

La construcción del velódromo de Dos Hermanas, Sevilla (España)

The construction of the Dos Hermanas cycle track, Sevilla (Spain)

Félix Escrig*, José Sánchez*

RESUMEN

El diseño y la construcción de la Cubierta para el velódromo de Dos Hermanas constituyó un reto de primera magnitud por varias razones: grandes dimensiones; no tocar, ni siquiera simbólicamente el edificio existente y hacer una obra sencilla que no pretendiera asombrar por su espectacularidad. Se buscaba hacer un edificio modesto a pesar de su dimensión. De hecho es un edificio que sobrecoge por su espacialidad interior más que por su apariencia externa. Otro reto planteado fue que sólo se sostuviera en cuatro soportes. Sería así una gigantesca mesa. Y, por último, no queríamos ver barras inclinadas, sólo una superficie que fluyera con naturalidad desde las alturas hasta la cabeza de los soportes, llevando las fuerzas de un modo natural y sin artificio.

Quedaba por fin el problema del cerramiento. Aunque se había pensado abierto, decisiones funcionales y de oportunidad solicitaron un cerramiento que no alterara el aspecto que tenía cuando estaba abierto. Ello se consiguió mediante un telón tensado que tampoco toca el edificio existente y, por tanto, no resta liviandad al conjunto metálico. El presente artículo pretende describir los aspectos constructivos que hicieron posible estas ambiciones desde el punto de vista de la práctica constructiva.

159-4

Palabras clave: malla espacial, viga Vierendeel, lámina cilíndrica, estructura acero, edificio deportivo.

SUMMARY

Designing and building Dos Hermanas cycle track Roof was considered a first magnitude achievement for several reasons: first for their many great dimensions in plan, second for avoiding any contact with the existent old building, and third because the interest in make a simple piece not surprising for its spectacularity. In fact it is a building that surprise for the wide inner space more than for the external form. Another important goal was that the entire roof must be supported by only four legs, as a table. Never mind if the dimension of these legs were great because we could convert them in sculptural pieces. And the last question was that for us it was very important not to exhibit triangulated girders but only a surface hanging from height to the top of columns, bringing forces in a natural way.

When the roof was finished was planed to introduce a lateral wall. This fact not was considered during the previous design. The solution proposed was a fabric hanging from the roof border and selfprestressed without touch the old building. This paper show constructive processes and material details that at the end made possible our ambitions.

Keywords: *spatial mesh, Vierendeel truss, cylindrical shell, steel structure, sport building.*

* Profesores de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla, Universidad de Sevilla, España
Persona de contacto/Corresponding author: josess@us.es (José Sánchez)

1. INTRODUCCIÓN

En la Referencia 14 tratamos del diseño y análisis de una gran cubierta, la del Velódromo de Dos Hermanas en Sevilla y de los criterios asumidos para su definición. Básicamente se trataba de diseñar un cerramiento para un velódromo existente (Fig. 1) con una malla como la que se ve en la Fig. 2.

Sin entrar ahora en las razones que motivaron este diseño en particular, vamos a describir los aspectos básicos y el proceso constructivo hasta su acabado final.

2. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES

Los elementos principales que componen la estructura son: soportes de hormigón armado, cajones de borde y malla de celosía.

Soportes

Tienen un gran desarrollo en planta y se van adelgazando a medida que ascienden, obediendo así a la ley de fletores ya que en la cabeza se producen fuertes componentes horizontales.



Fig. 1. Velódromo antes de ser cubierto.

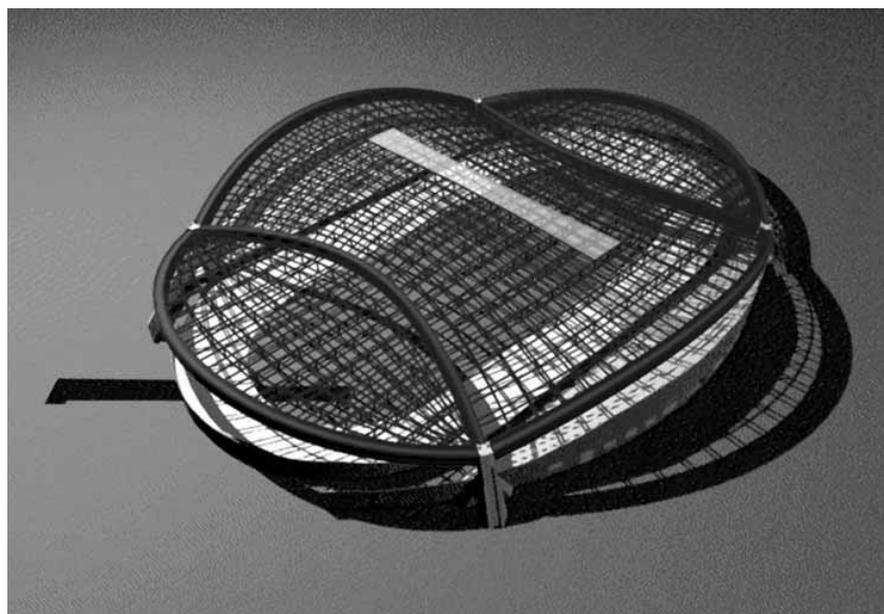


Fig. 2. Malla diseñada para su cubrimiento.

Estos soportes cumplen además las funciones de acceso a la cubierta y de drenaje del conjunto, de ahí la forma adelantada que tiene la cabeza. (Fig. 3).

Cajones

La malla en celosía está rematada en sus bordes y en sus aristas por elementos potentes que recogen sus reacciones. Estos cajones tendrán unas dimensiones grandes no sólo a efectos resistentes sino porque, además, cumplen una función estética de remate de la cubierta y una funcional de hacerla visitable a todo lo largo de la misma (Fig. 4).

Malla

Estará formada por dos capas de modulación aproximadamente cuadrada, conectada por montantes y sin diagonales, siendo, por tanto, importante que los nudos sean rígidos (Figs. 5 y 6).

