra parte el turismo, una de las principales fuentes de ingresos del país, tampoco existe como actividad organizada aunque es una zona con un gran potencial.

La zona Noroeste es principalmente agrícola y una parte apreciable de la agricultura de la región, que aproximadamente comprende 41.000 hectáreas, se realiza de forma rudimentaria, con bajos rendimientos. Entre los

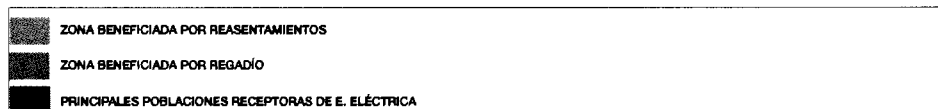
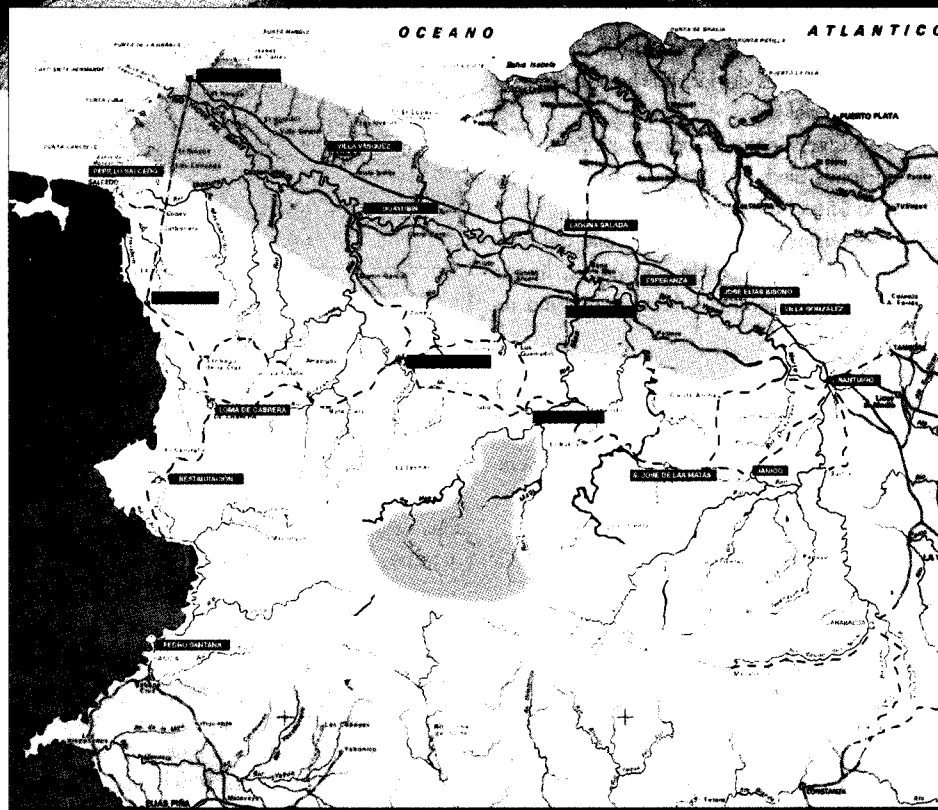




productos de mayor aporte a los ingresos de la región están el arroz y el maní. Otros cultivos de cierta magnitud son: el tabaco, la caña de azúcar, el tomate industrial, seguidos por el guineo, el plátano, el maíz y la yuca.

Existen condiciones naturales adecuadas para incrementar la producción, pero una proporción considerable de las tierras se encuentra en áreas con pluviosidad muy escasa, lo que determina que el riego sea imprescindible o muy necesario. El riego, sin embargo, es una actividad relativamente reciente en la República Dominicana, y, los sistemas de riego construidos se limitan a bocatomas con carácter provisional, canales de conducción, con escasas obras de aforo, control y emergencia, redes de distribución parcial y escasez de obras de drenaje. Los servicios de telecomunicaciones, radio y televisión, así como el suministro eléctrico, tampoco son buenos.

Las obras de construcción de la Presa y el Contraembalse de Monción se iniciaron en el mes de agosto de 1994. La presa, que se levanta 122 metros sobre el cauce del río Mao, es la más alta de Las Antillas en su tipo-



logía. El inicio de las obras supuso un enorme resurgir del comercio y de otras áreas de la frágil economía de esta empobrecida zona, enclavada en la Cordillera Central, donde el empleo dependía de algunas fábricas de casabe y otras actividades precarias. Por otro lado, la construcción generó cientos de puestos de trabajo en la zona Noroeste.

## DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

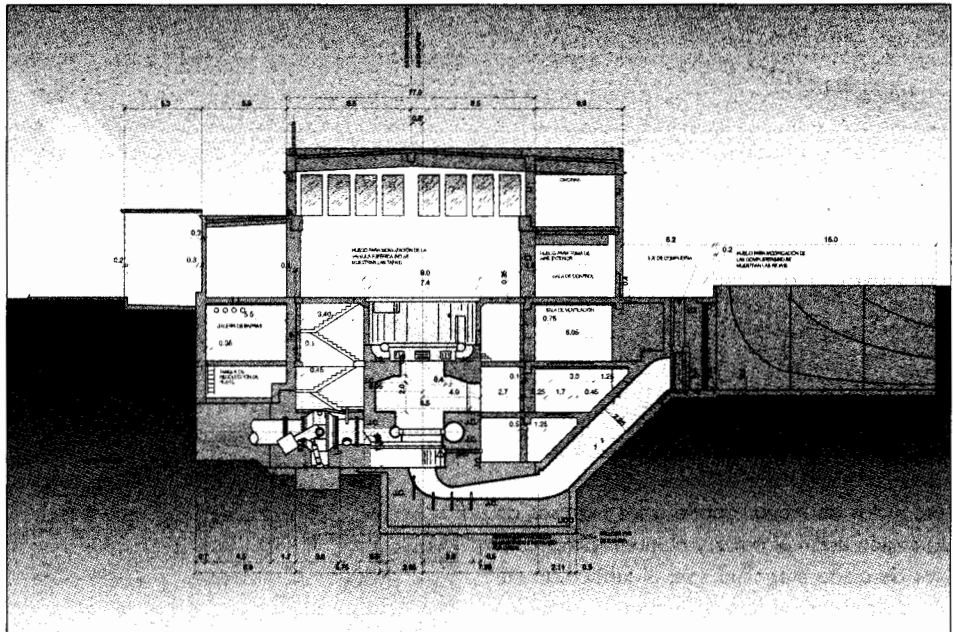
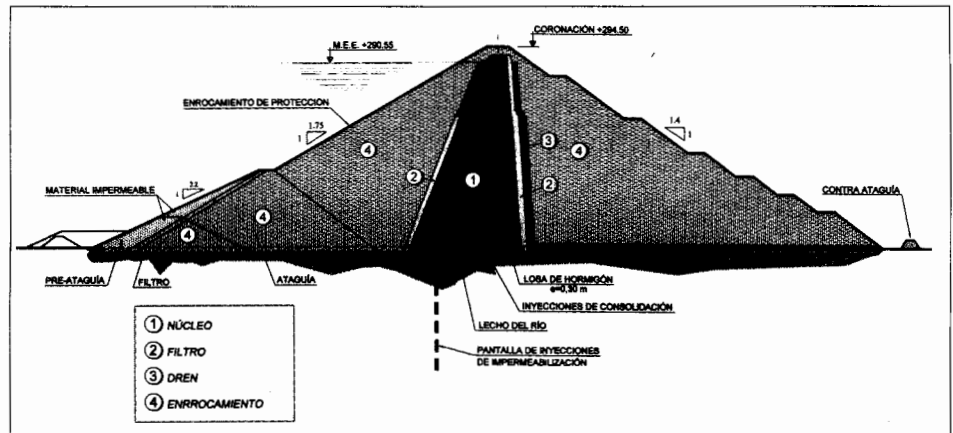
El proyecto de aprovechamiento múltiple del río Mao se ha desarrollado en las provincias de Santiago y Santiago-Rodríguez en la región Norte de la República Dominicana, con el objetivo de aprovechar los recursos y controlar las avenidas que genera y provoca el río. La explotación racional de las posibilidades que ofrece el río Mao permitirá, además de mitigar el desastroso efecto de las avenidas, obtener:

- Generación de energía con una producción media anual de 140 megavatios-hora.
- Construcción de una red de canales de riego con la ampliación de la superficie regable en más de 19.000 hectáreas en el noroeste del país.
- Abastecimiento de agua potable de poblaciones aledañas y fuente del acueducto de la Línea Noroeste.
- Beneficios sociales y desarrollo del territorio. (P.e.:Mejora de carreteras, líneas eléctricas, viviendas y foco de turismo rural).

El aprovechamiento comprende las obras de la presa de Monción, la central hidroeléctrica aguas abajo de la misma y el contraembalse de Monción.

## PRESA DE MONCIÓN

Para realizar las obras de la presa se desvió el río mediante la clásica disposición de ataguía, túnel y contraataguía. La ataguía es de materiales sueltos de 50 m de altura, cuyo cuerpo está formado por escollera, con un tapiz aguas arriba de material impermeable protegido, a su vez con una capa de escollera de 30 cm de espesor. La ataguía apoya sobre una preataguía de materiales sueltos de 20 m de altura. Para evitar la entrada de agua en la



zona de aguas abajo, se construyó una contra-ataguía de materiales sueltos y de 5 m de altura.

El túnel del desvío tiene una pendiente uniforme del 0,805 % a lo largo de 512 m de longitud y una sección de 50,20 m<sup>2</sup> con paredes verticales que, dada la buena calidad del terreno, se construyó con un sostenimiento primario de hormigón proyectado, malla electrosoldada, malla fibercon, anclajes y hormigón estructural en hastiales y solera. La excavación del túnel se atacó por las dos bocas simultáneamente y se realizó mediante voladura, en tres etapas. La embocadura del túnel tiene un pórtico, para facilitar el cierre del túnel, mediante una compuerta de tablero y un tapón de hormigón.

El cuerpo de presa es de materiales sueltos y una altura de 122 metros. La forma de la presa, que engloba a la ataguía y preataguía,

tiene: Talud aguas abajo 1,4 :1 (horizontal:vertical) hasta la cota 261, donde cambia a 1,32:1. Talud aguas arriba, 1,75:1 hasta la cota 279,75, donde cambia a 1,65:1. La coronación tiene 8 m de anchura y 345 m. de longitud.

La estructura interna del cuerpo de presa corresponde a espaldones de escollera, que protegen un núcleo de arcilla apoyado sobre una losa de hormigón ejecutada en una trinchera excavada hasta alcanzar terreno adecuado. El espaldón de aguas arriba está separado del núcleo por un filtro de 3,50 m de espesor y, el de aguas abajo por filtro y dren de 4 m. Para el núcleo impermeable se utilizó el préstamo de los Juncos, situado a 4 km del cuerpo de presa, que estaba constituido por arcillas con intercalaciones de mantos de gravas y arenas cuya clasificación fue arcilla de plasticidad media a alta, excepto en las zonas donde aparecía con are-

na y gravas, donde se catalogó como arena arcillosa. La mayor parte de la escollera para los espaldones han sido rocas volcánicas que se obtuvieron de las excavaciones del vertedero, y los filtros, drenes y áridos para hormigones se obtuvieron explotando bancos ubicados entre 4 y 7 Km aguas abajo.

Con el desvío del río en funcionamiento, se comenzó la ejecución del cuerpo de presa. Tras la retirada de las excavaciones y, previamente al hormigonado de la losa de apoyo del núcleo, se procedió a la limpieza de la cimentación, y a un estudio detallado de la misma, a resultados del cual fue necesario hacer tratamientos específicos con hormigón en algunas zonas, destacando una falla en el estribo derecho. Los últimos trabajos antes del comienzo de los rellenos fueron el tratamiento de consolidación y de impermeabilización, que se llevaron a cabo desde la losa de apoyo del núcleo.

**Desagüe de fondo.** El desagüe de fondo es en túnel excavado en la margen izquierda, con una longitud total de 630 m, pendiente uniforme del 1,81% y una sección abovedada de 30,24 m<sup>2</sup>, revestida en su totalidad con un espesor de 40 cm de hormigón. La estructura de embocadura tiene su umbral a la cota 195 y consiste en una torre de 30 m de altura con un pórtico desde el que se acciona un tablero de cierre. La excavación del túnel se realizó con voladura a sección completa, atacando desde las dos bocas. El flujo a través del desagüe de fondo se controla con una doble compuerta Bureau de 2,5 x 2,2 metros, instalada en una cámara, a la cual se tiene acceso a través de un pequeño túnel lateral de 237 m de longitud y 13.38 m<sup>2</sup> de sección.

**Aliviadero.** El aliviadero de superficie es independiente y se encuentra ubicado en la margen izquierda, tiene una longitud de 1640 m y discurre en su mayor parte excavado en roca. Constituye un canal de gigantescas dimensiones, diseñado para un caudal de 5.570 m<sup>3</sup>/s, que se divide en tres zonas:

- Canal de entrada de 140 m de longitud, 75 m de ancho y cajeros de 19 m de altura.
- Zona de vertido de 200 m de longitud, que presenta un estrangulamiento de 75 a 60 m de ancho con muros de hasta 18 m, en donde se encuentra el azud de vertido libre a la cota 280, la rápida, deflector y el trampolín de lanzamiento.



- Canal de salida de 1300 m, excavado en roca.

El puente sobre el aliviadero tiene una longitud de 81 m divididos en tres tramos iguales de 27 m cada uno, salvados con vigas post-tensadas de 1,60 m de canto, y deja una altura libre de 12 m sobre el umbral de vertido.

El buldózer para el material común, y la voladura para la roca fueron las técnicas utilizadas para la excavación del vertedero. Los taludes se trataron con hormigón proyectado de 5 cm de espesor y malla electrosoldada.

**Toma de la central hidroeléctrica.** Las obras de toma de agua de la central hidroeléctrica exigieron la ejecución de un túnel de sección circular de 4,6 m de diámetro y 4.379 m de longitud, la embocadura y un pozo para alojar las compuertas que controlan la entrada de agua. El túnel lleva a lo largo de 4.050 m un revestimiento de hormigón de 30 cm de espesor y en el resto un blindaje metálico de 1,5 pulgadas de espesor anclado en hormigón de 50 cm de espesor. La excavación se ejecutó con una TBM. La obra de toma consiste en una estructura tipo cajón de 122 m de longitud y de 4,5 x 5 m interiores, empotrada en la ladera izquierda.

El pozo de compuertas ubica la compuerta principal del túnel de 2,2 x 4 m, que se acciona desde la caseta de compuertas situada encima del pozo. Éste, que tiene 90 m de profundidad, 5,4 m de diámetro y va revestido totalmente de hormigón armado, se excavó mediante el sistema Raise Boring, logrando una

excavación perfecta y con poco riesgo. Para el revestimiento se utilizó un encofrado deslizante, estabilizando previamente las paredes de la excavación con hormigón proyectado, malla de refuerzo y pernos pasivos.

## CENTRAL HIDROELÉCTRICA

La central hidroeléctrica se ubica unos 4 Km aguas abajo de la presa y su descripción puede separarse en tres elementos: chimenea de equilibrio, casa de máquinas y subestación eléctrica.

La chimenea de equilibrio se encuentra 570 m aguas arriba del edificio de la central. Consiste en un pozo de 120 m de profundidad, sección variable desde 4 m de diámetro en los 34 m inferiores hasta 9 m en el resto, que tiene a su vez un tramo horizontal de 50 m que lo conecta con el túnel de la central. Donde la calidad del terreno lo requiere presenta un revestimiento de hormigón armado de 50 cm de espesor, y un blindaje metálico telescopio que varía desde 3 a 1,5 pulgadas con rigidizadores cada 1,5 m. Ya en la superficie, la chimenea se prolonga con un depósito metálico de 20,50 m de altura y 16 m de diámetro con lo que se consigue alcanzar una cota de energía adecuada. La excavación de la galería horizontal se realizó por el método convencional de voladura, y para el pozo se utilizó una combinación de Raise Boring de 4 m de diámetro en los 34 m inferiores y ensanchamiento a 9 m en los 86 m restantes con explosivos.



