



ARQUITECTURA

# El pabellón de la Utopía

## Exposición Universal 1998 de Lisboa

Los trabajos de construcción de la Exposición Universal comienzan a tomar forma. Entre el puente de Vasco de Gamma y el Oceanario destacan tres edificaciones: las palmeras metálicas de la estación de Oriente, la gran sala de los pabellones internacionales y el pabellón de la Utopía. Este último se denomina pabellón multiusos y permitirá la exposición "Los océanos, un patrimonio para el futuro" y simultáneamente albergará una sala con capacidad para 17.000 personas.



### El proyecto

Ha sido realizado por el estudio de arquitectura Regino Cruz-Arquitectos Consultores en asociación con el gabinete internacional SOM-Skidmore, Owings y Merrill.

Siempre que se proyecta un edificio singular de estas características representativas, se buscan razones para justificar la forma resultante. En este caso la concepción del edificio se ha inspirado en los cascos de los barcos del siglo XV y en el caparazón de un pequeño artrópodo marino de la época jurásica (*Limulus polyphemus*). La estructura vista al interior marca definidamente

una armadura curva, que contrasta con el aspecto exterior consistente en una cobertura de cinc, que aporta al edificio un perfil aerodinámico de nave espacial. Es el estadio cubierto de mayor capacidad del país (16.500 personas). Consta de dos salas: la principal (del Atlántico) y una sala anexa (del Tajo). Sus posibles usos son los siguientes: Conferencias y congresos, teatro, conciertos, espectáculos deportivos (tenis, atletismo, hockey sobre hielo e incluso windsurf). Estas manifestaciones pueden instalarse y desmontarse en un tiempo mínimo.

Alrededor del espacio central y detrás del escenario, existe un espacio construido con 5 plantas que permite ofrecer los siguientes usos: sala de exposiciones, vestuarios, enfermería, auditorio de 100 plazas, prensa, gimnasio, etc. Con todo, la superficie construida es de alrededor de 41.000 m<sup>2</sup>.

En la redacción del proyecto se han tenido presentes los objetivos siguientes:

- El confort y la seguridad del público.
- La diversidad de usos y la rapidez de montaje y desmontaje



de las instalaciones.

- La optimización del consumo de energía. En el proyecto se ha tenido en cuenta la optimización energética, incluyendo la iluminación natural y la ventilación. Estas preocupaciones inciden favorablemente en la viabilidad económica del futuro del edificio. El consumo energético será del orden de un 50 % del consumo habitual en este tipo de edificios. También se han reducido las emisiones de dióxido de carbono y se procura emplear el sistema de aire acondicionado de la forma más reducida posible. Este proyecto ha sido seleccionado como finalista para el concurso de Energy Comfort 2000 - Thermie Project (Comisión Europea de los proyectos térmicos para la reducción del consumo de energía y la protección del medio ambiente).

Con este fin se han tomado las decisiones siguientes: el nivel inferior se sitúa bajo la rasante; la luz natural tamizada ilumina el escenario; aprovechamiento de la ventilación natural; sistema de recuperación de calor en la generación de aire frío; pre-enfriamiento del aire con el agua del río.

*Planta general del interior*

## La madera como material estructural

Los argumentos para la elección de la madera laminada encolada, muy poco frecuente en Portugal, son numerosos. Por un lado existe una razón de carácter temático que se fundamenta en el papel de la madera en la construcción de barcos para el conocimiento de los océanos. Y por otro lado existen muchas razones de orden técnico que hacen de la madera la solución más adecuada. La relación resistencia - peso es equiparable a la del acero y muy superior a la del hormigón. El costo de la cimentación es menor por las mismas razones. Su resistencia al fuego y el bajo coste de mantenimiento incluso en una ambiente al borde del mar fueron factores determinantes.

## La estructura de madera laminada

La planta del edificio tiene forma de ovoide con unas dimensiones externas de 125 x 220 metros en sus ejes principales. La armadura de la cubierta se organiza con unos pórticos con forma curva (que podemos denominar arcos) cuya sección tiene un cordón inferior curvo y un cordón superior más ligero, que forma la superficie exterior. Ambos, quedan unidos por una celosía de piezas de madera laminada. El canto de la pieza inferior es de 168,9 cm mientras que el cordón superior sólo tiene 55,5 cm (con anchura de 40,5 cm).

El conjunto consta de dieciséis arcos separados a 9 metros entre ejes. La luz que salvan estas armaduras es variable desde 60 metros hasta el máximo de 120 metros. La altura máxima es de 41,5 metros. Su canto total varía de 2 a 6 metros. La particularidad principal que tiene esta armadura consiste en que el cordón inferior tiene una sección mucho más



*Sección transversal que muestra el pórtico-tipo*

importante que el superior; prácticamente sería autoportante, pero sin embargo se le ha añadido la celosía y el cordón superior para reforzar la estética de las nervaduras creando un espacio más globalizado. La estructura trabaja principalmente a compresión, por su forma de arco, y en cierto modo como una cáscara. Existen arcos transversales a los anteriores para mejorar la estabilidad del conjunto.

Han sido necesarias 12.000 horas de trabajo de gabinete para el diseño y el cálculo, y el mecanizado y encolado de los 5.500 m<sup>3</sup> de madera bruta otras 23.000, lo que sumaría un conjunto de 35.000 horas de trabajo. El cálculo ha sido realizado de acuerdo con el Eurocódigo n° 5 y la exigencia de estabilidad al fuego era de una hora.