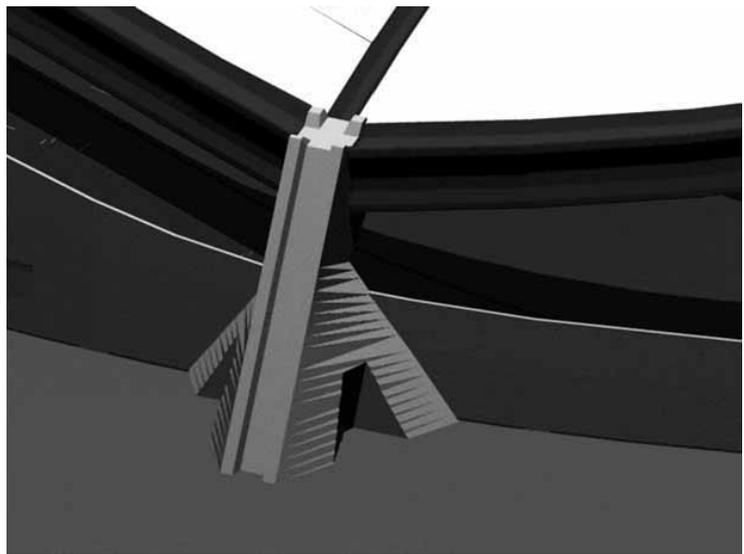


Fig. 3. Diseño de los soportes.

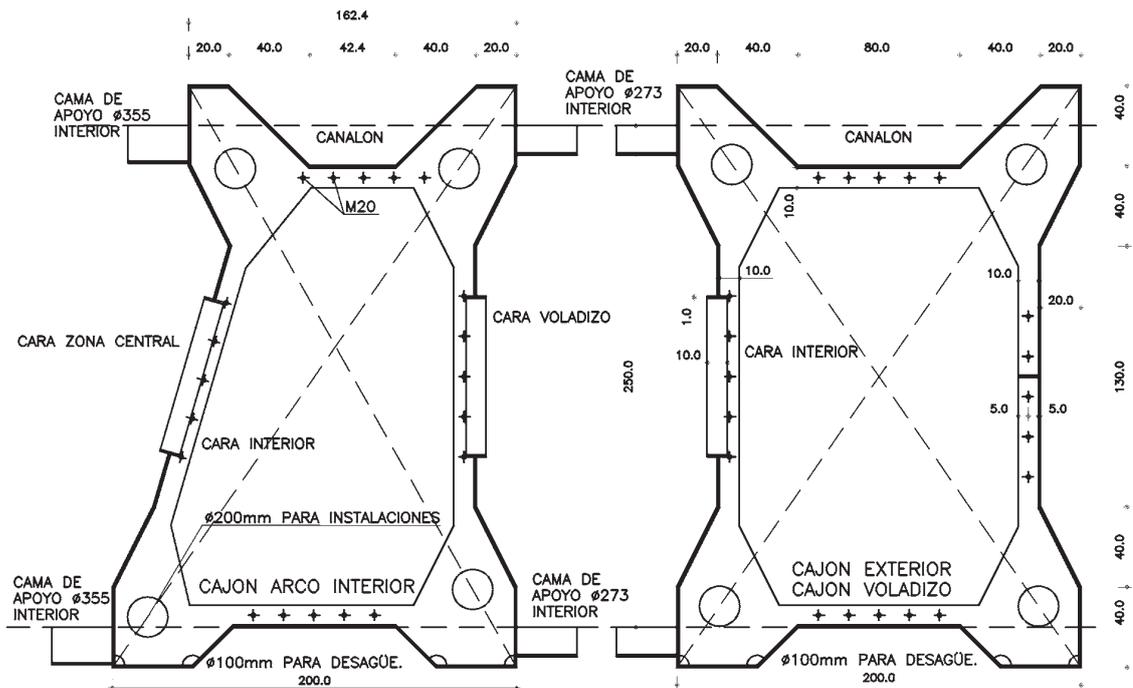


Fig. 4. Diseño de los cajones interiores y periféricos.

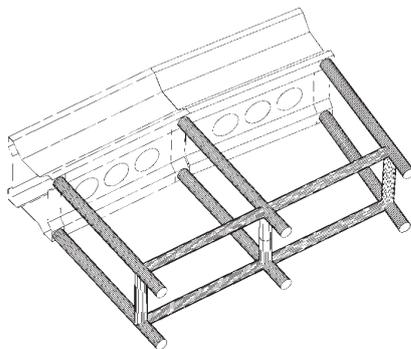


Fig. 5. Unión de la malla a los cajones.

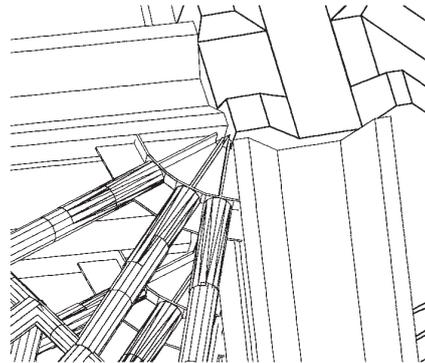


Fig. 6. Unión de la malla en las esquinas.

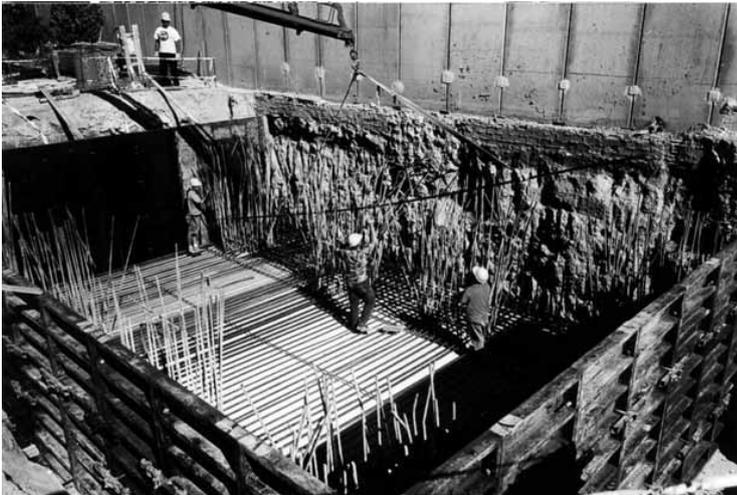


Fig. 7. Excavación de la cimentación.



Fig. 8. Armado del encepado.

3. LA CONSTRUCCIÓN DE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES

Como hemos visto en la cimentación tratábamos de hacer una base lo suficientemente masiva como para que pudiéramos evitar el vuelco producido por los empujes en la cabeza de los soportes.

Ya hemos visto que la cimentación iba a ser de grandes dimensiones, tal y como se ve en la Fig. 7, en donde se aprecia la excavación y los pilotes desmochados, y en la Fig. 8, en donde puede verse el armado del encepado.

A partir de ello se comenzó a preparar el soporte con unos encofrados que deseábamos artesanales para buscar texturas de tablas de madera tradicionales (Figs. 9 y 10).