La central es un edificio semienterrado, de planta rectangular de 45 x 18 m, con 10 m sobre el nivel de terreno y 18 m por debajo. En este edificio se alojan dos grupos generadores de 25 MW cada uno, movidos por turbinas Francis de eje vertical, que trabajan con un salto y un caudal de diseño de 124 m y 22.9 m<sup>3</sup>/s. En el exterior hay dos transformadores de 13.2 Kv/69 Kv. La restitución al río se hace mediante un canal trapezoidal de escollera. La subestación es de diseño convencional de tipo doble barra con interruptores en SF<sub>6</sub>, con 5 campos a 69kv y un campo a 138 kv para atender a las necesidades actuales.

### CONTRAEMBALSE DE MONCIÓN

El contraembalse está concebido como obra de regulación y aprovechamiento de los vertidos que produce la presa y está situado a 8 Km aguas abajo de la salida de turbinas. Tiene previsto la generación de energía con una pequeña central a pie de presa, con una capacidad de 3.2 MW distribuida en dos grupos de 1.6 MW, que puede producir unos 20 GWH al año. También se derivará un caudal de 15,0 m<sup>3</sup>/seg para un canal de riego que irrigará unas 19,000 ha., y está previsto su uso para la piscicultura y deportes acuáticos.

La presa es de tipología mixta con la parte central construida en hormigón compactado con rodillo con bajo contenido de material cementante y los diques laterales de materiales sueltos, básicamente homogéneos, y construidos con materiales aluviales finos y material impermeable compactado, provenientes de las excavaciones de los canales de acceso y salida, de las excavaciones para la fundación y de préstamos cercanos. La longitud total de la parte construida en hormigón compactado es de 209 m, de los que 120 m corresponden al aliviadero y el resto a los estribos, 56 m el de la margen izquierda y 33 m el de la derecha, que enlazan con los diques laterales de materiales sueltos.

La sección tipo de los estribos corona a la cota 132 y es simétrica con taludes 0,7:1, con un talud aguas abajo escalonado, mientras que el de aguas arriba tiene una membrana de impermeabilización de hormigón armado que está conectada a una losa de cimentación que, a su vez, enlaza con una pantalla impermeabilizadora de hormigón plástico de 0,60 m de espesor, 15 m de profundidad y 410 m

de longitud. La sección tipo de vertido presenta los mismos taludes y características, pero tiene un umbral de vertido en hormigón convencional a la cota 124 y aguas abajo tiene un cuenco de disipación de energía.

Los diques de materiales sueltos que completan el cierre tienen longitudes de 205 m en la margen derecha y de 220 m en la margen izquierda, coronan 90 cm por encima de los estribos de hormigón de la presa y se unen a la misma por medio de una rampa con pendiente del 10% ejecutada en hormigón convencional. Los diques tienen un filtro inclinado de 3.5 m de espesor y un manto filtrante aguas abajo de 1,2 m de espesor. Su elemento impermeabilizador es un manto de 2 m de espesor y 10 m de longitud aguas arriba, que se une con la pantalla impermeable. Las pendientes de los taludes de los diques son de 2,3:1 aguas arriba y de 2:1 aguas abajo.

El desagüe de fondo, construido en hormigón armado, está localizado en la margen izquierda de la presa, tiene 10 m de ancho libre, 28 m de altura, con la cresta ubicada en la elevación 132, y es controlado por una compuerta radial de 10 m de ancho por 14 m de altura.

La estructura de hormigón armado de la minicentral, localizada a la izquierda del de-

sagüe de fondo, tiene 25 m de ancho por 28 m de altura, y alberga dos grupos turbogeneradores, con turbinas Francis de eje horizontal, generadores sincrónicos y equipos para servicios auxiliares. La toma del canal de riego y acueducto situada junto a la minicentral, tiene 6,4 m de ancho libre y 28 m de altura y la estructura de distribución a la salida de la minicentral permite dirigir el flujo hacia el canal de riego o hacia el desagüe. La línea de transmisión a 13.8 kv tiene unos 8 Km de longitud y une la minicentral con la subestación de Bulla.

### AFECCIONES DE LA OBRA

En las zonas que van a quedar afectadas por las obras tanto durante el período de construcción como en la explotación - implantación de obras, embalse, contraembalse, etc.- se han producido una serie de afecciones a familias, servicios y tierras en explotación agraria. En total las familias afectadas han sido 1.621, con un total de 9.065 personas, que han sido realojadas en el entorno. Asimismo han sido restituidos todos los servicios afectados -acueductos rurales, líneas de electrificación rural, accesos. ●

### FICHA TÉCNICA

<b>Promotor:</b>	Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI) de la Republica Dominicana
<b>Proyecto:</b>	Ingenieros Consultores. Medellín Colombia. Hanson Rodríguez
<b>Empresa constructora:</b>	Consorcio Ferrovial-Agromán, Conde, Unión Eléctrica Fenosa
<b>Presupuesto:</b>	Obra Civil: 54,8 millones de \$ Equipos electromecánicos: 35,0 millones de \$ Total: 89,8 millones de \$
<b>Fecha de Acabado:</b>	Abril de 2002

### CARACTERÍSTICAS

Proyecto de aprovechamiento múltiple para la generación de energía, creación de regadíos, abasteciendo de agua potable y control de avenidas.

<b>• Situación:</b>		Superficie del embalse	11 km <sup>2</sup>
Cuenca hidrográfica	Río Yaque del Norte	Cota del máximo nivel extraordinario	290 m.s.n.m
Río	Mao, afluente del Yaque del Norte	Caudal de avenida de diseño	5.750 m <sup>3</sup> /s
Término municipal	Monción	Cota del nivel mínimo de operación	223 m.s.n.m
Provincia	Santiago y Santiago Rodríguez	Central hidroeléctrica	2 grupos de 25 MW cada uno
Región	Norte	Producción anual	200 millones de KW/h
<b>• Datos:</b>		Minicentral	2 grupos de 1.6 MW
Superficie de la cuenca vertiente	820 km <sup>2</sup>	Producción anual	20 millones de kW/h.
Caudal medio del río	19,1 m <sup>3</sup> /s		
Cota del máximo nivel normal	280 m.s.n.m		

La Provincia costera de Manabí con una superficie territorial de 19.000 Km<sup>2</sup> (7% del total Nacional), ostenta una población de mas de un millón de habitantes, de los que aproximadamente un 25% es económicamente activa y presentó siempre una posición importante dentro de la economía nacional, al constituir el centro de producción de café, cacao, plátano y otros productos para su exportación y de maíz, yuca, algodón, frutas y hortalizas para el consumo interno.

Debido a la carencia de ríos de régimen permanente en la Provincia, lo que conlleva a la escasez o poca confiabilidad del abastecimiento de agua, Manabí ha visto estancado su crecimiento económico durante las dos últimas décadas, evidenciándose entonces la impostergable necesidad de incrementar la productividad mediante la implementación de infraestructura que permita contar con el suficiente volumen de agua para adecuados sistemas y técnicas de riego.

Así dentro de los proyectos que permitirán el incremento de la dotación de agua se encuentra el Proyecto Integrado Chone-Portoviejo, para cuyos estudios de factibilidad y definitivos se aprovechó un convenio de asistencia técnica entre los gobiernos de Ecuador y Japón, representados por el CRM y la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). Proyecto que incluye la presa La Esperanza (ya construida) y de los Trasvases de agua desde el Embalse Daule Peripa hacia la parte central de Manabí con los desarrollos de riego para las Cuencas de los Ríos Chone y Portoviejo.

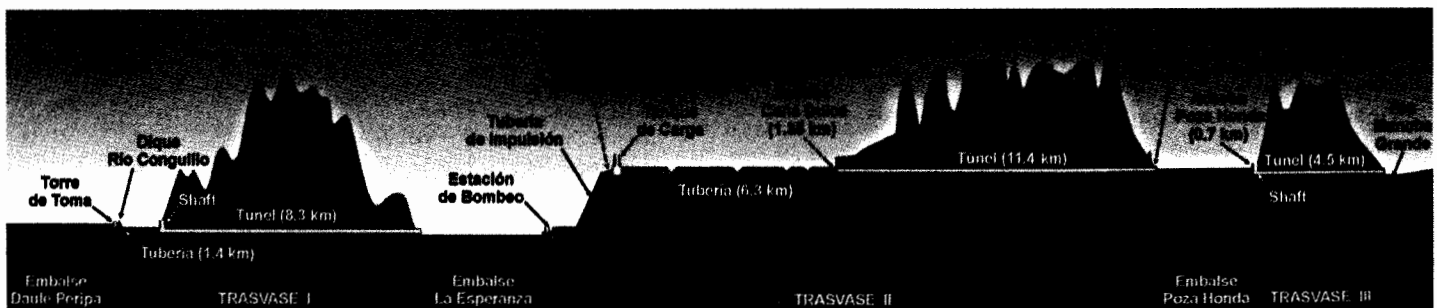
Parte fundamental del Proyecto de irrigación de la provincia de Manabí son los Trasvases de agua para las Cuencas de los ríos Chone y Portoviejo.

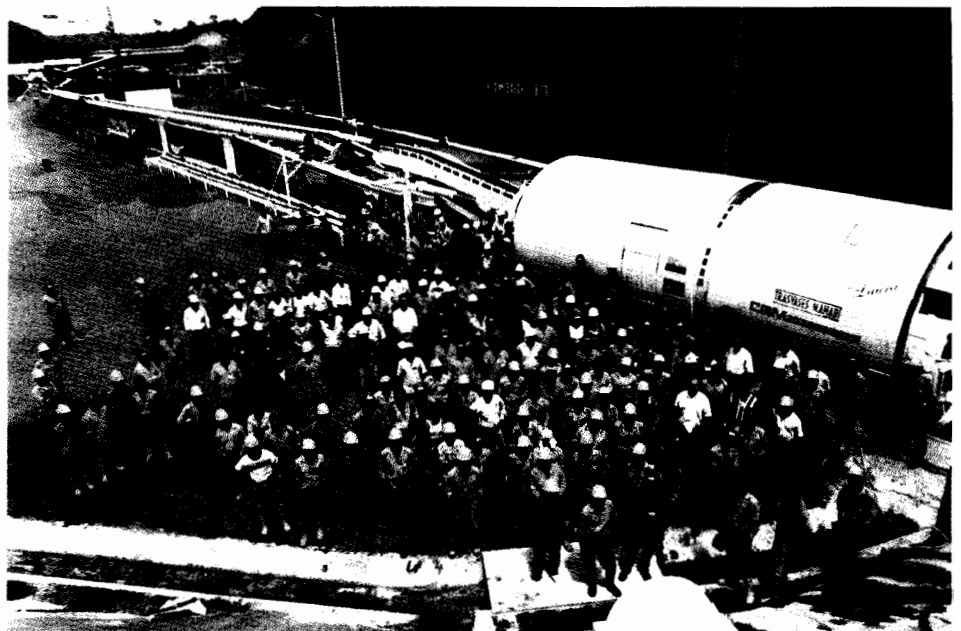
El Contrato de Construcción se suscribe el 12 de mayo de 1998 dándose inicio efectivo a los trabajos el 1 de mayo de 1999 una vez realizado el Contrato de Financiamiento suscrito entre el Estado Ecuatoriano y el Banco Nacional de Desarrollo Económico e Social del Brasil -BNDES.

**OBJETIVO DE LOS TRASVASES**

El trasvase de agua es un conjunto de obras hidráulicas que tiene como objetivo contribuir al desarrollo socioeconómico de la región mediante la dotación de agua para cubrir necesidades de abastecimiento para uso doméstico, turístico e industrial, beneficiando a

una población de 650.000 habitantes en la Cuenca del Río Portoviejo, incluyendo las áreas de Manta y Jipijapa (70% de la población provincial) y una población de 40.000 habitantes en la Cuenca del Río Chone (12% de la población total) para el año 2020. Cubrirá además la demanda de agua para riego en una extensión de 12.150 Ha en la Cuenca del Río Portoviejo y 1.000 Ha en la Cuenca del Río Chico además de favorecer a 5.500 Ha de industria Camaronera para la que se prevee un crecimiento de 450 Ha adicionales en relación con las existentes en 1990. El flujo de agua constante con el que el trasvase incrementará el volumen actual de los Ríos Chone y Portoviejo, permitirá el mantenimiento de sus ecosistemas y estuarios.





El proyecto comprende la captación de 16 m<sup>3</sup>/seg. de agua desde el embalse de la presa la Esperanza a través de la Estación de Bombeo Severino y su conducción mediante un Canal Abierto de 6,3 Km de Longitud hasta llegar al túnel La Esperanza - Poza Honda que con una extensión de 11,4 Km lo transportará hasta el embalse de la presa Poza Honda. Desde este lugar, mediante un túnel de sección y metodología constructiva similar al anterior, pero con una longitud de solamente 4,1 Km se trasladan 4 m<sup>3</sup>/seg hasta el Río Mancha Grande.

pos electromecánicos en el mismo sector, y obras complementarias a la salida del referido túnel en el sector de Membrillo.

La ejecución de los trabajos complementarios del Sistema de Trasvases Manabí fue posible gracias a la participación de la Corporación Andina de Fomento, quien con dos préstamos por un total de US\$ 75 millones permitió la implementación de la

totalidad de los trabajos, además de coadyuvar a la realización de un importante programa de control y mitigación de impactos ambientales en el sector de ingreso al Trasvase I, y fomentar el reforzamiento Institucional y reestructuración del CRM, en aras de la optimización de los recursos físicos y humanos con los que cuenta la entidad. ●

## EJECUCIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRASVASES

Con el ánimo de contar, con la totalidad del Sistema Integrado de Trasvases Manabí en pleno funcionamiento, el Centro de Rehabilitación de Manabí propuso que, fueran ejecutados los trabajos que faltaban para hacer operativo el trasvase Daule Peripa-La Esperanza. Este reto fue asumido por Constructora Norberto Odebrecht S.A. y Asociados, que dentro del mismo plazo inicialmente propuesto para ejecutar los Trasvases II y III, ejecutó importantes obras en la entrada y salida del Trasvase I, entre los que se cuentan: el dique de control de sedimentación y vertedero en Conguillo, tubería de conducción de 2,5 Km. de longitud, obras de captación y montaje de equi-

### FICHA TÉCNICA

<b>Promotor:</b>	Centro de Rehabilitación de Manabí
<b>Proyecto:</b>	Asociación Engevik - Acolit
<b>Empresa constructora:</b>	Constructora Norberto Odebrecht, S.A.
<b>Presupuesto:</b>	221 millones de dólares USA
<b>Fecha de Acabado:</b>	Diciembre de 2001

### CARACTERÍSTICAS

Fase final del Proyecto Integrado Chone-Portoviejo. Parte principal del proyecto de irrigación de la provincia de Manabí.

#### • Estación de Bombeo Severino

Capacidad	16 m <sup>3</sup> /seg.
Altura total	70 m.
Motobombas	6 unidades de 3,2 m <sup>3</sup> /s c/u
Subestación	2 x 12.5 Mva, 138/13.8 Kv.
Tubería de carga	2 líneas (Ø 2 m, 186,20 m.)
Tanque de carga	Ancho 16.6 m, Largo 56.7 m.
Tubería de conducción	16 m <sup>3</sup> /seg, 6,3 Km de longitud y Ø3,5 m

#### • Túnel la Esperanza - Poza Honda

Capacidad	16 m <sup>3</sup> /seg
Longitud	11,4 Km

Diámetro interno	3,50 m.
Pendiente	1/3.350

#### • Túnel Poza Honda-Mancha Grande

Capacidad	16 m <sup>3</sup> /seg
Longitud	4,1 Km
Diámetro interno	3,50 m.
Pendiente	1/3.900

#### • Línea de transmisión Daule Peripa-Severino

Longitud	33 Km
Voltaje	138 Kv.