La organización constructiva de la estructura se completa con un segundo orden de piezas a modo de correas que soportan la cobertura y otro orden secundario al nivel del cordón inferior que garantiza la estabilidad frente al problema del pandeo. Para el mantenimiento y entretenimiento

de las instalaciones discurren pasarelas a través del alma de estos arcos, con una longitud total de 1.200 metros.

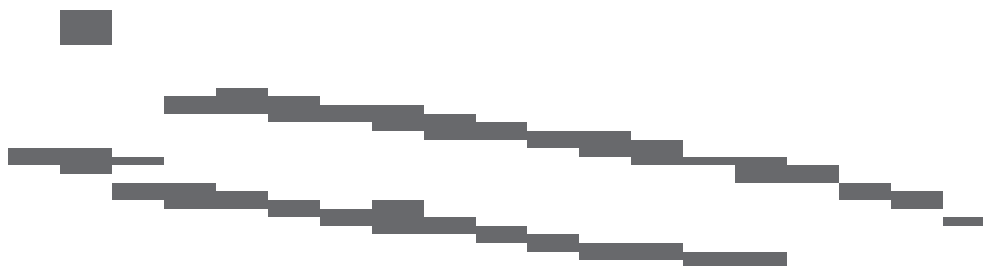
Los cordones y las piezas de la celosía interior, están formados por tres piezas de madera laminada de 13,5 cm de espesor cada una. Esta solución permite las uniones denominadas de alma, que consisten en insertar dos chapas metálicas entre las piezas que se conectan a la madera mediante pasadores de 20 mm de diámetro. Es una solución muy discreta, ya que al exterior se manifiesta de manera mínima, y además permite alcanzar una estabilidad al fuego elevada (una hora en este caso). Con este tipo de uniones es fácil la prefabricación de módulos de 30 metros de longitud. Cada arco tiene más de 3.000 pasadores. El conjunto de todos los arcos precisa de 70.000 pasadores, a los que pueden sumarse 15.000 más para las correas y otras piezas.

Para el conjunto se han efectuado más de 250.000 taladros y se han empleado más de 600 toneladas de herrajes, pernos y pasadores.

## Control de calidad y fabricación

La empresa fabricante es Weisrock, de Francia, que ostenta la certificación A del Instituto Ottograf, de Alemania. Weisrock fue creada en 1875 y actualmente agrupa a 7 empresas europeas que producen anualmente 25.000 m<sup>3</sup> de carpintería.

La madera fue cuidadosamente clasificada para obtener una clase resistente C30, que da lugar a una clase resistente de madera laminada GL28. El CTBA realizó controles regulares del proceso de fabricación. Bureau Véritas exigió la verificación experimental de las uniones, y fue realizada en un laboratorio especializado. Los resultados de los ensayos permitieron manifestar ciertos errores que incluía el Eurocódigo 5 en relación a la influencia del número de elementos de fijación en la capacidad portante. Las piezas recibieron un tratamiento en fábrica de carácter



fungicida, insecticida y antitermitas para la clase de riesgo II.

### **Transporte y montaje**

El transporte de las piezas desde la fábrica en Saulcy (Vosgos) y Lisboa se realizó mediante 36 convoyes especiales de más de 30 metros de largo que necesitaron de 6 a 15 días para llegar. El montaje de la estructura es una fase extremadamente delicada, ya que los arcos exponen una gran superficie al viento y es necesario disponer medios auxiliares para la estabilización provisional. El izado de los elementos no era posible con grúas automotrices debido a la importancia de la luz. Se recurrió a dos grúas de torre fijas. La coordinación entre empresas francesas y portuguesas para el montaje ha supuesto un gran reto solucionado con éxito. El montaje de los arcos y de la cobertura se realizó de tal manera que la carpintería no quedaba expuesta a la intemperie más de cinco o seis semanas.

### **Mantenimiento**

No son necesarias operaciones de mantenimiento para la madera laminada encolada, pero se es preciso una verificación de las uniones y piezas metálicas cada dos años.

### **La cobertura**

El material de impermeabilización es el cinc que se apoya sobre un entablado de madera de 36 mm de grueso, lo que supone un volumen de unos 1000 m<sup>3</sup>, y queda visto en su cara inferior para mejorar las condiciones acústicas. Sobre este entablado se dispone un aislante térmico y acústico (láminas de aluminio con tejido de fibra de vidrio y lana de roca de 60 kg/m<sup>2</sup>) apoyado en parecillos de madera maciza que soporta un entarimado para recibir la chapa de cinc. El peso total de las planchas de cinc es de 160 toneladas, dispuestas en hojas paralelas que convergen en la cima. Dadas las dimensiones de la cubierta no era posible cubrir todo el tramo con una sola pieza, colocándose nueve láminas de 35 metros de longitud (la dilatación del cinc queda libre y es del orden de 2 cm en 11 metros).

Para el trazado de las piezas de la cubierta se ha recurrido al trabajo en 3 dimensiones construyendo una maqueta a escala 1/50.

### **Perspectiva**



#### **DATOS:**

CONSTRUCTORA: PARQUE ATLÁNTICO S.A.  
DESARROLLO DE PROYECTO: SOM  
ARQUITECTO: REGINO CRUZ  
CÁLCULO: AGIBAT MTI (CARPINTERÍA)  
EMPRESAS: WEISROCK (CARPINTERÍA), UTB y MAURY NZ (COBERTURA), ENTREPOSE (INSTALACIONES), BÂCHES DE FRANCE (DECORACIÓN).  
PLAZO: 17 MESES  
COSTO: 60 MILLONES DE FRANCOSES PARA LA CARPINTERÍA Y 30 MILLONES PARA LA COBERTURA, SOBRE UN TOTAL DE LA OBRA DE 350 MILLONES DE FRANCOSES.