En las Figs. 11 y 12 se ven los soportes terminados según las especificaciones del proyecto.



Fig. 9. Preparación del encofrado.



Fig. 10. Construcción de los soportes.

Para resolver esta estructura de grandes dimensiones tuvimos que utilizar algunos elementos singulares que permitieran la conexión de las distintas partes. Así que en la unión del hormigón con los cajones metálicos tuvimos que poner una transición metálica a base de chapas de 30 mm de espesor embebidas y ancladas en el soporte para soldar a ellas los cajones.



Fig. 11. Aspecto frontal y lateral del soporte con el canalón para el descenso del agua.



Fig. 12. Aspecto de los soportes unidos al resto de la estructura.



Fig. 13. Imagen de las piezas de unión a pie de obra.

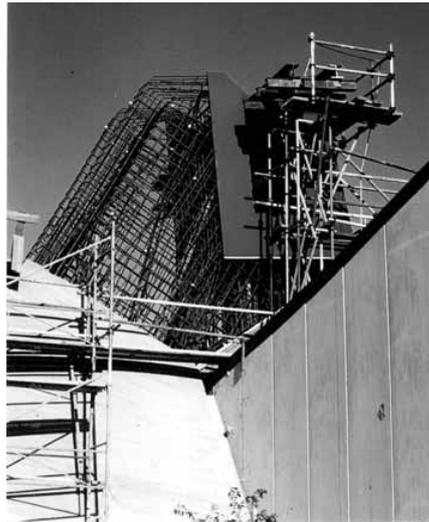


Fig. 14. Piezas posicionadas para su hormigonado.

En la Fig. 13 se muestran estas piezas antes del montaje y en la Fig. 14 tras el montaje.

La Fig. 15 muestra la utilidad de estas piezas para conectar la totalidad de la cubierta sobre sólo cuatro soportes.

En la Fig. 16 se muestra el encuentro en la cara superior de los soportes de los tres cajones en la zona que va a ser la recogida de aguas de toda la cubierta.

Otro aspecto que se cuidó es que el acceso a la cubierta pudiera producirse por la cara interior de los soportes mediante una escalera de pared, y que, además, por medio de este acceso se tuviera acceso a todos los pasillos interiores que se desarrollaban por el interior de los cajones.

La Fig. 17 muestra la realización de esta propuesta.

En todas las caras de los cajones que miran al interior del recinto hemos situado unas aberturas circulares que aligeran su aspecto y hacen menos agobiante el paseo a través de esos largos túneles, bien para el mantenimiento o para la instalación de medios audiovisuales (Fig. 18).

Hay que tener en cuenta que estos cajones están preparados al interior para el paso de



Fig. 15. Soldadura de las vigas a los soportes.

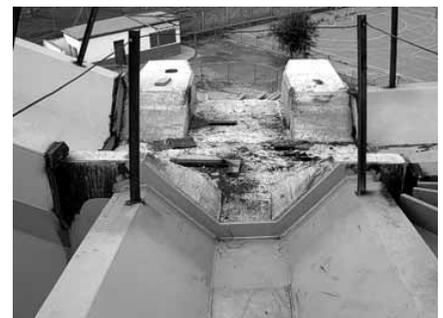


Fig. 16. Encuentro superior de tres cajones y soportes.



Fig. 17. Acceso al interior de los cajones.

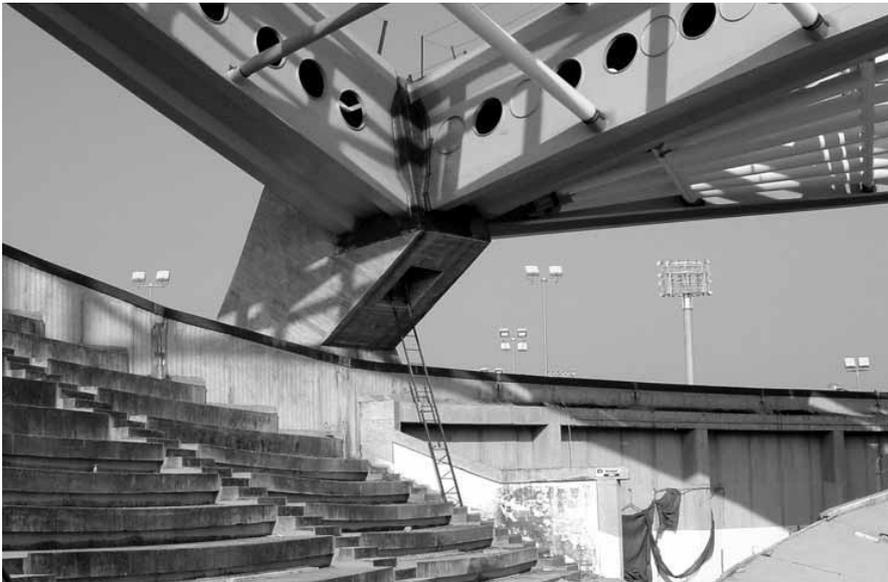


Fig. 18. Perforación de los cajones para control de la estructura.





Fig. 19. Trabajos en el interior de los cajones utilizados como corredor de acceso a toda la estructura.



Fig. 20. Acceso a través de los óculos a toda la estructura.

instalaciones y de personas (Fig. 19). Desde estas perforaciones se accederá a toda la malla sin necesidad de carros elevadores especiales (Fig. 20).

Otros elementos especiales que hubo que diseñar corresponden a soluciones particulares

de la malla en puntos singulares. Por ejemplo, en la zona de concentración de barras de los voladizos, utilizamos unas piezas especiales cuyo diseño mostramos en la Fig. 21. En las Figs. 22 a 24 puede verse cómo es el encuentro de la malla con estas piezas.