#### • Vías de Acceso

A Severino	9,3 Km
A Caña Dulce	1,35 Km
A los Cuyuyes	14,6 Km
Entrada a Poza Honda	0,7 Km

# RECUPERACIÓN URBANA Y AMBIENTAL DE LA PLAYA DE RAMOS (RÍO DE JANEIRO-BRASIL)

La Bahía de Guanabara almacena 2.000 millones de metros cúbicos de agua salada, con una profundidad media de 7,7 metros. Baña cincuenta y tres playas en su entorno y recibe el desagüe de treinta y cinco ríos de los quince municipios que tienen el privilegio de tener este contacto. El programa de descontaminación de la Bahía de Guanabara, ahora en desarrollo, contempla proyectos de elevados valores ambientales; entre ellos está el Parque Ambiental de la Playa de Ramos.

La Bahía de Guanabara viene siendo descontaminada de forma lenta y continúa contaminada. El nivel de depósitos es muy alto en varios puntos, a pesar de algunas medidas en los sistemas de drenaje sanitario, drenaje y remoción de basura a lo largo de ríos y canales que fluyen en dirección a ella. El crecimiento

vegetativo de los factores contaminantes permanece en desproporción con los recursos y formas de ataque. El trabajo es realmente complejo pero la población no puede continuar sufriendo, para no mencionar daños físicos y culturales. La orla de la Bahía precisa respirar y gozar de la vista y ventilación del mar.

El Área de Planteamiento 3, es decir, parte de la llamada Zona Norte es, geográficamente, la más sofocada entre las montañas y la menos dotada de pulmones que suavicen las altas temperaturas y las insalubres condiciones de contaminación. Es en las inmediaciones de una de las arterias más contaminadas de la ciudad, la Avenida Brasil, en la X RA – Ramos, donde encontramos una oportunidad de redención parcial – la playa de Ramos, su única área de esparcimiento.

Tristemente marcada por la fuerte contaminación de la Bahía, por las construcciones espontáneas que cierran la visión de los que pasan por la avenida Brasil, por el tiroteo de marginales que espantan los escasos usuarios, la playa de Ramos, aún es una posibilidad real de respiración para el Barrio y para la Avenida Brasil. Enclavados en región tenida y maltratada como industrial, los 500 metros de la playa de Ramos quedan entre el yate Clube de Ramos, una Colonia de Pesca, el yate Clube Carioca y las favelas de Ramos y Roquete Pinto.

La población del entorno asciende a: Favela Parque Roquete Pinto, 6.370 hab., Favela de Ramos, 2.578 hab., Barrio de Ramos, Cerca de 100.000 hab., y toda la X RA (2), Cerca de 280.000 hab.





La playa de Ramos es la única área de esparcimiento de la X RA, con una frecuencia media mensual de 110 personas. No obstante puede acoger mucho más por su espacio, por la presencia del mar y por el acceso facilitado por la Avenida Brasil. Las principales presiones sobre la playa de Ramos vienen de elementos que afectan el medio ambiente. Es imposible usar la playa sin la descontaminación de la Bahía. La basura del mar es depositada por la marea alta en las arenas de donde es eliminada. Además una gran zanja de drenaje limita la playa al Este. La inseguridad también compromete la frecuencia de los usuarios. Las constantes escaramuzas de traficantes y la acción de contrabandistas venidos del mar asustan a los escasos frequentadores, incluso con la presencia policial fuertemente armada en un puesto próximo. Es, por tanto, imprescindible recuperar la zona en cuestión.

El Proyecto de recuperación Ambiental de la Playa de Ramos se define básicamente como la creación de espacios para deportes, esparcimiento y cultura e implica el Programa

de Descontaminación de la Bahía de Guanabara. El Proyecto tiene como objetivo crear, en las arenas de la propia playa, un Lago Artificial Salado que recibirá agua tratada químicamente a través de la Estación de tratamiento con captación en la Bahía de Guanabara y renovación diaria con desagüe en el mar.

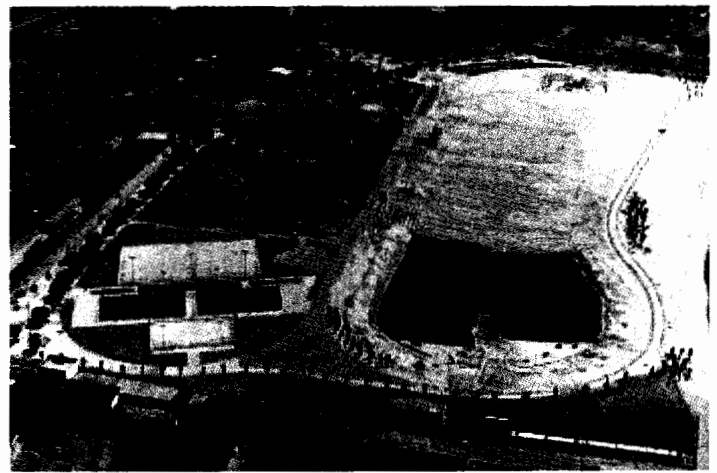
La Obra se proyectó bajo los siguientes aspectos ambientales:

- Recuperación del área degradada de la playa que no presentaba la menor condición de salubridad. Las comunidades usaban esta área para depósito de basura, generando condiciones absolutamente insalubres.
- Mejoría del paisaje aéreo y terrestre de la llegada al principal portón de entrada del país, el Aeropuerto Internacional Maestro Antônio Carlos Jobim - AIRJ, situado en la margen opuesta de este brazo de Bahía que baña la referida playa.
- Integración de esta área con la Av. Brasil, principal arteria de la zona norte de Río

de Janeiro, facilitando el flujo de los usuarios.

- Integración con el Programa de Descontaminación de la Bahía de Guanabara, inicio del proceso de Recuperación Ambiental (Marítima y Terrestre) en las proximidades del sistema, con el retorno del agua tratada del lago para la Bahía de Guanabara.

- Mejoría real de la región en cuanto a la proliferación de enfermedades, con la limpieza y la extinción de los ratones y la implantación de las redes de albañales y drenaje de las comunidades.
- Recuperación de la ictiofauna, avifauna y micro-organismos marinos con la colocación de arrecifes artificiales en la región del desagüe.
- Disminución real de la violencia en aquellas comunidades y cercanías a través de programas ocupacionales y reeducación de los habitantes locales.
- Creación de actividades deportivas como: natación, fútbol, windsurf, ciclismo, etc.





- Recuperación de la auto-estima de las comunidades y revalorización comercial e inmobiliaria del entorno.

La obra se desarrolló contemplando las siguientes actividades:

- Limpieza en toda la extensión del área de implantación y ejecución de pared diafragma en todo el perímetro de 1,2Km del futuro Lago Salado.
- Excavación, carga, transporte y compensación lateral, de la arena en la zona de Implantación del Lago, ejecución del terraplén para formación del Futuro Lago, completando 84.000m<sup>3</sup>, y creación de cordón litoral con 71.000 m<sup>3</sup> de arena local.
- Implantación del Sistema de drenaje profundo, con drenaje a través de pozo profundo y aplicación del Sistema de geomembrana de PVC en todo el fondo del Lago, recubierta con arena de playa.
- Terraplén para urbanización de las áreas de deportes, ejecución de saneamiento local, construcción del Puesto de Salvamento y ejecución de las canchas, campos y ciclovías
- Implantación de la ETE-Sistema Flot-Flux®

El Proyecto de Recuperación Urbana y Ambiental de la Playa de Ramos, en el corto espacio de un año recuperó un área completamente degradada, transformándola en un espacio limpio, útil y seguro, que, a finales del año pasado, fue entregado a las comunidades de la región, beneficiando particularmente a los cerca de 35 mil moradores de la Playa de Ramos y del Parque Roquete Pinto, que pertenecen al Barrio Maré, considerado el mayor complejo de comunidades de baja renta del país. Las obras se desarrollaron en un plazo de 13 meses.

Por sus características innovadoras, al integrar soluciones ambientales y de esparcimiento, el Proyecto Playa de Ramos está generando gran expectativa, tanto entre la población directamente beneficiada como, de modo más crítico, entre segmentos influyentes de la sociedad, como periodistas, ambientalistas, políticos, promotores públicos etc. Para asegurar el éxito de la inversión, que solo se concretará con la supervivencia y perpetuidad de la obra realizada, fue fundamental establecer un Proyecto integrado de ocupación, utilización y mantenimiento del área, incluyendo acciones



en conjunto con las comunidades del entorno y programas sociales que apoyaron mejoras para estas propias comunidades. Entre ellas destacan:

- Identificar iniciativas que comprometan a la comunidad con el éxito, el mantenimiento, la seguridad, la sustentación y la permanencia del Proyecto Playa de Ramos, evitando los riesgos de rápida degradación del mismo y sus consecuencias tanto para

los beneficiarios como para la imagen de las empresas e instituciones involucradas.

- Actuar para la mejoría de la calidad de vida de las comunidades de la zona.
- Actuar junto a la comunidad para la educación medioambiental, aspecto esencial para la preservación del Proyecto.
- Apoyar programas de auto-sustentación de las comunidades de la región.
- Estimular el turismo de baja renta, propio de la región, con ofertas de calidad. ●

#### FICHA TÉCNICA

<b>Promotor:</b>	Gobierno del Estado de Río de Janeiro – Órgano de Acción Sectorial del Gobierno
<b>Proyecto:</b>	Arquitectura y Paisajismo: Alexandre Proceso Flot Flux: DT. Engenharia João Carlos – Gómez de Oliveira PCE-Proyectos y consultorias de ingeniería: Eduardo Machado Masia
<b>Empresa constructora:</b>	CBPO engenharia Ltda.
<b>Presupuesto:</b>	13.553.000 Reales
<b>Fecha de Acabado:</b>	Diciembre 2001

#### CARACTERÍSTICAS

El proyecto de recuperación se define básicamente como la creación de espacios para deporte, esparcimiento y cultura, en una zona fuertemente contaminada

Área total urbanizada	144.346 m <sup>2</sup>	Superficie construida para servicios:	
Área Lago Salado	19.490 m	- Campa de fútbol	4.600 m <sup>2</sup>
Volumen del Lago	26.000 m <sup>3</sup>	- Puento de salvamento	2.400 m <sup>2</sup>
Capacidad estación de tratamiento	100 l/seg.	- Sanitarios y guardarropa	108 m <sup>2</sup>
Volumen renovable diario	5.000 m <sup>3</sup>	- Pista de patinaje	38 m <sup>2</sup>
		- Canchas palivalentes	108 m <sup>2</sup>



El 24 de mayo de 1994, el entonces ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, hoy Ministerio de Fomento, la Comunidad de Madrid y el Ayuntamiento de Madrid, firmaron el Protocolo de Cooperación para la Rehabilitación del Centro Histórico y de Barrios Periféricos en Grave Proceso de Deterioro Urbanístico y Arquitectónico, y los correspondientes Convenios de Rehabilitación. Dentro de estos Convenios se declararon las Areas siguientes: Área I: Plaza del Dos de Mayo, Área II: Arco del Triunfo Plaza Mayor III Fase y Área III: Plazas de la Paja, Carros, Alamillo y Cruz Verde, para la recuperación de los edificios de viviendas, y la urbanización y renovación de las infraes-

tructuras con un nuevo tratamiento del tejido urbano. Dos años más tarde del inicio de los trabajos de rehabilitación en las Áreas se comprobó que los resultados eran satisfactorios y se propusieron dos Nuevas Áreas que conectaban las anteriores, la del Eje de la calle Mayor y la de la calle Fuencarral, cuyos convenios fueron firmados el 6 de noviembre de 1996.

Los Convenios de Rehabilitación contemplan las urbanizaciones e infraestructuras de las calles y plazas, los Programas de Ade-cuación Arquitectónica de espacios urbanos singulares y las ayudas a la rehabilitación privada. De forma paralela se han realizado las obras de urbanización de la Plaza de la

Provincia y Santa Cruz, acogidas al convenio suscrito entre el Ayuntamiento de Madrid y la Fundación Caja Madrid, que completan la recuperación del Entorno de la Plaza Mayor.

## ANÁLISIS URBANÍSTICO DEL ENTORNO DE LA PLAZA MAYOR

El Área II de Rehabilitación Preferente, configurada por el entorno de la Plaza Mayor, es el Área del Centro Histórico con mayor carisma e imagen de toda la Villa madrileña. Su trazado, de origen medieval, está fuertemente condicionado por la implantación del gran espacio urbano conformado





por la Plaza Mayor. Su entorno es eminentemente peatonal, con excepción de la calle Mayor, Cava de San Miguel, Imperial y Esparteros, circundantes del área, y con la singularidad de la existencia de tramos porticados que refuerzan su carácter peatonal, Toledo, Gerona y Ciudad Rodrigo.

El entorno de la Plaza Mayor está caracterizado por una actividad comercial muy importante, tanto por el comercio allí establecido como por su cercanía a la Puerta del Sol. El comercio radicado en el Área ha subsistido a base de una clara especialización y se ha organizado por calles. Junto a este comercio más tradicional encontramos, además, multitud de bares y restaurantes que dan respuesta al innegable atractivo turístico de la Plaza Mayor. La solución de las calles del entorno de la Plaza Mayor está predeterminada por el hecho que la práctica totalidad eran de uso preferentemente peatonal, es por ello que dentro de la actuación global se preten-

de peatonalizar aquellas que lo fueron en el pasado.

Existe un fuerte condicionante a la hora de proyectar el tratamiento y diseño de las calles de este Área, debido a la existencia del aparcamiento de la Plaza Mayor y sus accesos por la calle Felipe III, Toledo, Sal y las peatonales de Zaragoza y Arco del Triunfo. Ésto ha condicionado los objetivos fundamentales de la intervención en este Área, consistentes en la eliminación del tráfico rodado en la calle Toledo en su tramo porticado, Postas, San Cristóbal y Sal, la reducción del impacto ambiental de los accesos de Felipe III y Toledo, y la renovación del acceso peatonal de calle Zaragoza.

La Cava de San Miguel y la calle Cuchilleros que delimita las construcciones del lado oeste de la Plaza Mayor, tienen la peculiaridad de ser unas vías urbanas con gran atracción turística por ubicarse en ellas numerosos mesones y al estar conectada con la Plaza

por el famoso Arco de Cuchilleros, imagen característica de este entorno urbano. La importancia de la Plaza Mayor y su entorno ha llevado a plantear una intervención mejorando su calidad espacial, medio ambiental, accesibilidad peatonal y el embellecimiento mediante la creación de estancias peatonales. Dentro de estos estudios se hallan la Plaza de Santa Cruz y de la Provincia, la Cava de San Miguel y Cuchilleros, la calle de Toledo, la Plaza de Puerta Cerrada, etc.

## **OBRAS DE URBANIZACIÓN E INFRAESTRUCTURAS**

### **Área 2. Arco del Triunfo Plaza Mayor**

**1ª Fase.** Contempla esta Fase la intervención en los accesos del norte y este a la Plaza Mayor, desde la calle Mayor, Puerta del Sol y Plaza de Santa Cruz, siendo las calles

afectadas las siguientes: Siete de Julio, Felipe III, Postas, La Sal, San Cristóbal, Marqués Viudo de Pontejos y Zaragoza. Esta fase de la intervención presentaba gran dificultad al existir un acceso, por la calle Felipe III, y una salida por la Sal, del aparcamiento de la Plaza Mayor.

**IIª Fase.** La segunda fase ha consistido en la rehabilitación de las calles que acceden a la Plaza Mayor por el Este y Sur, Botoneiras, Fresa, los soportales de Gerona, Plaza de la Provincia y Santa Cruz, e Imperial como límite del Área. La intervención es una continuación de los criterios empleados en la Fase I, para que mantenga la unidad de todo el entorno de la Plaza Mayor, establecidas a su vez para todo el Área de Rehabilitación.