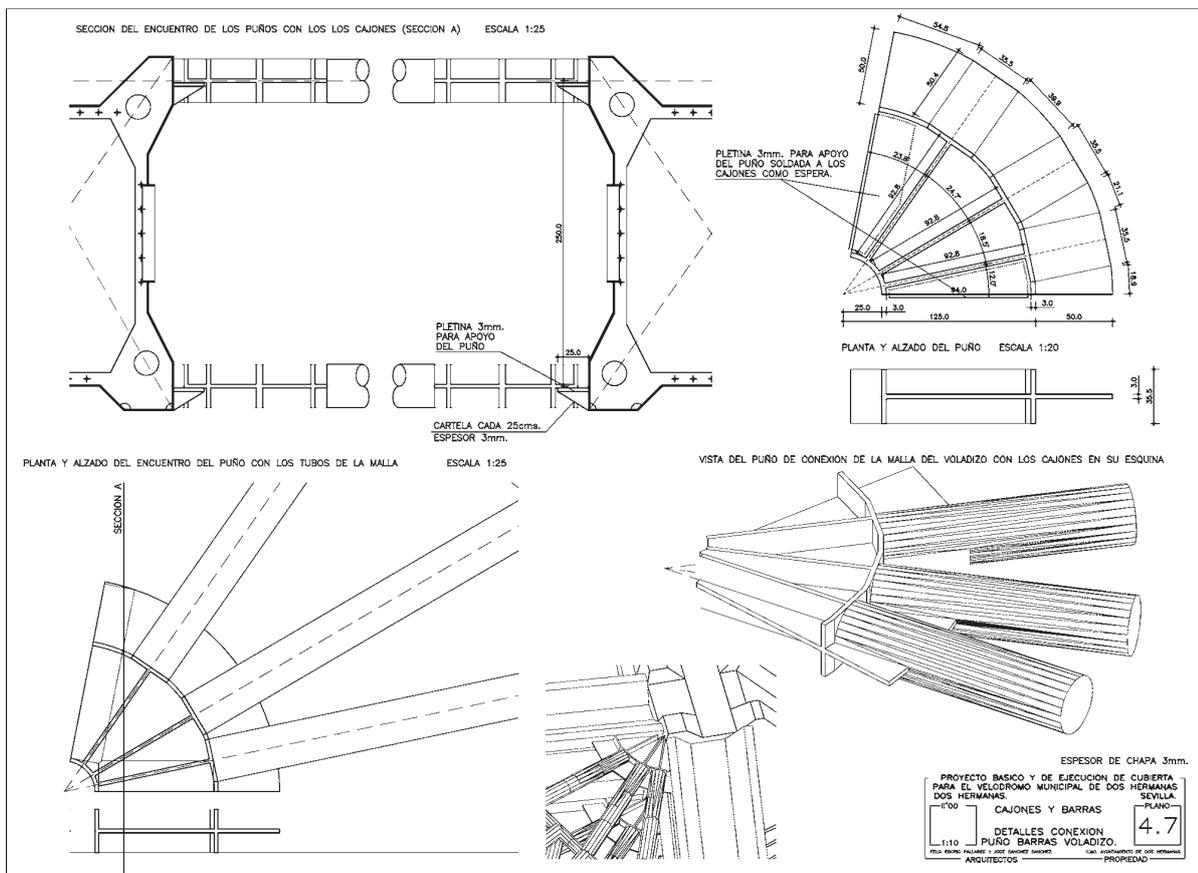


Fig. 21. Diseño del puño que resuelve la concentración de barras de la malla de los voladizos.

En la Fig. 22 se ve la forma de esta pieza y su colocación.

3.1. Diseño de los cajones

En cuanto a los marcos que debían recoger toda la estructura se pensó en una forma, que ya ha sido convenientemente descrita, para que tuviera gran rigidez a la abolladura, una forma con capacidad estética para disimular sus enormes dimensiones, y unos quiebros para el desagüe.

La empresa montadora propuso un despiece de fabricación, del que se exponen algunos gráficos. En la Fig. 25 se muestra el planteamiento de los arcos de las vigas cajón y su división en zonas.

4. MONTAJE DEL CONJUNTO

El aspecto más complejo de nuestro proyecto era el montaje de tan gran estructura sin utilizar una cimbra excesiva de modo que



Fig. 22. Pieza de unión de barras a soporte en voladizos.



Fig. 23. Conexión a barras de la malla.

Fig. 24. Encuentro de la malla con el puño.



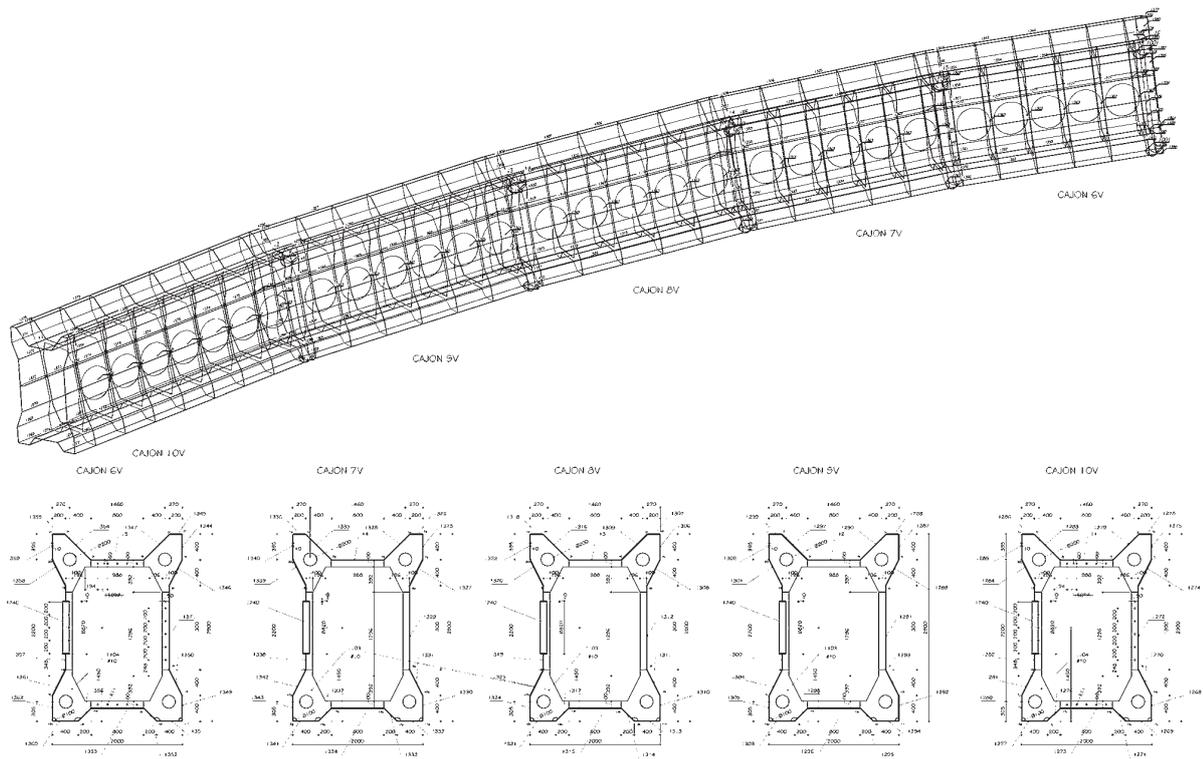


Fig. 25. Planos de taller para el despiece de los cajones. Esquema general.

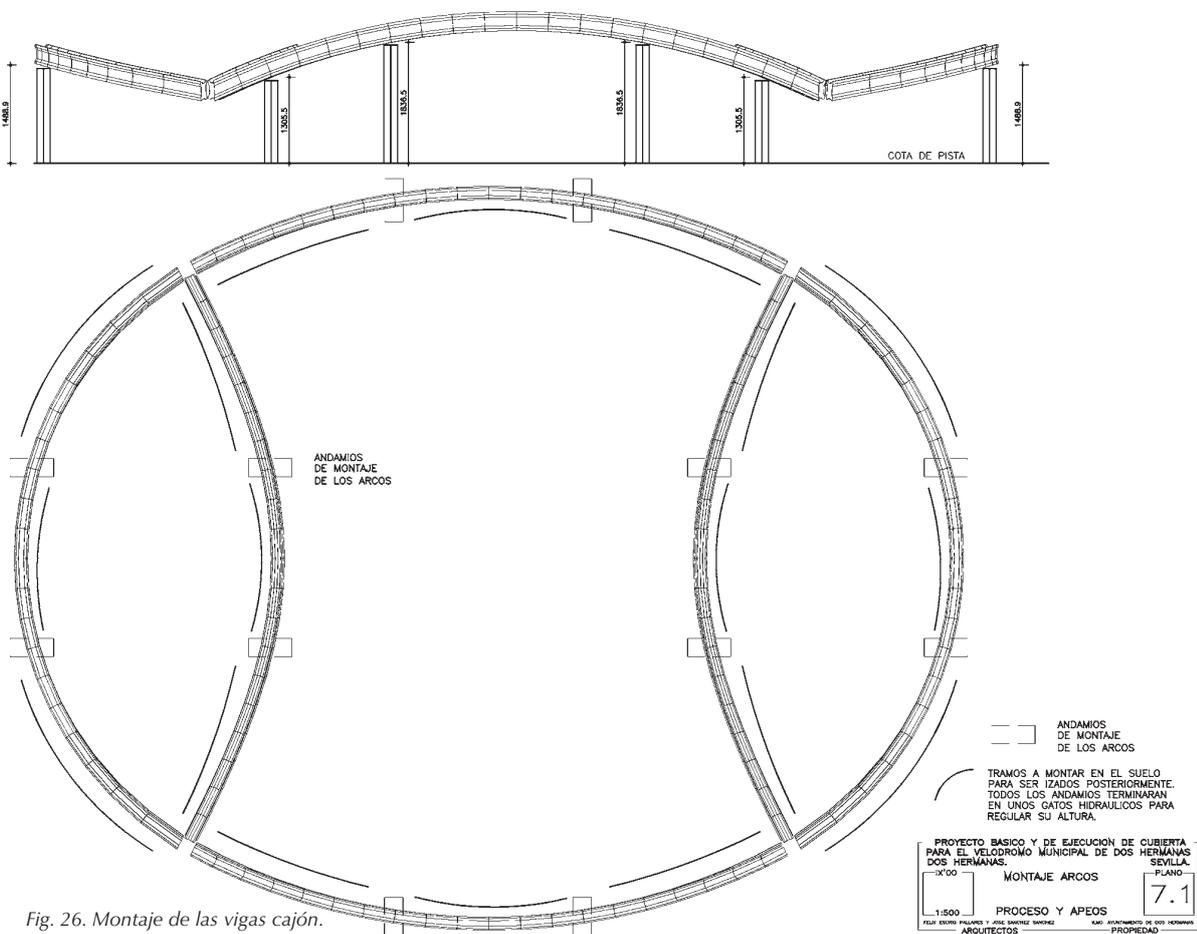


Fig. 26. Montaje de las vigas cajón.

incluimos una secuencia de montaje que fue aceptada por la empresa adjudicataria y que consistía en una serie de etapas de izado, apeo y conexión de módulos grandes de la estructura. En el gráfico de la Fig. 26 podemos ver el esquema del montaje de las vigas cajón por tramos, con un total de 12 puntales o torres de apoyo.

En la Fig. 27 mostramos el esquema de montaje de los veinticinco tramos de malla que debían construirse abajo y ser embridados en su posición definitiva aprovechando ocho nuevas torres de apoyo.

Para el descimbrado habíamos previsto la colocación de gatos hidráulicos que permitirían un descenso gradual de todos los apeos a la vez, manteniendo el control de los descensos y comprobando si coinciden con los calculados. Ésta es la etapa decisiva y más emocionante. Si todo es correcto, como es de esperar, las discrepancias con el cálculo teórico, que siempre existen, serían pequeñas. Las torres de apeo eran fijas y los gatos se colocarían

al final, en la parte baja, para poder cortar las patas e iniciar el descenso. La empresa montadora también propuso sustituir las bridas de unión con tornillos de alta resistencia por soldaduras in situ. Esto significaba tan sólo añadir un capítulo al control, el de las soldaduras en obra.

Finalmente el montaje en obra siguió las pautas descritas con pequeñas variantes que disminuyeron el número de puntales.

4.1. Replanteo de la obra

En una construcción tan prefabricada, las piezas tienen que ajustar con una precisión de valores absolutos. No nos valen tolerancias porcentuales. Sin embargo, hay que tener en cuenta que, aunque fuera posible fabricar con precisión absoluta, los cambios térmicos, el manejo en obra, las deformaciones por tensiones internas y muchas otras cuestiones, limitan la precisión a valores imposibles de mejorar (Fig. 28).