**IIIª Fase.** La rehabilitación de la Cava de San Miguel y de la Calle Cuchilleros ha constituido la III Fase. Ambas calles constituirán una vía de conexión entre la calle Mayor, desde la Puerta de Guadalajara hasta la Puerta Cerrada, para salir de Madrid por el Puente de Segovia. A pesar de estar situadas tan próximas a la Plaza Mayor, las diversas modificaciones que sufrió la citada Plaza no afectaron nunca al trazado de éstas, las cuales eran sensiblemente paralelas al recinto murado del Siglo XII.

Las obras de urbanización de la Cava de San Miguel y Calle Cuchilleros han recuperado la calidad urbanística del entorno de la Plaza Mayor, dotándolas de accesos peatonales adecuados, mejorando la accesibilidad urbana y ha ido recuperando el aspecto tradicional, histórico, comercial y turístico de sus calles. Las obras han sido imprescindibles para la supresión del tráfico rodado de superficie de la calle Toledo, la de mayor importancia del Área, por cuanto supone la recuperación de la imagen que el arquitecto Juan de Villanueva proyectó para uno de los accesos porticados más característicos de la Plaza Mayor. Con estas obras de urbanización se han creado dos nuevas plazas pavimentadas cambiando de forma radical el paisaje urbano que aparece de una forma más humana y acogedora. Una en el arranque de la Cava de San Miguel en su confluencia con la calle Ciudad Rodrigo y otra, junto al Arco de Cuchilleros.

**IVª Fase.** Esta fase IV, que contempla únicamente la intervención de la calle de To-



ledo, ha supuesto una gran inversión y un gran esfuerzo en diseño, por la envergadura de la obra y su repercusión en la accesibilidad a la Plaza Mayor. El carácter peatonal, la actividad comercial y el marcado carácter histórico del área han condicionado la solución, dirigida a buscar soluciones clásicas en diseño, estética y materiales, y potenciar la accesibilidad urbana de los peatones en la propia calle de Toledo. Ha existido un fuerte condicionante a la hora de proyectar el tratamiento y diseño de la calle, debido a la existencia del aparcamiento de la Plaza Mayor y el acceso de vehículos a las calles Arenal y Mayor. Así pues, se supeditaron los objetivos fundamentales del proyecto, a la supresión del tráfico rodado de superficie de la calle Toledo, y reducir el impacto ambiental de la entrada, del paso subterráneo. Es precisamente esta obra la de mayor importancia del área, por cuanto supone la recuperación de la imagen que Villanueva proyectara para uno de los accesos porticados más emblemáticos que se completan con los de Gerona y Ciudad Rodrigo.

Todas las intervenciones han llevado un seguimiento arqueológico. Los restos aparecidos, datan de finales del siglo XVI a mediados del XVII. Se trata de materiales cerámicos procedentes, en muchos de los casos, de los alfares de Talavera Puente del Arzobispo, aunque es abundante también la cerámica común procedente, seguramente de alfareros locales. Los estudios arqueológicos llevados a cabo en la calle Toledo han permitido, por último, documentar dos pozos de "viaje de

agua" y restos de las antiguas conducciones de agua madrileñas.

### Área del Eje de La Calle Mayor

**Iª Fase.** La calle Mayor es hoy día un eje fundamental en el tráfico rodado y de actividad comercial, por su ubicación junto a la Plaza Mayor y como elemento de conexión entre el oeste y este del Madrid histórico, cuyo centro es la Puerta del Sol. La importancia de la calle se refleja también a nivel turístico por los numerosos edificios de interés artístico, institucional y cultural, y como acceso a los de su entorno cercano. La urbanización de la Calle Mayor, ha supuesto la completa renovación de la imagen urbana como un impulso para la actividad comercial y una mayor amplitud del espacio dedicado al peatón.

Las obras de urbanización de la calle Mayor, en su primera fase, contempla el tramo de calle que une la Plaza de la Puerta del Sol con la calle Ciudad Rodrigo y Plaza del Comandante las Morenas. El objetivo fundamental de la obra ha consistido en favorecer el tránsito peatonal, especialmente en el tramo más próximo a la plaza de la Puerta del Sol, para recoger el flujo de viandantes que discurre entre la citada Plaza, la Plaza Mayor, los accesos a la Plaza de la Villa y su conexión con la calle Bailén (Palacio Real y Catedral de la Almudena). Para recuperar la imagen primitiva de la calle, se ha implantado farolas Fernandinas de dos brazos apoyadas en un plinto de granito macizo que absorbe los desniveles de las aceras.

## PLAZAS DE LA PROVINCIA Y SANTA CRUZ

La evolución del espacio urbano conformado por las plazas de la Provincia y de Santa Cruz de Madrid ha estado ligada al proceso de transformación de la Plaza Mayor y su entorno. La Plaza de la Provincia nació de la demolición de una manzana de casas de forma triangular delimitadas por las calles de Gerona e Imperial, realizada a principios del siglo XV. En 1635 aparece ya esta manzana derribada y la primera imagen de la fuente de Orfeo situada en el centro de la nueva plaza porticada. En ese momento la plaza es un espacio abierto hacia la calle Atocha y esta delimitada al norte por la manzana porticada de la calle Gerona, por una edificación de pequeñas dimensiones y por la Iglesia de Santa Cruz.

En 1656 aparece ya construida la cárcel de Corte en el lado sur de la plaza definiendo una alineación propia de la Plaza y distinta de la calle Atocha. El lado norte de la plaza se cierra por la iglesia de Santa Cruz, y ha desaparecido la pequeña construcción ya mencionada. Hasta 1820 se reforman las alineaciones de la plazuela situada frente a la iglesia de Santa Cruz de forma que se crea un espacio urbano conformado regularmente frente a esta. En esa fecha se demuele la iglesia y el cementerio situado frente a ella y se abre definitivamente la plaza de Santa Cruz tal como hoy la conocemos, edificándose en su lugar un colegio municipal con el que se reajustan las alineaciones de la plaza de Santa Cruz y de la Leña. A mediados del siglo XIX desaparece la fuente de Orfeo, y no se sustituye por ninguna otra.

El proyecto de remodelación de la Plaza de la Provincia tiene como premisa fundamental la recuperación de un espacio urbano para la ciudad para el disfrute del ciudadano. Este ámbito está actualmente ocupado por el vehículo privado y por una parada de autobuses.

La antigua iglesia de Santa Cruz fue edificada el año 1656 y demolida en 1869. Según algunos historiadores la torre de la iglesia de Santa Cruz, era, al parecer, una de las más altas de Madrid, [según Pascual Madoz se le denominaba "Atalaya de la Corte, de planta cuadrada y consta de cuatro cuerpos iguales, revocados al presente de blanco y separados por impostas de piedra berroqueña, de cuya materia es el zócalo, el almohadillado de mayor y menor en los ángulos y la cornisa,



terminando el todo con una linterna. La altura es de 144 pies (40,12m)..."], por lo cual era un hito importante en la ciudad de los siglos XVII al XIX.

La propuesta urbanística para la Plaza de Santa Cruz consiste en la renovación del tejido urbano que se dirige a buscar soluciones clásicas en diseño, estética, materiales y potenciar la accesibilidad urbana de los peatones, tratando de ordenar el esquema espacial que permita a su vez una lectura histórica. Las obras han tenido un condicionante muy importante como es la realización del aparcamiento subterráneo que ha permitido la eliminación

del estacionamiento de superficie, el traslado de la terminal de la línea 31 de autobuses y la eliminación de la calzada que rodeaba la plaza. Antes de la realización del aparcamiento subterráneo, la Comunidad de Madrid procedió a una excavación arqueológica en la que apareció únicamente, el cimencio de la torre y en su lado norte algunos enterramientos. Se ha planteado la representación de la planta de la Torre de la antigua iglesia de Santa Cruz, incorporándola a la vía pública, en el mismo plano de acera y calzada, como un elemento histórico y cultural del pasado de nuestra ciudad. ●

### FICHA TÉCNICA

<b>Promotor:</b>	Empresa Municipal de la Vivienda de Madrid, S.A. Concejalía de Vivienda y Rehabilitación Urbana Fundación Caja Madrid
<b>Proyecto:</b>	Empresa Municipal de la Vivienda de Madrid, S.A. Dirección de Rehabilitación Departamento de Conservación de Vías Públicas
<b>Empresa constructora:</b>	Portillo, EC,S.A. (Fases I y II) y Plaza de la Provincia Construcciones Rico, S.A. (calle Mayor Fase I) Necso, S.A. (Fase III) Pacsa (Plaza de Santa Cruz)
<b>Presupuesto:</b>	Área II Plaza Mayor: 7,080 millones de € Entorno Plaza Mayor: 8,926 millones de €
<b>Fecha de Acabado:</b>	Diciembre 2001

### CARACTERÍSTICAS

Intervenciones urbanas: Obras de urbanización e infraestructuras.

Área II. Arco del Triunfo-Plaza Mayor. Fases I, II, III y IV  
Área eje de la calle Mayor. Fase I  
Plaza de la Provincia  
Plaza de Santa Cruz



## PROYECTO TRANSMILENIO EL SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO DE BOGOTÁ

(BOGOTÁ-COLOMBIA)



La experiencia Transmilenio es una propuesta de cambio en términos de movilidad urbana para los ciudadanos de Bogotá, mediante un sistema de transporte masivo de pasajeros basado en autobuses. Este sistema ha sido fundamentado en dos objetivos generales: mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y aumentar la productividad de la ciudad, los cuales se basan en seis principios: calidad, consistencia, costeabilidad y respeto a la vida, al tiempo de los usuarios y a la diversidad humana.

Con la implantación del sistema, se han obtenido logros importantes. Han disminuido los tiempos de viaje en un 32%, se han reducido en un 40% las emisiones de gases en la ciudad, se han chatarrizado más de 1.500 vehículos de servicio público. Las zonas alejadas a las troncales son más seguras y se disminuyeron en un 90% las tasas de accidentalidad en los corredores en los que funciona el sistema.

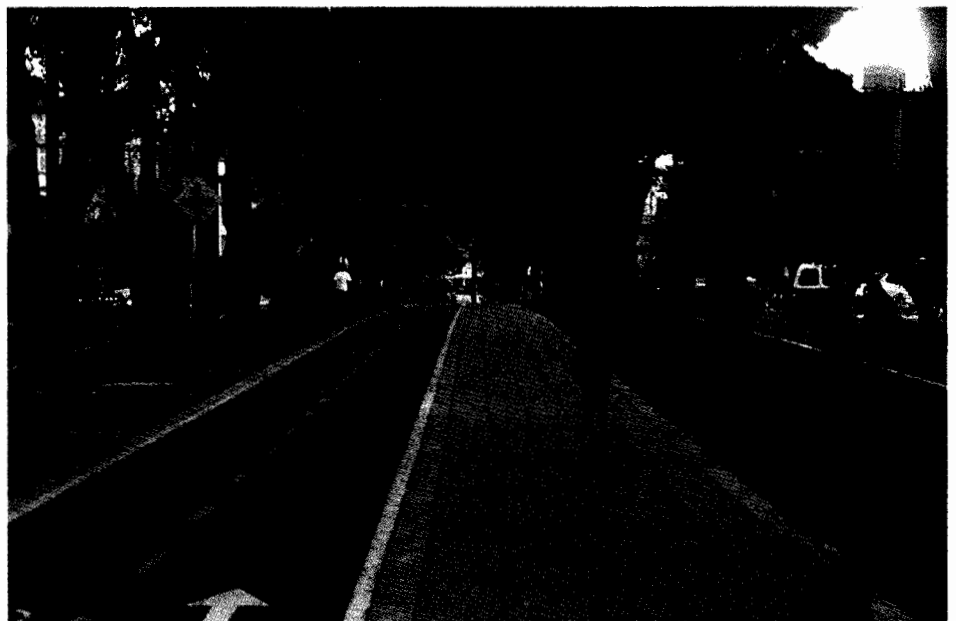
tes: lentitud, ineficiencia, inequidad, contaminación, inseguridad.

Para iniciar un cambio estructural en las condiciones de transporte, la administración local puso en marcha una estrategia integral de movilidad, en la cual se llevaron a cabo acciones para promover la movilización no

motorizada, tales como el mejoramiento y construcción de espacios públicos peatonales y 200 Km. de ciclo-rutas, reducción de vehículos particulares, restricción vehicular en horas punta, aumento de tarifas de estacionamiento, promoción de jornadas sin automóviles en día laboral y finalmente desarrolló

### EL TRANSPORTE EN BOGOTÁ

En 1998 las características más relevantes del transporte en Bogotá eran los siguientes:





un sistema de transporte masivo único e integrado, denominado TRANSMILENIO. El objetivo final es mejorar la calidad de vida de los habitantes y mejorar la competitividad de la ciudad. La meta fue que la ciudad funcionara sin vehículos particulares en los periodos punta a partir del año 2015.

TRANSMILENIO es un sistema de transporte masivo de pasajeros, basado en autobuses, que se diseñó y se puso en marcha bajo los siguientes principios: calidad y consistencia, costo, respeto a la vida, respeto al tiempo de los usuarios, respeto a la diversidad humana.

Los cuatro componentes del Sistema Transmilenio son:

- **Una infraestructura adecuada.** La infraestructura comprende vías con carriles exclusivos para autobuses articulados, estaciones sencillas localizadas en el separador central y estaciones de cabecera con acceso de pasajeros por medio de túneles, andenes, plazuelas y alamedas. Adicionalmente, el sistema cuenta con vías para servicios alimentadores, áreas cerradas para el mantenimiento y estacionamiento de autobuses e infraestructura de soporte.

- **Sistema de Operación.** El sistema opera con el número de autobuses adecuado para atender la demanda de transporte, funcionando ágil y armónicamente. El sistema operacional incluye servi-

cios troncales, expresos y corrientes y servicios alimentadores. Los servicios expresos se detienen solamente en estaciones determinadas. Los servicios corrientes sirven a todas las estaciones.

- **Sistema de recaudación.** Transmilenio usa un esquema prepago. Los usuarios utilizan tarjetas inteligentes sin contacto para acceder a las estaciones.

- **Entidad de planificación, gestión, y control.** La nueva empresa TRANSMILENIO S.A., es la titular del sistema. Cuenta

con estructura pequeña, enfocando su actividad a la planeación del sistema y a la gestión y control de los contratos de operación. Su operación y funcionamiento se financia con cerca del 3% del recaudo y con explotaciones colaterales como la publicidad en las estaciones.

## IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA TRANSMILENIO FASE I

El desarrollo de la infraestructura del sistema está a cargo del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU). La Fase I del proyecto consta de tres corredores troncales, de 38.7 Km. y siete cuencas de alimentación con recorrido de 309 Km., para lo cual se ha realizado una inversión total de US\$ 217 millones. Particularmente, para las Troncales de la Calle 80 y de la Caracas se han adecuado o construido 28.4 Km. de vías troncales, 3 estaciones de cabecera, 3 patios-garaje, 4 estaciones intermedias, 37 estaciones sencillas, 15 puentes peatonales, plazuelas, andenes y han sido rehabilitadas vías para rutas alimentadoras. De manera específica en los corredores de éstas dos troncales, se han adecuado 113.6 Km-carril exclusivos para el servicio de transporte masivo, se han rehabilitado 118 Km-carril para tráfico mixto y se han adecuado 320.000 m<sup>2</sup> de espacio público. El sistema se puso en marcha en forma gradual a partir de diciembre de 2000 y ha permitido una disminución del 32% en los tiempos de viaje. ●

### FICHA TÉCNICA

<b>Promotor:</b>	Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.
<b>Proyecto:</b>	Instituto de Desarrollo Urbano - Transmilenio, S.A.
<b>Empresa constructora:</b>	Vía: Unión Temporal MHC - Conccay, S.A., Unión Temporal Troncal Calle 80 - CB Paraderos: Unión Temporal Paraderos 2000 Puentes peatonales: Consorcio Puentes Distrito Capital Estación de Cabecera: Unión Temporal Estación Cabecera 2000 Patio-Garaje: Consorcio Q.M.T.
<b>Presupuesto:</b>	208.700 Millones de Pesos
<b>Fecha de Acabado:</b>	27 meses

### CARACTERÍSTICAS

Sistema integrado de Transporte Masivo

Longitud del tramo:		Puentes peatonales	13
-Calzadas Transmilenio	42 Km-carril	Estaciones	1
-Calzadas tráfico mixto	60 Km-carril	Estación de cabecera	1
Área espacio público	236.000 m <sup>2</sup>	Patio-Garaje	
Puentes para vehículos	14		





## PROYECTO TERCER MILENIO

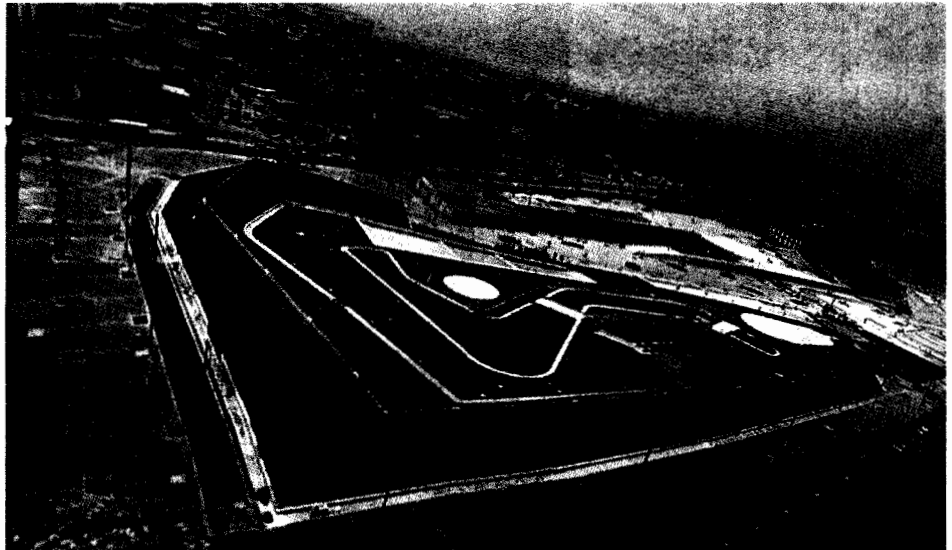
(BOGOTÁ-COLOMBIA)

La ciudad de Bogotá se encuentra situada en el centro geográfico del territorio nacional, a 2.600 metros de altura sobre el nivel del mar. Bogotá con una población de alrededor de 7 millones de habitantes es el más importante centro de gobierno del país. La ciudad está dividida en 20 unidades administrativas llamadas localidades en donde se agrupan más de mil barrios.

El desarrollo urbano y social experimentado por Bogotá durante la última década obedece a las decisiones estratégicas adoptadas por las cuatro últimas administraciones de la ciudad, como parte de la propuesta de una ciudad más sostenible, y considerando las características de Bogotá. En 1998, se propuso un modelo de ciudad, no en función del automóvil, sino en función de los ciudadanos. Se tomó la decisión de invertir más en los espacios colectivos, que en las vías, generando civilidad, a través de aumento en la calidad y cantidad de los mismos, con una premisa básica. "Construir ciudad es Construir Sociedad".

A partir de entonces, se puso en marcha una política de renovación urbana en el centro tradicional de Bogotá, en un área aproximada de 1.800 Ha, con miras a atender los requerimientos funcionales de nueva escala de la ciudad consolidándolo como centro competitivo a nivel cultural, educativo, turístico, administrativo, comercial, financiero y habitacional. El Centro Tradicional es el lugar de mayor significado simbólico y de mayor valor político, cultural y social de Colombia. En él se recoge la memoria colectiva del país, se encuentran todas las culturas y todos los ciudadanos. Sobre el Centro Tradicional de Bogotá se asienta hoy el conjunto más importante de actividades urbanas:

- Un gran campus universitario: 22 de las universidades más importantes de la ciudad,
- 42% de la administración pública nacional (230 organismos),



- 48% de la administración pública distrital (23 entidades),
- 40% de la administración departamental,
- 40% de la actividad cultural, centros culturales y artísticos, museos, salas de cines, salas de conciertos, teatros, etc.
- La mayor concentración de centros hospitalarios y de la salud (12 institu-

ciones hospitalarias con un total de 1.660 camas),  
• Centro financiero (352 oficinas) y los más variados servicios (185 actividades) que responden a las necesidades de una ciudad capital.

En un área de 64 hectáreas, el Proyecto Tercer Milenio, compuesto por sec-





tores de comercio y áreas de vivienda, y un parque de 20 hectáreas forma parte de la Operación del Centro, que integra las intenciones de ordenamiento urbano definido en el Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá. El Proyecto Tercer milenio promovido por el sector público, es una intervención social y urbana que busca la recuperación de la zona más deteriorada de la ciudad, ubicada en el centro tradicional de Bogotá, a tres cuadras de la Plaza Mayor, el Palacio de Gobierno y la Alcaldía Mayor de Bogotá.

En 1999 se contrató un estudio económico para identificar y cuantificar los efectos socioeconómicos y ambientales de las acciones a cargo del proyecto, como también el cálculo de su rentabilidad económica y social. Este sector presentaba los más altos indicadores de violencia e inseguridad, la más baja expectativa de vida y estaba identificado como el mayor sitio de comercialización y consumo de drogas de la ciudad. Debido al deterioro causado por esta situación, este estudio estableció que la intervención del Proyecto Tercer Milenio le ahorraría a la ciudad un total de 160 millones de dólares, razón por la cual el Proyecto era una necesidad no un capricho. El costo de no hacer el Proyecto era 2.5 veces más costoso. El retorno de la inversión vendrá con

la valorización del sector, el desarrollo de los bordes y la recuperación integral con nuevos desarrollos y la consolidación de los existentes.

Habitado por más de 10.000 personas de las que 2.500 son indigentes, estos diferentes grupos sociales requerían de una estrategia integral, un esfuerzo coordinado para ofrecer alternativas viables, no solo para su reubicación sino también para aumentar sus capacidades productivas reinsertándolos a la sociedad.

Los componentes del Proyecto Tercer Milenio son:

### **1. SAN VICTORINO - SECTOR COMERCIAL**

Con un uso comercial intensivo que ha propiciado allí un zócalo de locales comerciales y pisos altos para bodegas y oficinas relacionadas con dicha actividad. Es un espectáculo de colores, voces y mercancías expuestas en fachadas, andenes, calles y casetas, una muchedumbre constante de vendedores, de carros que descargan o están estacionados y, por supuesto, de numerosos compradores, de todos los estratos pero sobre todo de estirpe popular. Hay ferias particulares, del juguete, de la olla, de ropa u otro ra-

mo especial, pero la congestión dificulta las actividades: es casi imposible conseguir espacio para estacionar, la circulación es lentísima y todo ello convierte el área en un obstáculo para la fluidez de la ciudad. En esta área hay varios edificios de alto valor patrimonial que deben ser respetados y restaurados. La intervención consiste en el acompañamiento al proceso de organización y el mejoramiento de actividades del área comercial de San Victorino (14.5Ha) con el propósito de consolidar un centro comercial de cielos abiertos.

### **2. SAN BERNARDO - SECTOR RESIDENCIAL**

Se identifica como un barrio tradicional de densidad baja muy deteriorado que tiene como propósito consolidarse como un sector de vivienda promovido por el Programa de Renovación Urbana e inversionistas y promotores privados. Actualmente esta zona cuenta con 240 inmuebles y tiene un área aproximada de 6.50 Ha. Las alturas de estas construcciones son en su gran mayoría de 2 pisos. El proyecto de renovación y urbana se planea bajo la modalidad de redesarrollo, adecuando la infraestructura urbana existente, de manera que se puedan adelantar nuevos proyectos inmobiliarios que generen alrededor de 2.000 unidades de vivienda en construcciones hasta de 8 pisos a largo plazo y que sin lugar a dudas tendrán su futuro desarrollo al terminar la construcción del Parque Tercer Milenio.

### **3. BARRIO SANTA INÉS - PARQUE TERCER MILENIO**

Comprendido entre las calles 10ª y la calle 6ª (20 Ha), corresponde a la "Calle del Cartucho", donde llama la atención el efecto urbano causado por estructura morfológica de las manzanas cuya forma interrumpe las continuidades y genera bloques y sectores degradados. Proliferan actividades de cartoneros e indigentes, a cuyo lado se venden comidas o droga y se hacen otros comercios clandestinos; pero también viven familias y muchos niños que no debían crecer en tales ambien-



tes. La concepción del Parque Tercer Milenio como espacio público estructurante del centro y de impacto metropolitano, se constituye en el elemento detonador del proceso integral de renovación del sector, proceso que permitirá mejorar la habitabilidad del sector, crear una ciudad más igualitaria para todos, e incrementar la calidad de vida de los ciudadanos.

#### **OBJETIVOS DEL PARQUE TERCER MILENIO**

–Revitalizar el centro tradicional construyendo un Parque Metropolitano por medio de generación de suelo:

- Mediante la urbanización por iniciativa privada de predios con tratamiento de desarrollo.
- Mediante la incorporación al sistema verde de las áreas libres existentes como humedales, rondas de ríos y quebradas, y la adecuación de cerros.
- Mediante la incorporación de las áreas de actividad dotacional.
- Mediante procesos de Renovación Urbana a través de la compra directa de predios en las localidades en que no sea factible ninguno de los otros instrumentos como es el caso del Parque Tercer Milenio.

–Promover la inclusión social por medio de las siguientes estrategias:

- Programas de vivienda: Reubicación para la niñez en abandono.

- Fortalecimiento de capacidades productivas: Apoyo a grupos organizados que de manera colectiva buscan continuar el ejercicio de su actividad como recicladores, bodegueros, impresores de artes gráficas, vivanderos, cachivacheros, ropavejeros ofreciéndoles talleres de capacitación en administración y contabilidad y buscándoles lugares adecuados en la ciudad para que ejerzan su actividad.
- Asesoría jurídica para resolver conflictos entre propietarios e inquilinos.

#### **ESTRATEGIA PARQUE TERCER MILENIO**

Desde el inicio del Proyecto la Administración Distrital ha trabajado con la comunidad construyendo alternativas para su relocalización. El principal problema ha sido la interacción con organizaciones ilegales que operaban en el sector. La confluencia de droga y tráfico de armas, los indigentes que trabajan como recicladores acostumbrados a recibir su salario en drogas y el

hecho de no tener durante años presencia institucional hicieron de este sector un territorio de miedo sin ley. La estrategia de intervención fue identificar a las actividades económicas legales y a las familias no vulnerables con capacidad de mudarse fácilmente a otras zonas de la ciudad. Comprando y demoliendo estos predios que servían de escondite a los ilegales se permitió el ingreso al sector.

#### **FASES DE CONSTRUCCIÓN**

El proyecto planteado se concibe en varias etapas sucesivas:

- **Fase 1:** Alameda Occidental, sector comprendido entre la Carrera 13 y la Av. Caracas y entre la Av. Comuneros y la Calle 7. Inaugurada el 18 de diciembre, 2000.
- **Fase 2:** Construcción Parque Tercer Milenio en el sector comprendido entre la Av. de Los Comuneros y la Calle 7 y entre la Carrera 10 y la Carrera 13. Inaugurada el 3 de julio, 2002.
- **Fase 3:** Construcción Parque Tercer Milenio en el sector comprendido entre la Calle 7 y Calle 9 entre Carreras 10 y Caracas. Fecha proyectada de Apertura de Licitación: 1 de marzo de 2003.

El Proyecto ha sido una inversión financiera, técnica y humana de iniciativa pública. En la actualidad cuenta con un avance del 93% de la generación de suelo y más del 25% de la construcción de la obra (fases I y II). Esta obra prevé una inversión total de 57 millones de dólares USA. ●

#### **FICHA TÉCNICA**

<b>Promotor:</b>	Instituto de Desarrollo Urbano
<b>Proyecto:</b>	EHM Arquitectos
<b>Empresa constructora:</b>	Consortio 090
<b>Presupuesto:</b>	57 Millones de Dólares
<b>Fecha de Acabado:</b>	27 de Mayo de 2002

#### **CARACTERÍSTICAS**

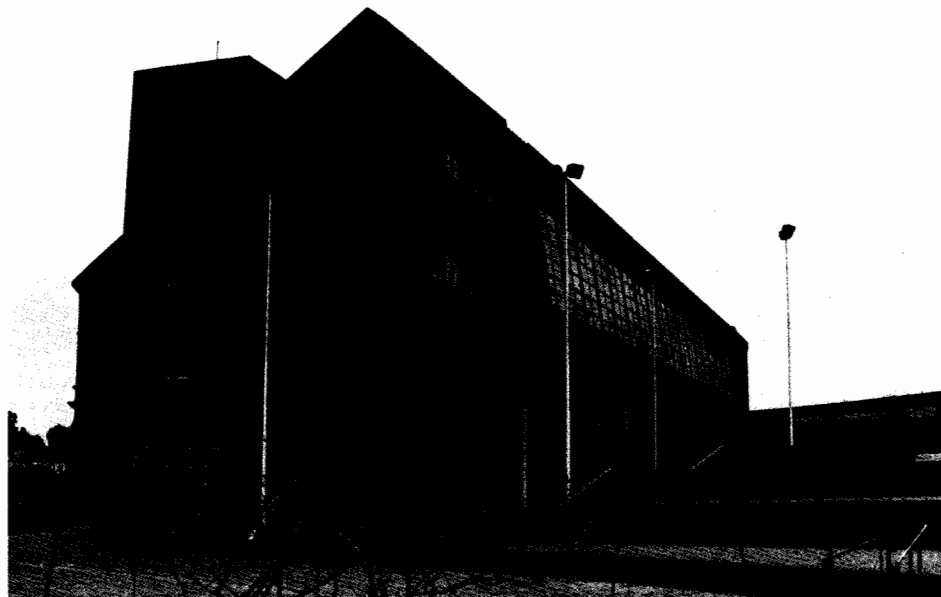
El Proyecto Tercer Milenio busca la recuperación de la zona más deteriorada de la ciudad, ubicada en el centro tradicional de Bogotá, en un área de 64 Has.

La sede central administrativa tiene por objeto:

- Concentrar los recursos humanos, técnicos y administrativos del organismo en una sola sede, a efectos de atender eficientemente los múltiples temas de gestión relacionados con docentes, directivos y autoridades del sistema educativo de la provincia del Neuquen, integrado por 150.000 educandos y 15.000 docentes.
- Unificar las funciones organizativas, administrativas, directivas, representativas, sociales y culturales en este único edificio, para brindar el marco adecuado para el desarrollo de las mismas.

Consta de Edificio de oficinas y espacios de reunión, Presidencia del Consejo de Educación, Direcciones pedagógicas de Educación preescolar, Educación General Básica -EGB-, Polimodal, Institutos terciarios y Educación especial, Dirección Administrativa, Contaduría y Tesorería, Atención general de público y docentes, Juntas de disciplina, Vocalías y asesorías, Auditorio 120 personas, Confeitería, Acceso público desde la plaza, Accesos diferenciados de personal y autoridades con estacionamiento cubierto, Centro de información, Centro informático, Depósito, Archivos, Máquinas.

El diseño se sustenta en pautas bioclimáticas acordes con el clima de la ciudad del Neuquén, a la Región Patagónica y a la localización del edificio en una zona urbana en proceso de consolidación.



**Morfología:** El edificio se ubica al oeste del eje de la entrada peatonal por la calle Belgrano, y tiene la siguiente morfología:

- Volumetría triangular de 4 niveles que favorece la compacidad del edificio, permitiendo organizar todas las actividades en plantas amplias de 1.500 m<sup>2</sup> cada una, vertebradas y vinculadas por una "espina diagonal de áreas duras", ilumi-

nadas con luz natural por los bordes y por el espacio central, proveedor de ventilación y vegetación humidificadora en el corazón del edificio.