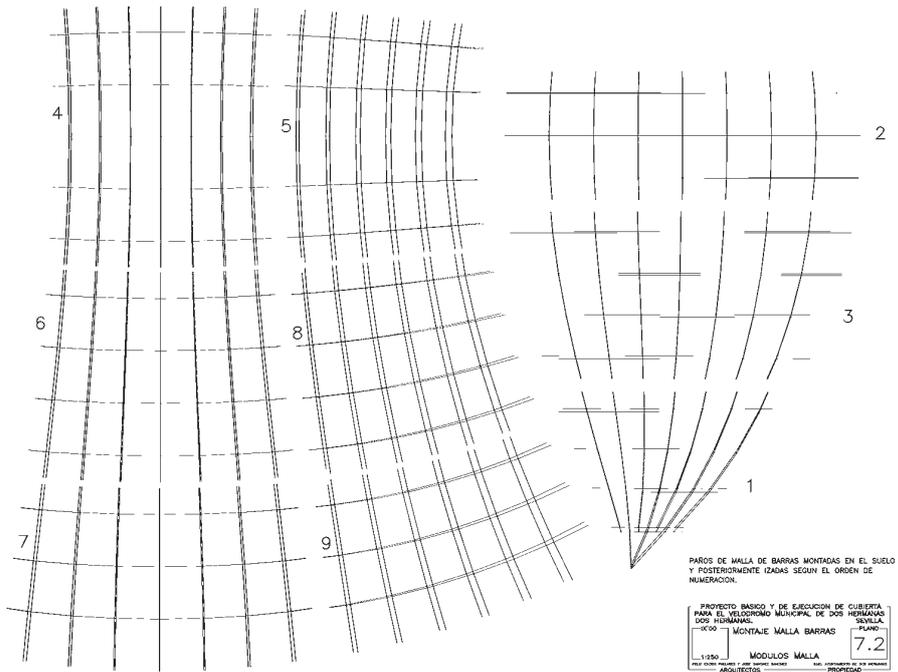


Fig. 27. Los veinticinco tramos de malla y el orden de montaje de los mismos.



Fig. 28. Replanteo en obra con sólo seis puntales.

En longitudes de 100 m tolerancias de uno por mil implican 10 cm de error. Para que estas tolerancias no afecten a las soldaduras a realizar en obra no se admitirán soldaduras a tope y todas las uniones entre tubos llevarán camisas que absorberán las tolerancias y las uniones de cajones a tubos, lo mismo que vimos en capítulos anteriores.

La comprobación sistemática de posición con un topógrafo a pie de obra es esencial desde la confección de la cabeza de los soportes hasta la colocación de cada uno de los módulos y la curvatura con que se instalaban, ya que durante el izado ésta podía cambiar.

4.2. Montaje de los arcos cajón

Los arcos llegaron a obra procedentes de Gijón en tramos de 25 m (Fig. 29) y fueron unidos en grupos de dos en el suelo en su posición casi de izado (Fig. 30). Se subieron y apoyaron en las torres de apeo (Fig. 31) y se posicionaron correctamente antes de ser soldados y unidos en el arco continuo (Fig. 32).

Se comenzó por los arcos en voladizo de los cilindros pequeños por ser los más apartados

del interior del recinto y no estorbar en el izado de los interiores (Fig. 33) Posteriormente se hizo lo mismo con los interiores, montados en dos tramos (Fig. 34).

En la Fig. 35 se ve el estado definitivo una vez repasadas estas uniones. Un paseo por los arcos instalados puede verse en la Fig. 36

Se repitió la operación en el extremo sur y el conjunto puede verse en la Fig. 37

Los arcos de borde de las caras principales fue lo último que se montó, después incluso que parte de la malla para que no interfirieran en el izado de ésta; de hecho, ni siquiera se llevaron a obra hasta ese momento para no representar un estorbo en el suelo.

4.3. Montaje de la malla

Al igual que se cambió la distribución de apeos también se alteró el orden de montaje aunque se respetó básicamente el terminar las zonas de voladizo antes de comenzar con la central. Se comenzó, como estaba previsto, con la zona de los puños, cuyas piezas especiales se habían instalado en su posición definitiva y se confeccionaron los

Fig. 29. Llegada de los cajones a la obra.



Fig. 31. Posicionamiento de los tramos sobre las torres de apeo.



Fig. 30. Soldadura de dos tramos de cajón en el suelo.

tramos de malla correspondientes (Figs. 38 a 41). A continuación se procedió a colocar un tramo de celosía principal, la más exterior y, por tanto, la más larga. Ésta se construyó en el exterior del velódromo para ser llevada con grúas a su posición definitiva (Figs. 42 y 43).

Colocada la celosía principal que no podía construirse en el interior por su tamaño y la



Fig. 32. Imagen en que se muestran simultáneamente arcos instalados, arcos soldados en el suelo y arcos traídos con camiones.



Fig. 33. Montaje de los arcos interiores.



Fig. 34. Holguras en uniones a soportes y entre cajones a completar con pletinas y soldadura.

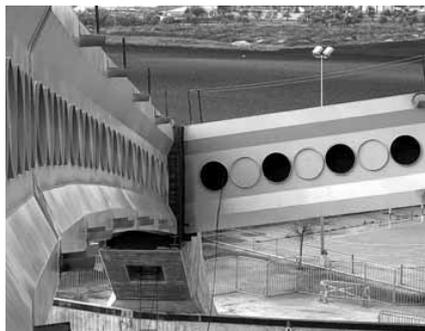


Fig. 35. Uniones terminadas.



Fig. 36. Paseo y vistas desde el interior de los arcos instalados.



Fig. 37. Proceso completo de instalación de los arcos norte y sur.



Fig. 38. Confección de los tramos de los puños en el terreno.



Fig. 39. Izado de los mismos.



Fig. 40. Posicionamiento de la malla.





Fig. 41. Aspecto final de la malla terminada.



Fig. 42. Izado de la celosía principal.



Fig. 43. Traslado de la celosía principal.



Fig. 44. Detalle de esta soldadura.



Fig. 45. Montaje de los cajones de borde.



Fig. 46. Montaje del cajón de borde frontal.