- De planta profunda aprovecha la luz cenital, cuidadosamente introducida con elementos de protección contra los rayos directos del sol. Conductos tipo chimenea incluidos en los núcleos verticales circulatorios permiten la evacuación del aire cá-

#### **OBJETIVOS BIOCLIMÁTICOS**

- Captación de sol invernal en fachadas favorables y espacios exteriores y protección de sol estival en espacios interiores y exteriores
- Confort visual y control de molestias del sol de baja altura
- Humidificación del aire, ventilación natural selectiva en verano, refrescamiento natural pasivo y conservación de energía en invierno





lido en verano por efecto chimenea y con extractores en los días de viento y polvo.

**Espacios exteriores.** El control ambiental de los espacios exteriores se logra mediante todos los elementos adoptados, especialmente la vegetación, produciendo un "oasis urbano", que favorece el confort en ellos y contribuye a crear microclimas aptos, disminuyendo así las exigencias del edificio. En la plaza, se han incluido "sombrias vegetales" de enredaderas florales de hojas caducas con aporte de chorros de agua, de forma de tener sol en invierno, sombra en verano y humedad.

**Vegetación.** Barreras principales de Alamos ubicadas al oeste, en el sector de estacionamiento sobre la Avenida Colón, proporcionan la primera línea de defensa contra el impacto eólico sobre el edificio y los espacios exteriores protegidos. Árboles, arbustos y plantas cubresuelos, se han ubicado en las pendientes al norte para consolidar el suelo y en las zonas de accesos. Defensas de piedra tipo "pirca" y líneas de Acacias favorecen también este objetivo.

**Envoltentes, iluminación y Ventilación.** Cada fachada responde al impacto variable del sol y del viento.

- Noreste: Se abre ampliamente vidriada al sol de la mañana sobre la hipotenusa que vuelca hacia la zona protegida con "sombra de viento" producida por la masa edilicia. Aleros horizontales y vidrios tonalizados controlan el impacto del sol de baja altura y la radiación en verano.

- Sur: Sin sol en invierno, tiene ventanas de dimensión reducida sin necesidad de control solar u orientar las vistas.

- Oeste: Muy expuesta a los vientos fuertes y al sol de la tarde, cuenta con una efectiva barrera forestal en la zona de estacionamiento y una "espalda térmica" que comprende el sector de archivos. El impacto del sol estival y el viento del oeste/sudoeste, se ha minimizado con una envoltente pesada doble de ladrillo, con aberturas unitarias protegidas con vidrios reflejantes y pantallas.

El edificio con planta profunda aprovecha la luz cenital, cuidadosamente introducida con una lucarna cenital en "L" orientada de forma que evita el ingreso de los rayos directos del sol. Conductos tipo chimenea incluidos en los núcleos verticales circulatorios permiten la evacuación del aire cálido en verano por efecto chimenea y con extractores en los días de viento y polvo.

**Estética.** La forma triangular permite obtener un edificio compacto con adecuado perímetro de luz natural, apoyada por la luz central cenital. La amplia curva convexa de la esquina de Belgrano y Colón se opone a los fuertes vientos a la manera de una espalda que protege los espacios internos y externos y contribuye a su volcamiento hacia la mejor orientación. Asimismo esta condición define (en conjunto con el volumen curvo del auditorio), la plaza cívica y cultural protegida del viento y soleada en los fríos inviernos.

La fachada diagonal que se abre a la plaza, contiene las oficinas de las autoridades y se ha tratado en forma liviana con piel de vidrio y chapa azul, en oposición a la piel pesada de ladrillo de las fachadas sur, sudoeste y oeste. Las pérgolas de la plaza, equipadas con rociadores y enredaderas, atenúan la fuerte radiación solar en verano con sombra y humectación, favoreciendo las actividades al aire libre en las tardes estivales. ●

#### FICHA TÉCNICA

<b>Promotor:</b>	Consejo Provincial de Educación del Neuquén
<b>Proyecto:</b>	Bischof/Egozcue/Vidal/Arquitectos/Pastorino//Pozzolo/Asociadas
<b>Empresa constructora:</b>	Riva, S.A.
<b>Presupuesto:</b>	7.900.000 Dólares USA
<b>Fecha de Acabado:</b>	Año 2001

#### CARACTERÍSTICAS

Sede Central de Administración y Gestión del Sistema Educativo Provincial

Superficie Predio

17.000 m<sup>2</sup>

| Superficie cubierta

7.100 m<sup>2</sup>



## CENTRO DE EXPOSICIONES: ANTIGUO MERCADO SUR DE GUAYAQUIL

(GUAYAQUIL-ECUADOR)



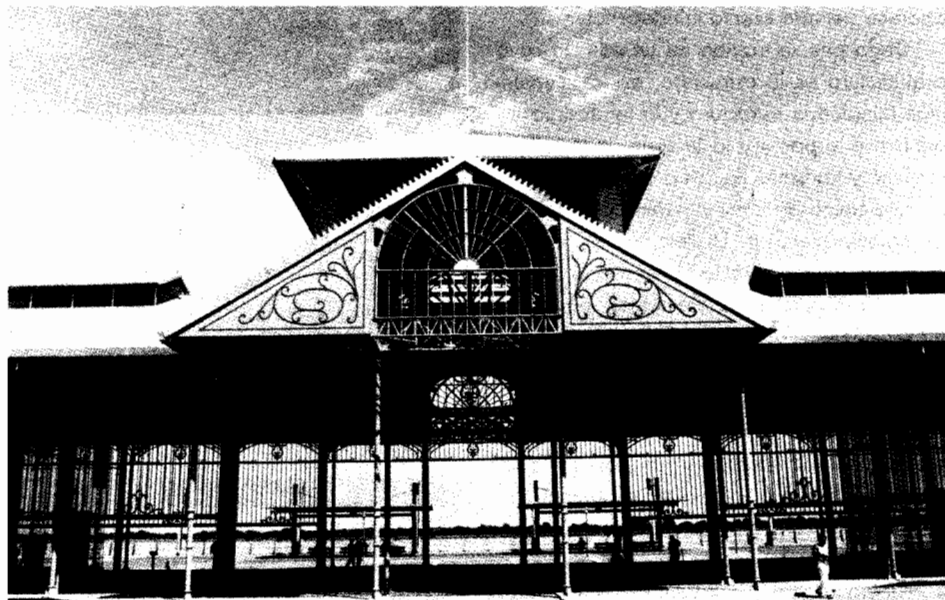
La ciudad de Guayaquil –en los últimos cuatro años– ha encarado un extenso y profundo proceso de regeneración urbana que ahora se encuentra en un estado avanzado de su desarrollo. Una de las obras más significativas en este proceso es el nuevo Malecón sobre el río Guayas en el que se re-crea la ciudad. Este mega proyecto -que comprende una ribera de 3 Km de largo y una gran variedad de programas de uso público- incluyó el sector de la ciudad caracterizado por la presencia del Mercado Sur.

Si bien el foco de interés de esta presentación es la descripción particularizada de este edificio, que formaba parte del patrimonio histórico de la ciudad, juega un papel central en términos de regeneración, rehabilitación y costura de un sector de la ciudad. En términos urbanísticos el mercado se constituye en el centro de la plaza en la que está enclavado y puede además considerarse como una rotula o lugar de encuentro entre el nuevo Malecón, el río y la trama urbana.

**El edificio existente.** El mercado sur es un edificio construido en metal y fue inaugurado en 1907, responde al tipo de los edi-

ficios de su misma época y para su mismo fin. Esto es una nave a dos aguas y fue fabricado en Bélgica. Sus dimensiones son 100 metros de largo por 20 de ancho. Cuenta con una lucerna central, sus columnas son de sección circular de hierro fundido y sus cer-

chas y correas de perfilería de acero. La cubierta original también era de planchas de acero. A lo largo de su vida útil sufrió intervenciones sucesivas en función de las necesidades de cada momento, incluyendo un entrecimso de hormigón, que se superpuso par-





cialmente a la obra metálica original, fue utilizado intensivamente pero careció de mantenimiento a lo largo de esos años.

**La intervención.** La puesta en valor del edificio se abordó desde varios aspectos:

- La restauración y recuperación de sus componentes metálicos originales.
- La consolidación estructural.
- La refuncionalización.

Todas las piezas que actualmente se observan son originales, tanto las estructurales como las ornamentales. También se destaca que toda la estructura fue elevada 0,70 metros de su nivel original para realzarlo y protegerlo de las crecidas del río. En cuanto a la estructura se procedió al diseño de una estructura suplementaria -consistente en columnas y vigas reticuladas- a efectos de encuadrarlo respecto a las actuales normas antisísmicas. Esta estructura nueva está exenta de la original por lo que resulta reconocible. La refuncionalización se orientó al uso como salas de exposición y eventos.

El proyecto urbanístico rector caracterizó el mercado sur y su área de influencia como puerta urbana desde el río. Esa premisa derivó en proponer la construcción de dos cajas vidriadas en los tercios norte y sur de la nave para albergar las funciones, las que hacen las veces de "patas" del portal. El diseño tuvo como criterio principal que la intervención no prevaleciera sobre el edificio histórico. Reforzando dicha idea todo lo incorporado aparece siempre exento e independiente.

Dado que se trataba de un edificio cuya arquitectura es la estructura, en la intervención también la estructura y la infraestructura definen el espacio y la imagen: todo lo que sostiene y transmite fluidos o energía es visto. El tratamiento de color enfatiza la condición de edificio metálico. La iluminación artificial acompaña y enfatiza la conformación de la nave, destacando sus elementos más notables.

En cuanto a la implantación, el Mercado está incluido y es a su vez centro de una plaza que conecta el río con la ciudad. Dicha plaza a su vez destaca y da marco y perspectiva al edificio, que antes se encontraba confinado y cercado por un entorno degradado y abigarrado, con lo cual ahora las percepciones resultan inéditas y sorprendentes. ●



#### FICHA TÉCNICA

<b>Promotor:</b>	Fundación Malecón 2000 de Guayaquil
	Gerente General: Dr. Pedro Gómez Centurión
<b>Proyecto:</b>	Gerente General: Sr. Guillermo Suaya Laprida
	Proyecto arquitectónico: Arq. Gustavo Suarez y Asociados
<b>Empresa constructora:</b>	Cimentación y estructuras: Conbaquerizo y Cía, Ltda
	Restauración: Tratteggio
	Acabados: Loor S.A. obras y Proyectos
<b>Presupuesto:</b>	Aluminio y vidrio: Estrusa, s.A.
<b>Fecha de Acabado:</b>	3,2 Millones de dólares USA
	Febrero 2002

#### CARACTERÍSTICAS

Restauración y recuperación de un edificio construido e inaugurado en 1907.

Ubicación	Av. Sargento Vargas	Superficie	3125 m <sup>2</sup>
-----------	---------------------	------------	---------------------

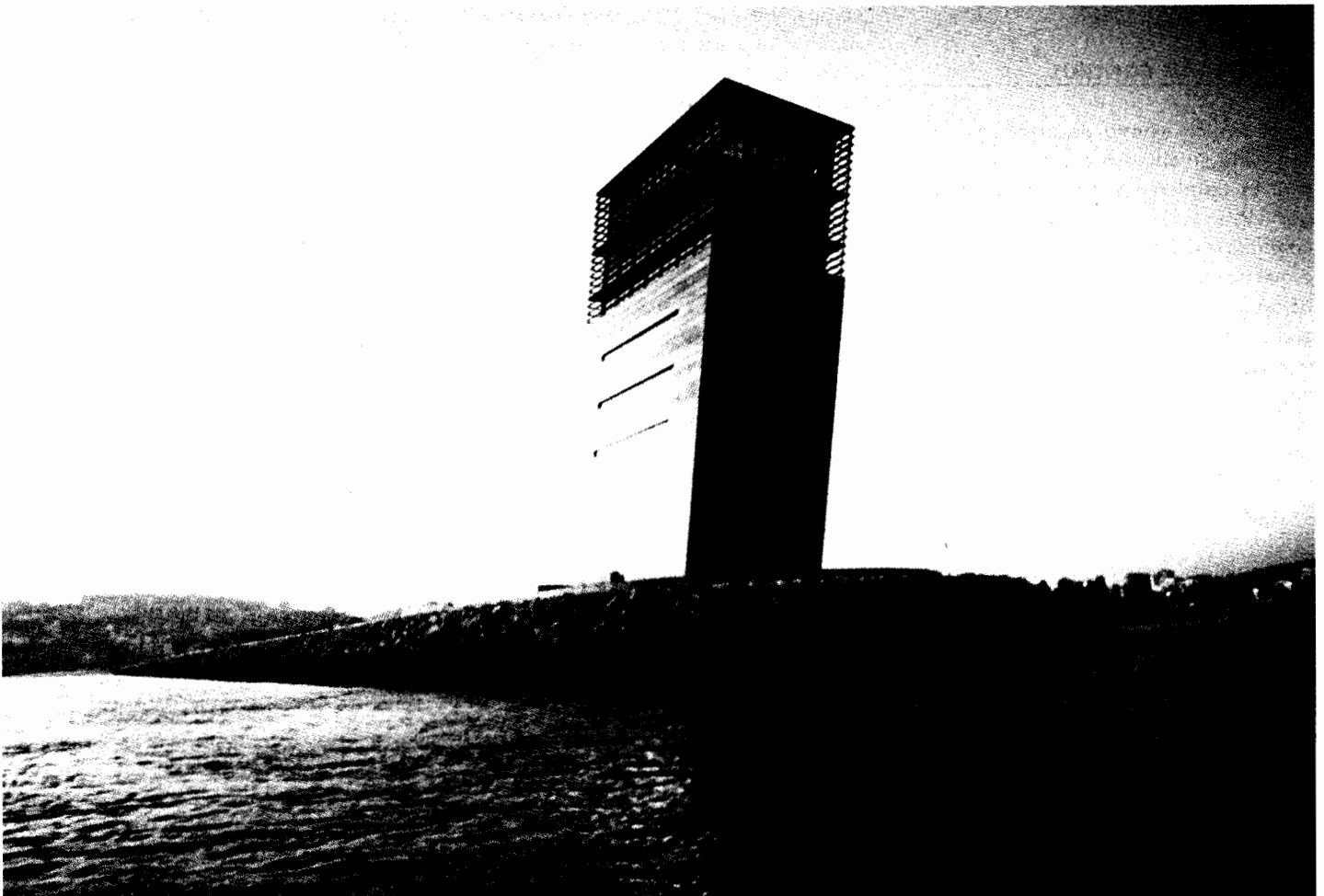
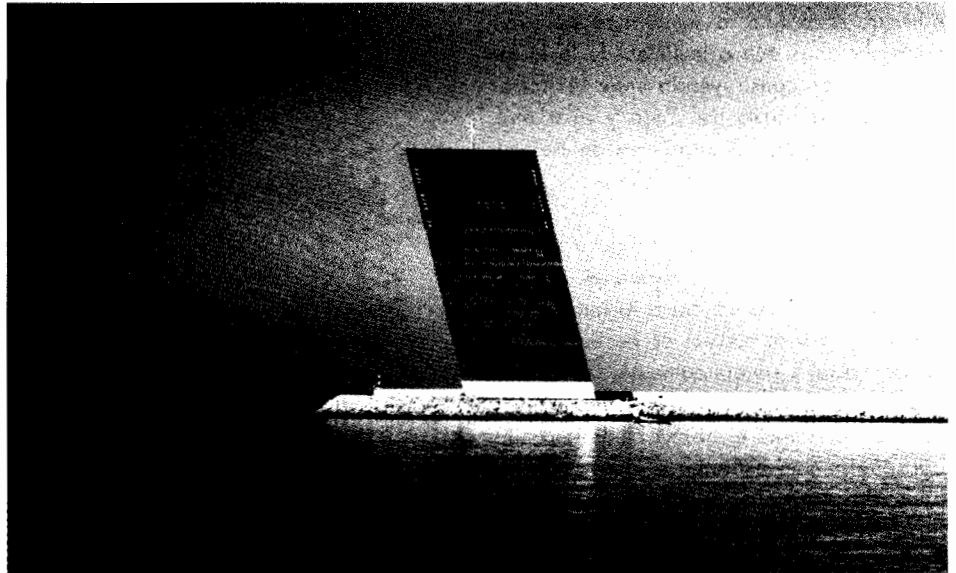


## CENTRO DE COORDINACIÓN Y CONTROL DEL TRÁFICO MARÍTIMO Y SEGURIDAD

(ALGÉS. LISBOA-PORTUGAL)

Situado en el estuario del Tajo, con magníficas condiciones naturales y privilegiada situación geográfica, el puerto de Lisboa constituye un extraordinario hilo de ligazón entre el Mediterráneo y el norte de Europa con Africa, América y Extremo Oriente. Es por tanto desde épocas muy antiguas una importante escala para la navegación marítima. Todo lo dicho justifica y es la razón de ser del Sistema de Control de tráfico marítimo implantado en el estuario del Tajo y constituido por el Centro de Control con radar, cuatro estaciones de RDF/VHF y dos estaciones remotas de radar.