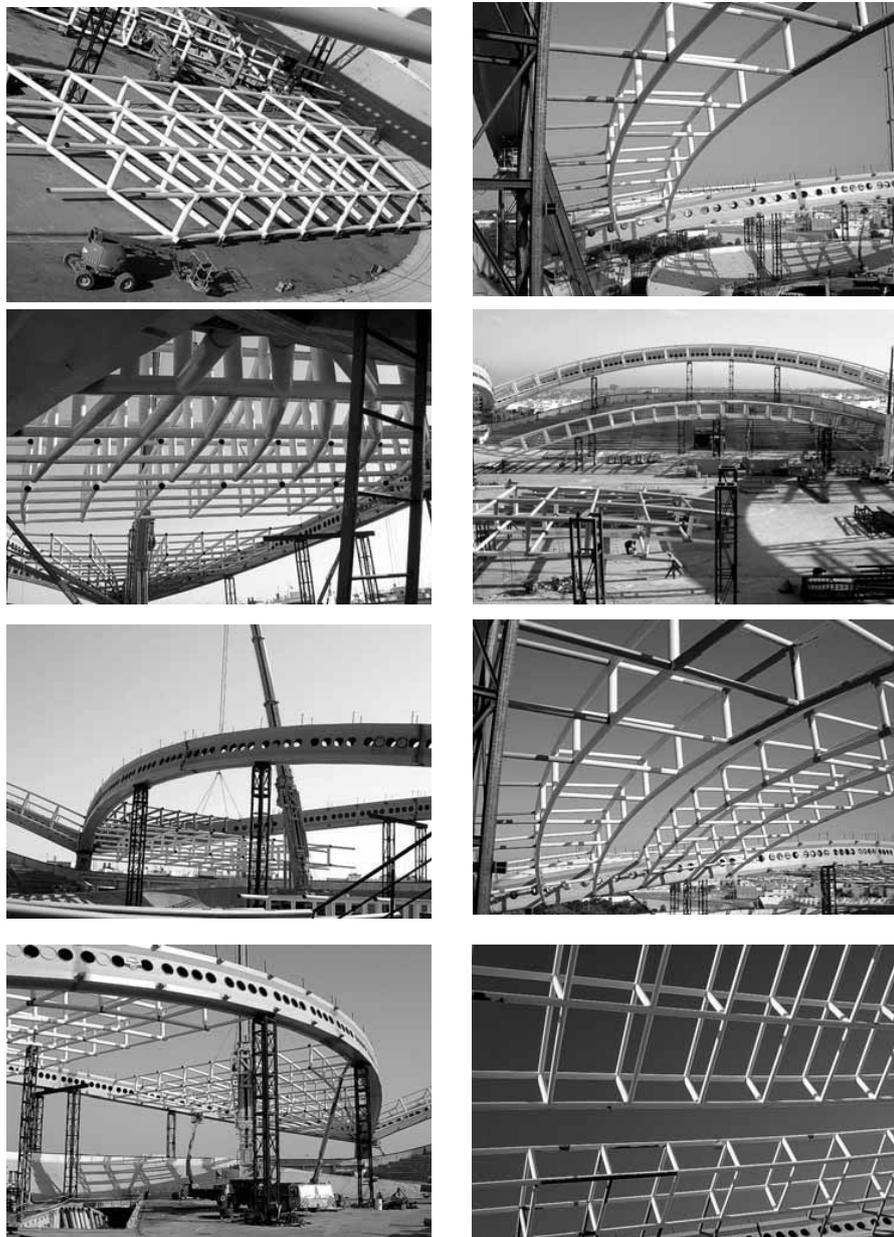


Fig. 47. Relleno de la celosía de los voladizos.

Fig. 48. Relleno de la celosía de la zona central.

falta de espacio, soldándola a los cajones interiores para poder retirar las grúas (Fig. 44), ya podíamos comenzar a montar los cajones de borde (Figs. 45 y 46).

En la Fig. 47 se ven imágenes del relleno de la celosía del voladizo y en la Fig. 48 del relleno de la celosía central hasta completar la malla completa (Fig. 49).

A partir de este momento sólo quedaba colocar la cubierta. Se optó por una doble capa de chapa con fibra de vidrio en el interior y la cara interior perforada para mejorar las condiciones acústicas. También se colocó

un panel de policarbonato en la parte central para proporcionar iluminación natural.

La Fig. 50 muestra el efecto translúcido que crea esta chapa perforada.

A continuación se colocó la chapa lacada de terminación con una manta de fibra de vidrio intermedia, para aislante térmico y como absorbente acústico hasta completar la cubierta (Fig. 51).

En la Fig. 52 se muestra el avance de la línea de sombra de la primera chapa en contraste con la claridad absoluta de la zona de lucer-

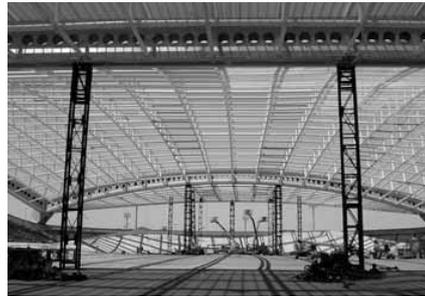
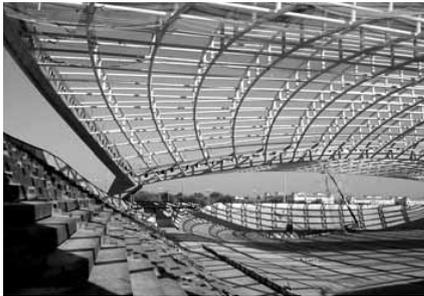


Fig. 49. Terminación del montaje de la celosía.



Fig. 50. Zona de voladizos con la primera chapa instalada.



Fig. 51. Superficie exterior terminada.



Fig. 52. Avance de la colocación de la cubierta.

Fig. 53. Vista interior del recinto antes de la colocación de chapas.



Fig. 54. Vista interior con la cubierta totalmente terminada.



Fig. 55. Vista parcial con sólo la primera chapa.



Fig. 56. Vista parcial con la cubierta terminada.

Fig. 57. Un paseo por la cubierta terminada junto al lucernario central.



nario central y de la oscuridad completa de la cubierta acabada.

En las Figs. 53 y 54 se ven dos panorámicas completas del interior, una, sin la chapa instalada, y la otra, totalmente terminada.



Fig. 58. Preparación del desapeo de un puntal.



Fig. 59. Manejo de los gatos para el desapeo.

En las Figs. 55 y 56 se ve lo mismo parcialmente.

En la Fig. 57 se puede apreciar un paseo por la cubierta.

Entretanto habíamos desapeado la estructura mediante el sencillo procedimiento de colocar unos gatos debajo de cada torre soporte y cortar las patas del mismo. De este modo

calculamos que si el descenso iba a ser del orden de 15 cm en el punto más desfavorable, lo máximo que íbamos a cortar eran 20. La empresa montadora puso un sano interés en la recuperación de estos elementos de trabajo para obras posteriores. (Figs. 58 y 59).

A continuación mostramos una secuencia que ilustra todo el proceso descrito en el capítulo (Fig. 60).



Fig. 60. Secuencia de montaje vista desde el exterior.

En las Figs. 61 y 62 se muestran dos vistas singulares desde el interior.

En la Fig. 63. se ve la escalerilla que sirve para acceder a la cubierta desde los cajones.



Fig. 61. Vista hacia un soporte.

Fig. 62. Vista inferior del cajón interior.

5. DISEÑO DEL CERRAMIENTO LATERAL

Se trataba de proyectar un cerramiento ligero que completara la cubierta de tal modo que no diera aspecto de edificio masivo y



Fig. 63. Acceso a la cubierta por una escotilla desde el centro de los cajones.



compacto permitiera la protección de los espacios e instalaciones interiores frente a las inclemencias atmosféricas.