El Centro de Coordinación y Control del Tráfico Marítimo del Puerto de Lisboa, por la función que desempeña y por la



posición geográfica que ocupa, asume una presencia de excepción en la relación de la ciudad de Lisboa con el río. Destinado a realizar el control de una vasta área marítima y fluvial, la nueva estructura arquitectónica debe tener un significado simbólico, a semejanza de otras construcciones que a lo largo de la historia se fueron construyendo entre las fortalezas de la barra del Tajo y el nuevo puente Vasco de Gama-Torre de Belem, Praça de Comercio, Expo 95 y sus edificios, etc.

La idea de forma de torre para el nuevo centro surge inmediatamente. La noción de control se asocia a la imagen de la torre: para el control es necesario dominar, visual y simbólicamente. La vertical dominante de la torre sugiere siempre control: el menir, el obelisco, la torre de aeropuerto son estructuras que desde el punto de vista simbólico, al acentuar la dirección vertical, situan la relación entre la tierra y el aire, el cielo que se usa o habita.

## EL CENTRO DE CONTROL

El edificio consta de nueve plantas y se inclina en altura con una relación de 1 a 4. Es de planta rectangular de 13,0 m por 19,0 m. Se cimenta a través de un conjunto de 25 pilotes de un metro de diámetro, dispuestos en forma de malla octogonal de 3,0 metros de separación entre ejes y todas ellas encajadas con una losa de un metro de espesor y 14,0 m por 15,25 m de superficie en planta. Hasta el piso 6 los elementos verticales de la estructura del edificio están constituidos fundamentalmente por un conjunto de paredes exteriores, conformando la casi totalidad del contorno exterior, y por el núcleo de las escaleras y ascensores.

La fachada exterior que da al río es inclinada y con pendiente hacia él, es una superficie casi continua desde el cimiento hasta la planta 6, con apenas una abertura pequeña. También las paredes laterales tienen poca aberturas. En cambio, la fachada que mira hacia tierra, igualmente inclinada y con pendiente hacia el interior del edificio, existen diversas y grandes aberturas. La fachada por encima del piso 6 se realiza mediante una es-



tructura tubular metálica, que no recibe cargas, y es, por tanto, muy ligera y solo soporta los elementos de cierre de la fachada.

Dada la fuerte inclinación del edificio, la concepción estructural se basa en el desarrollo de una estructura formada por el núcleo de la caja de escaleras y ascensores de forma que la resultante de todas las cargas verticales estén centradas en ese núcleo. De la misma forma la transmisión de los esfuerzos a la fundación se efectúa a través de la base de dicho núcleo, que funciona a su vez como macizo de encepamiento de los pilares. La inclinación de las fachadas que dan a tierra y al río exigió un control riguroso

de su geometría por medios topográficos de modo a garantizar su adecuada alineación.

Desde el punto de vista arquitectónico y de ejecución, existió la preocupación relativa a la durabilidad de los materiales utilizados y a su adecuada interrelación, fundamentalmente en el revestimiento de las fachadas exteriores, dada la presencia de un ambiente extremadamente agresivo. La utilización de cobre, aluminio, acero inoxidable, etc., exigió el uso de materiales aislantes -P.V.C., neopreno- para eliminar sus posibles interacciones. Toda la fachada está recubierta de placas de cobre excepto en la planta baja que está revestida de piedra. ●

## FICHA TÉCNICA

<b>Promotor:</b>	Administración del Puerto de Lisboa (APL, S.A.)
<b>Proyecto:</b>	Arquitectura: Gonçalo Byrne Fundaciones y Estructuras: AZP Consult, Lda.
<b>Empresa constructora:</b>	ENSUL, Empreendimentos Norte Sul, S.A.
<b>Presupuesto:</b>	25 millones de €
<b>Fecha de Acabado:</b>	Junio 2001

## CARACTERÍSTICAS

Edificio en forma de torre que alberga el centro de control de la zona marítima y fluvial de Lisboa.

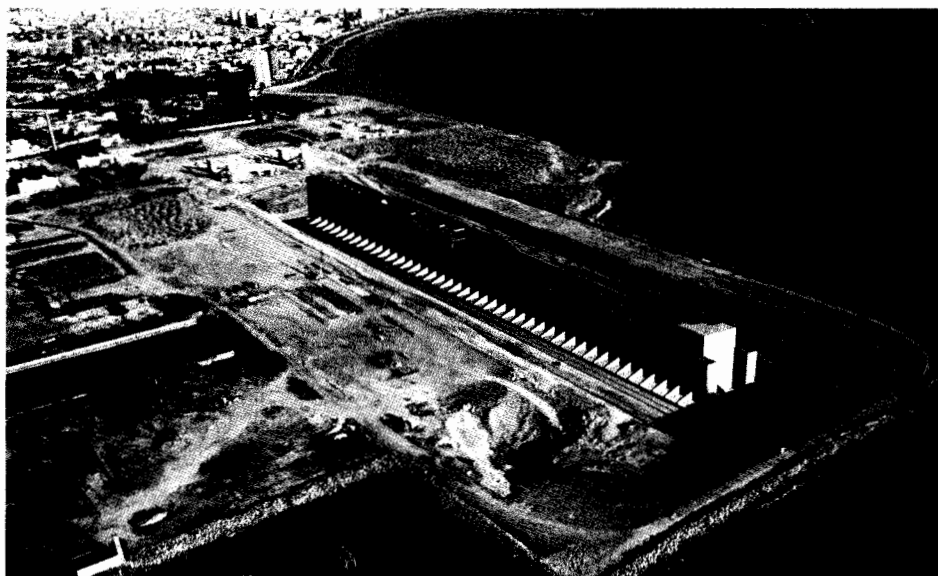
Situación	Estuario del Tajo	Edificio:	
Objeto	Control de la zona marítima	- Planta	13,0 x 19,0 m
		- Altura	9 plantas

Las razones por las que vemos interesante la presentación de esta construcción (en su parte hispana) son de diversa índole. Este Proyecto es un ejemplo destacado de los amplios límites que abarca la Ingeniería Civil, ciertamente insospechados hace unos pocos años, que ha permitido construir y transportar un pequeño monstruo de más de 160.000 Tn a una distancia superior a 1.500 Km.

Mónaco es un país pequeño, con unas dificultades importantes para poder expandirse y por tanto desarrollar un sistema portuario y marítimo que le permita alcanzar dimensiones adecuadas para captar visitantes. Por otra parte, la Bahía de Algeciras y por extensión todo el Campo de Gibraltar, es una zona del sur de España con gran capacidad de expansión industrial y, en particular, en el mercado de la Construcción, con vistas a actividades relacionadas con el mar. Por todo ello se ha podido aprovechar esta oportunidad para desarrollar una zona marítima con la aplicación de un nuevo sistema de ejecución de grandes elementos flotantes de hormigón.

## DESCRIPCIÓN

El Dique de Mónaco, consiste en un cajón flotante en estructura de hormigón armado y pretensado de grandes dimensiones, único en el mundo en su género. Con forma de paralelepípedo, tiene 352 m de largo, 19 de alto y 28 de ancho. La sección transversal típica consiste en una "U" con doble paramento, cerrada en su parte superior mediante una única losa de mayor espesor. El doble paramento, en vertical, consiste en cuatro muros longitudinales paralelos, de 19 m de altura y 352 m de longitud, con un espacio libre interior de 17 m, distribuyéndose dos elementos a cada lado de esta zona central, separados 5,5 m entre ellos. En horizontal, existen dos losas, separadas 4 m en la zona inferior de la sección, a -16 la de solera y a -12 la intermedia. La primera tiene un ancho de 44 m, sobresaliendo en voladizo 8 m a cada lado de los muros exteriores, la segunda de 17 m discurre entre las longitudinales interiores. Los espesores de estos elementos están comprendidos entre 40 y 60 cm. La losa de cierre



superior de la sección, a la cota +3, o de cubierta, tiene un ancho de 28 m y 65 cm de espesor.

Esta disposición de doble muro, tanto en la zona inferior como en ambos laterales, se asemeja al principio de doble casco de los barcos, que tiene la doble función de protección contra impactos, y de crear cámaras laterales y de fondo, que sirvan para los lastrados necesarios de acuerdo con la distribución de las cargas que se dispongan en su interior. En el dique, evita la inundación del gran espacio interior central, en caso de impacto. En efecto, la entrada de agua desde el exterior, sólo ocasionaría la inundación de los compartimentos laterales y, por tanto, un escoramiento del dique, pero no su total hundimiento si el agua llegara a los espacios centrales. Por otro lado las zonas laterales y de fondo, entre muros y losas del doble casco, son aprovechadas para disponer los lastrados necesarios que equilibren la distribución de pesos de la estructura y superestructura, a fin de obtener el calado necesario de 16 m en las fases de servicio, la horizontalidad correcta en la flotación del dique, minimizando los esfuerzos para cargas permanentes. Por todo ello lo anteriormente descrito tiene carácter estanco.

La rigidez transversal de la estructura se consigue mediante muros transversales de 19 m de altura distanciados cada 8 m, entre los longi-

tudinales, así como entre la losa -16 y la -12. De los cuarenta y cinco elementos existentes, tienen carácter estanco uno de cada 7, creando 6 recintos en sentido longitudinal. Transversalmente, cada habitáculo está dividido en dos, contando el dique con 12 compartimentos para disponer distintos niveles de lastrado en cada uno de ellos.

La prolongación en 8 m de la losa inferior, fuera de ambos muros longitudinales exteriores, es debida a la función estabilizadora que crean estos voladizos, para los movimientos del dique, en el mar en la fase de servicio. Por necesidades estructurales se disponen rigidizadores triangulares exteriores de 4 m de altura, y cada 8 m, sobre la losa inferior y coincidiendo con los muros interiores transversales.

El gran espacio interior del dique se dedica a aparcamiento de automóviles y embarcaciones de recreo. Podemos distinguir dos zonas en su sentido longitudinal, una de 192 m de longitud para aparcamiento, y otra de 136 m para puerto seco. El aparcamiento de 13.000 m<sup>2</sup> de superficie, con capacidad para 380 plazas, está dispuesto en 4 plantas con alturas entre 2,68 m las dos inferiores y 3,00 y 3,55 m las superiores. El puerto seco de 4.600 m<sup>2</sup> de superficie, dispone únicamente de dos alturas de 6,11 y 6,85 m respectivamente, con el fin de aumentar el gálibo para el almacenamiento de embar-

caciones. Dado que la estructura principal está muy fuertemente pretensada, para evitar la difusión de este pretensado en las losas de los forjados, así como los movimientos diferidos debidos a la fluencia y retracción, éstos se han concebido como piezas desolidarizadas de la estructura principal, estando las vigas apoyadas en sus extremos mediante apoyos de neopreno con movimientos coaccionados dependiendo de su situación en planta.

La estructura de hormigón está fuertemente pretensada, en las tres direcciones. Las cuantías de 90 kg/m<sup>3</sup> son muy superiores a las habituales en puentes. Es importante también la cuantía de armaduras pasivas, con una media de 240 kg/m<sup>3</sup>, lo que ha significado valores superiores a 500 kg/m<sup>3</sup> en zonas particulares de la obra.

Además, el proyecto contempla los siguientes elementos para su instalación en el Puerto de la Condamine:

- Rótula para la conexión, constituida por una pieza de 650 t de peso, conecta el dique con el estribo fijo de tierra permitiendo los movimientos de giro en las tres direcciones y coartando todos los posibles desplazamientos. Se trata de una compleja estructura en acero moldeado que contiene una gigantesca rótula de 2,50 m de diámetro que permite giros de hasta 5°.
- Sistema de anclaje del dique en su extremo exterior, compuesto por un sistema de

10 líneas de cadenas y pilotes, situándose 8 de ellas en el extremo del faro (5 del lado mar y 3 del puerto o interior), y 2 en el extremo del lado rótula, cuya función es la retención del dique en caso de desconexión de la misma. Cada línea esta compuesta por una pieza de anclaje al dique, una cadena, que en el caso del lado mar llega a 500 m de longitud, y un pilote metálico hincado en el fondo marino de hasta 25 m de longitud y 1,80 m de diámetro. Además, se instalan sendos pórticos a ambos lados del dique, para el tesado final de las líneas de anclaje.

- Instalación para los movimientos de lastre líquido en el interior, consistente en un sistema de tuberías y válvulas que permiten vaciar y llenar los diversos compartimentos estancos de lastrado, así como trasegar peso entre cualesquiera de ellos.
- Protección catódica de la armadura del dique, así como de todos los elementos metálicos integrados.

#### **LAS INSTALACIONES DE OBRA**

La prefabricación del cajón se ha realizado en la Dársena Sur, del antiguo proyecto de Crinavis, dentro de los terrenos de la Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras, previamente acondicionada. De acuerdo con las necesida-

des constructivas, para realizar en seco el cajón, se efectuó la excavación de 420.000 m<sup>3</sup> de los que la mitad fue necesario volarlos, se completó la pantalla de cemento bentonita del recinto estanco, y finalmente se procedió al agotamiento y puesta en seco de la dársena. El fondo se situó a la cota -14,00, con unas dimensiones de la dársena de 380 x 75 m, guniéndose los taludes, colocando anclajes en el terreno y disponiendo de un sistema permanente de achique.

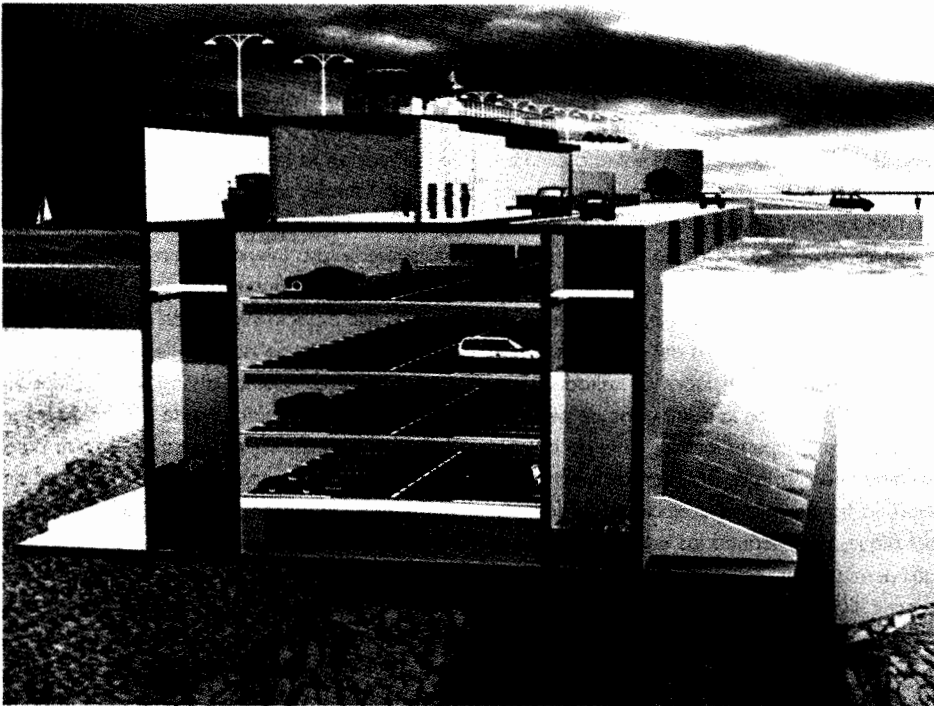
#### **CIMENTACIONES**

Para el apoyo del dique se realizaron las cimentaciones necesarias, consistentes en vigas transversales de 32 m de longitud, cada 8 m y coincidiendo en planta con los muros transversales del dique, dotadas en su cabeza de un sistema de placas metálicas engrasadas, que permitían deslizar el cajón sobre su cimentación, con un coeficiente de rozamiento máximo del 30%. Ésto ha sido necesario por el gran esfuerzo originado por el pretensado longitudinal del dique que producía un acortamiento previsto de 17 cm.

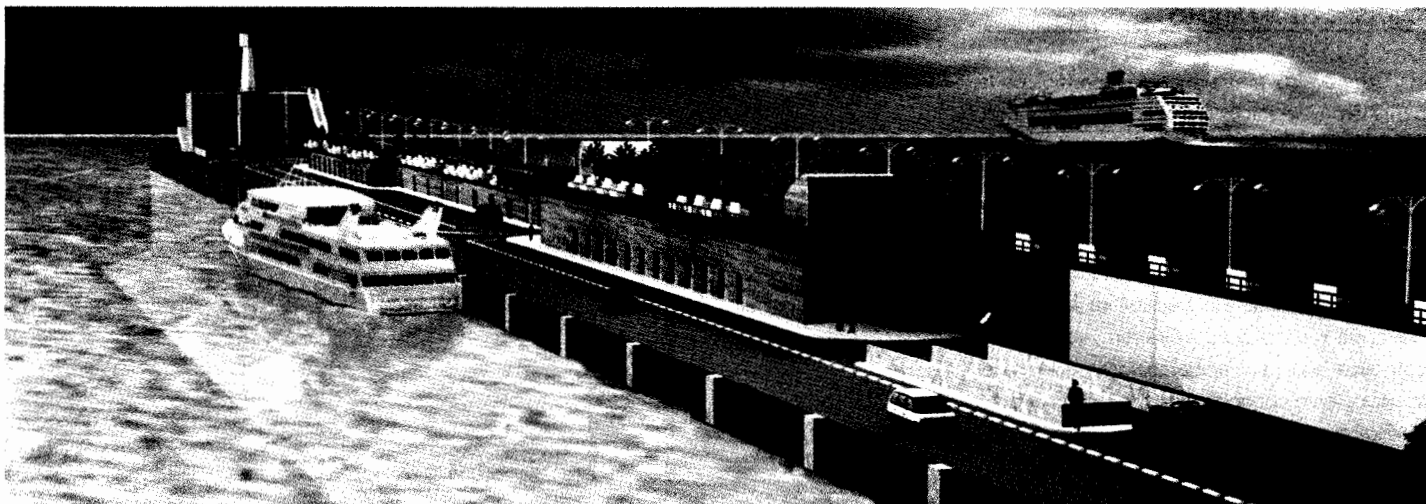
Para asegurar, además, que el agua entrara fácilmente por debajo de los 15.000 m<sup>2</sup> de solera del cajón, y no se produjeran succiones ni efectos ventosa, se procedió a rellenar con arena el espacio existente entre vigas de cimentación, permitiendo obtener una superficie adecuada para el encofrado de la superficie inferior de la solera, y con su retirada dejar espacios vacíos entre el cajón y el fondo de dársena.

#### **FASES DE EJECUCIÓN**

Para la ejecución, el dique se dividió longitudinalmente en 8 partes o "PLOTS". El primero de 16 m de longitud corresponde a la zona de anclaje de la rótula. Los 7 restantes de 48 m hasta completar los 352 m de longitud del dique. Tanto la ejecución de losas como de los alzados se dividieron por plots, avanzando la obra en sentido longitudinal, en tramos de 48 m. En general las losas se han realizado mediante sistemas industrializados de encofrado cimbrado a la losa de fondo, y los alzados mediante trepante. Para ello los muros de 19 m de altura han sido realizados en 5 fases, la primera de ellas entre losa de cimentación y la losa -12,00, las cuatro siguientes mediante trepas de 3,75 m de altura.







Con relación al "plot" 1 su realización ha sido independiente de la del resto, debido a su singularidad, al ser la zona de la estructura del cajón que alberga la conexión de la rótula. El "plot" 1 corresponde al extremo del cajón donde esto alojada la rótula y su construcción ha sido de una gran complejidad, dado que además de estar reforzado especialmente con armaduras pasivas y activas, debía de alojar las partes metálicas encastradas en el hormigón del conjunto rótula. La unión de ésta con el hormigón del dique se realiza por medio de 60 barras de pretensado de 120 mm, con un total de 36.000 t. La rótula se ha instalado con la ayuda de un pórtico de volteo e izado de 650 t de capacidad, especialmente diseñado para esta operación.

#### **OPERACIONES MARÍTIMAS EN LA DÁRSENA**

Concluida la ejecución de la estructura principal se procedió al comienzo de las operaciones marítimas, realizándose exhaustivos ensayos de estanqueidad del dique con la dársena en seco y rellenando los compartimentos estancos de agua dulce. Posteriormente se procedió a la inundación de la dársena con agua de mar, mediante una tubería-sifón previamente instalada. El llenado se realizó en dos fases. En la primera se elevó el nivel de agua hasta 11 m de altura, en la que el dique todavía no flotaba y permanecía apoyado en las vigas de cimentación. En esta situación se procedió a revisar la estanqueidad de todos los muros perimetrales exteriores y losa del fondo. Una vez asegurada ésta se continuó el llenado, produciendo la flotación del dique y su despegue de las vigas de ci-

mentación. Se utilizaron sistemas robotizados de control topográfico a fin de medir tanto los movimientos como la flecha. Efectuada la flotación se continuó la ejecución de las superestructuras, a la vez que se procedía al dragado de la apertura de la dársena. En dicha excavación se retiraron 100.000 m<sup>3</sup>, y se realizaron pruebas de estabilidad, consistentes en escorar el dique hasta 2º, mediante cambios en su lastrado, con el fin de determinar su centro de gravedad y GM reales.

Previas a estas operaciones se instalaron las estructuras metálicas auxiliares para la conexión de la rótula en la posterior ubicación en Mónaco. Estas estructuras han consistido en tres grandes vigas metálicas con un peso total de más de 400 t, situadas en el extremo del cajón, para coartar todos los movimientos durante la operación de conexión.

Durante todo el proceso, la estructura estaba amarrada a tierra mediante un sistema que impedía su movimiento dentro de la dársena y que consistía en dos cables en sentido longitudinal manejados mediante sendos cabrestantes de 15 t, alcanzando un tiro con doble reenvío de cada cable de 30 t. En los laterales se instalaron dos elementos, uno de 50 t en el que el cable alcanzaba un tiro transversal al dique de 200 t, y otro de doble tambor de 100 t cada uno, que proporcionaba un cable de tiro transversal a la estructura de 200 t mediante doble reenvío, y un segundo que ejercía una tensión oblicua de 100 t. Estos tirantes estaban amarrados a la estructura, mediante un sistema de orejetas y placas, pretensadas al hormigón de la losa superior.

Por último fueron instalados los sistemas de tiro para las líneas de remolque en el transporte marítimo. Estos anclajes consistían en grandes

orejetas de 600 t de capacidad embebidas mediante pretensado al hormigón. Se dispusieron 3 parejas, dos de ellas en la proa, coincidentes con el extremo rotula, y la tercera en el extremo faro, que hacía las funciones de tiro de emergencia, para el caso de rotura de las líneas de transporte principales.

#### **OPERACIONES MARÍTIMAS EN LA BAHÍA DE ALGECIRAS**

Finalizado el dragado de la bocana de la dársena, se procedió a sacar el cajón y atracarlo en el muelle para carbones que posee Endesa en la bahía de Algeciras. La operación de salida se efectuó con la ayuda de los cabrestantes situados en tierra y 4 remolcadores de 50 t de capacidad de tiro. Manteniendo la estructura controlada y alineada se producía el tiro longitudinal necesario para la operación. Los cabrestantes se desconectaban a medida que los cables correspondientes alcanzaban un ángulo que los hacía ineficaces, mientras que los remolcadores, además de realizar el tiro necesario para la salida, controlaban la operación transversalmente.

En el muelle de recepción se dispusieron dos pontonas separadoras con 12 defensas, tipo Yokohama, contra las que se efectuó el atraque. En esta situación se procedió al lastrado, para pasar de los 13,50 m de calado, con los que se realizó la salida de la dársena, a los 15,00 m con los que se debería realizar el transporte marítimo. Para ello se añadieron 18.000 m<sup>3</sup> de agua dulce a los 10.000 m<sup>3</sup> iniciales. Esta operación se realizó con la ayuda de un barco tanque de 6.000 t de capacidad.



## TRANSPORTE MARÍTIMO

Cuando las previsiones meteorológicas lo permitieron, se inició el transporte a Mónaco, con la ayuda de dos remolcadores: uno, el principal, con 22.000 CV de potencia y 165 t de capacidad de tiro, que realizó la operación completa, y un segundo auxiliar con 14.000 CV de potencia y 120 t de capacidad de tiro. Éste último, además de efectuar las labores de vigilancia para que no existieran interferencias con otros buques y embarcaciones en todo el trayecto, tenía capacidad de tiro suficiente para auxiliar al remolcador principal en caso de avería.

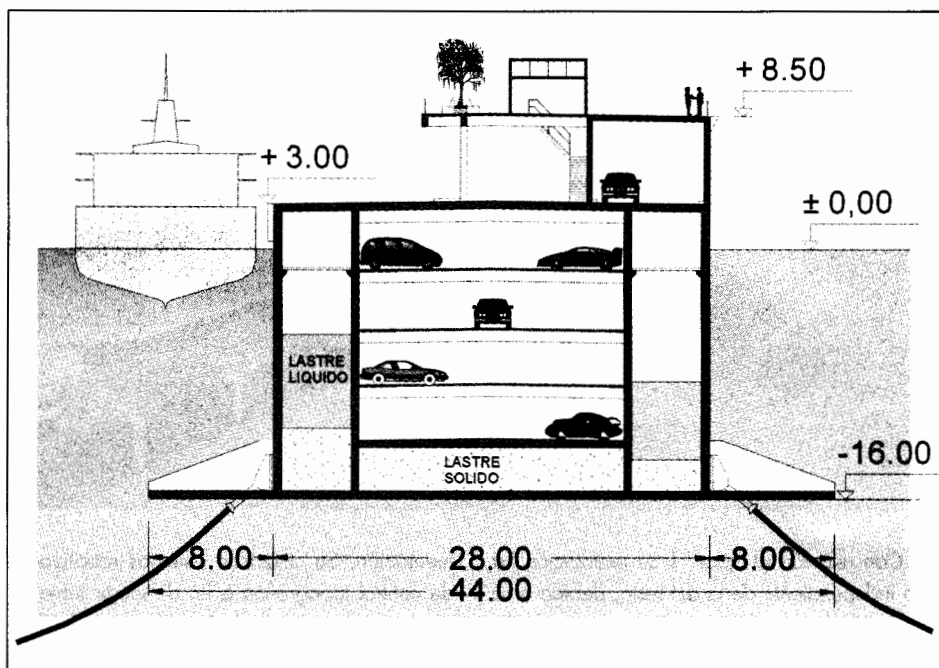
El recorrido, que discurría por el Este de las islas Baleares, tuvo una duración de 12 días, con 810 millas náuticas a recorrer, equivalentes a 1.500 km, se realizó a una velocidad media de 3 nudos y sin incidencias particulares. Se estableció un sistema de información meteorológica, con 10 días de previsión, que indicaba el estado de la mar en cada punto del camino a recorrer. El transporte fue seguido, en todo momento desde tierra, para intervenir ante cualquier incidencia.

## INSTRUMENTACIÓN DEL DIQUE

Para todas las operaciones marítimas se instaló un sistema de instrumentación capaz de almacenar todos los datos recibidos en un ordenador instalado en el interior, y transmitiendo, vía radio, todos los datos al remolcador auxiliar en donde se encontraba un equipo de especialistas que trataba y analizaba la información. Los resultados del tratamiento de los datos eran enviados, vía internet, al equipo de seguimiento del transporte.

## INSTALACIÓN DEL DIQUE EN MÓNACO

La maniobra de entrada y posicionamiento en la zona de su ubicación se realizó con la ayuda de cuatro remolcadores de puerto, de 50 t de capacidad de tiro. Manteniendo el dique en posición, se procedió a la conexión y tensado provisional de las 10 cadenas del sistema de anclaje definitivo, así como de las anclas provisionales previamente instaladas para este efecto. Una vez en posición de seguridad, se procedió a un nuevo lastrado, con 10.000 t, para llevarlo a su calado definitivo de 16,00 m. Finalizada la operación, y cuando las condicio-



nes meteorológicas lo permitieron, se procedió a la conexión de la rótula.

Esta última fase, de una gran precisión, ha consistido en ensamblar el macho de la rótula que traía el dique, con un cajón metálico de forma troncocónica que, previamente se había instalado en el estribo de tierra, donde debía quedar conectado. Las tolerancias utilizadas han sido enormemente estrictas, inferiores a 2 cm en el inicio y de cero en el final. Para mantener el proceso dentro de estos valores, se procedió a bloquear todos los movimientos, en el extremo rótula, apoyando las vigas metálicas auxiliares en el estribo de tierra mediante gatos hidráulicos

de gran potencia. Las dos vigas laterales coartaban los movimientos verticales y las posibles escoras mediante 4 gatos hidráulicos de 500 t cada uno. La viga central impedía los movimientos horizontales, con el empleo de 3 gatos hidráulicos de 500 t a cada lado de la misma. Además, se dispusieron dos grandes cabrestantes en el estribo para poder ejercer un tiro longitudinal de 800 t. Con estos medios, y en una jornada con oleaje inferior 0,50 m, se realizó la conexión y bulonado de la rótula, de forma que el dique quedara instalado a falta del tesoado definitivo de las líneas de anclaje, que se realizó inmediatamente después. ●

## FICHA TÉCNICA

<b>Promotor:</b>	Estado de Mónaco. Servicio de Obras Públicas
<b>Proyecto:</b>	SETEC-TPS
<b>Empresa constructora:</b>	A.T.E.: Bec Freres - Grupo Dragados - Fomento de Construcciones y Contratas - H. Triverio - SMMT
<b>Presupuesto:</b>	125 Millones de €
<b>Fecha de Acabado:</b>	Septiembre 2002

## CARACTERÍSTICAS

El Dique es un cajón flotante en estructura de hormigón armado y pretensado de doble pared y grandes dimensiones, único en el mundo en su género.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Dimensiones:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Longitud 352 m</li> <li>Anchura 28 m (44 m en losa inferior)</li> <li>Altura 19 m</li> <li>Calado 16 m</li> <li>Peso total 162.000 Tn</li> </ul> </li> <li>• <b>Unidades de obra:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Hormigón 45.000 m<sup>3</sup></li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Armaduras pasivas 10.500 Tn</li> <li>Armaduras activas 7.500 Tn</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Otros datos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Plazas de aparcamiento 360</li> <li>Puerto seco 25.000 m<sup>2</sup></li> <li>Dos estaciones marítimas</li> <li>Locales administrativos y comerciales.</li> <li>Faro</li> </ul> </li> </ul>