La razón de ello es que en ese momento la lluvia penetraba hacia el interior mojando gradas y pista. Además el viento empeoraba los resultados de las pruebas ciclistas por lo que la pista no podía homologarse.

Propusimos para solucionar estos problemas un paramento textil que tuviera resistencia, durabilidad y buena apariencia. Queríamos que el hecho de cerrar el edificio no quitara liviandad a la cubierta soportada por sólo cuatro puntos. De modo que intentamos conseguir que ningún elemento resistente se vinculara de una forma clara a la estructura actual, salvo que fuera para colgarse de ella.

Pero las superficies textiles, para que funcionen correctamente deben pretensarse con fuertes tensiones. De lo contrario oscilan con el viento y se parten con facilidad, aparte del peligro que representan. Estos esfuerzos gravitan sobre una cubierta que, al menos en los voladizos, está calculada en el límite y no puede absorberlos. Propusimos, por tanto, una forma de autotensión por la que los esfuerzos introducidos se contrarrestaban dando lugar a esfuerzos nulos (Figs. 64 y 65).

Por otra parte, este textil, complementado con los tensores metálicos es muy fácil de construir y de montar y, además, es muy fácil de reparar puesto que viene a obra por paños independientes.

La propuesta de cerramiento que se hicimos es la de una serie de paraboloides hiperbólicos conectados por sus aristas rectas que van siguiendo el contorno del borde superior y el inferior. Cada uno de ellos va a tener una superficie aproximada de $5 \times 10 \text{ m}^2$, lo que significa superficies razonables frente a esfuerzos de viento.

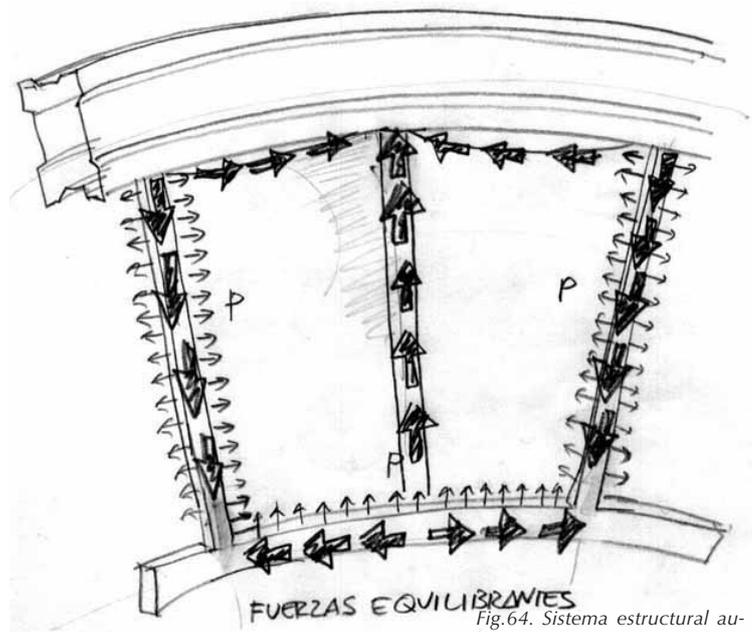


Fig. 64. Sistema estructural autotensado.

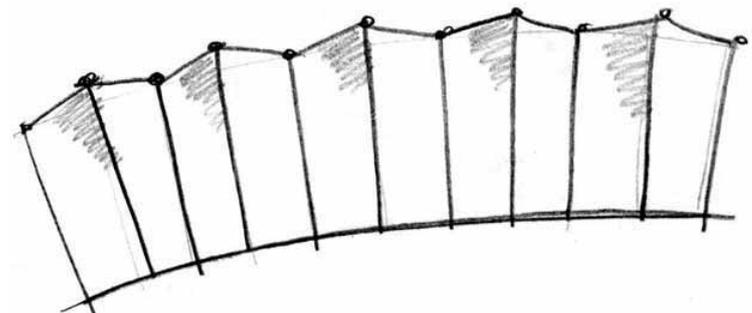


Fig. 65. Elementos que componen el conjunto.

Uno de los aspectos que más cuidamos fue que, al igual que la cubierta existente el cerramiento no tocara los paramentos, y, por tanto, quedara flotando. El anillo de borde estaba separado de la pared, como mínimo, 50 cm, dando, por consiguiente, la sensación de que dependía de la cubierta y no del resto de la estructura. Con ello obtuvimos una forma que se ilustra en la Fig. 66 a y b, en

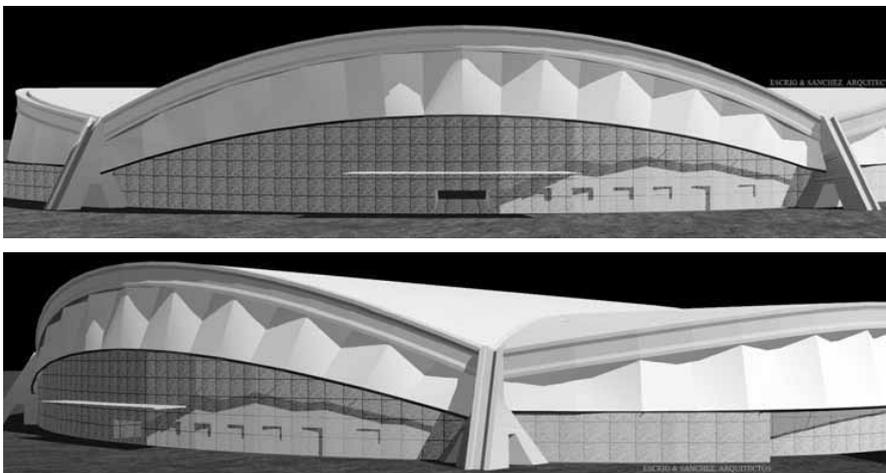


Fig. 66 a y b. Infografías de la propuesta.

donde se aprecia que el tubo inferior recorre los noventa metros entre soportes sin tocar

el cerramiento. En las Figs. 67 a y b y 68, se aprecian los resultados de este montaje.



Fig. 67 a y b. Vistas exterior e interior del cerramiento terminado.



Fig. 68. Vista del conjunto completamente terminado.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) ANSYS v. 6.0 Ansys Inc. Software.
- (2) Barnes, Michael; Dickson, Michael "Widespan. Roof Structures" Thomas Telford Publishing. London. 2000."
- (3) Buchert, Kenneth P. "Buckling of Shell & Shell like Structures" K. P. Buchert & Associates. 1973.
- (4) Capilla, I.; Ramos, F.; J.I. Sánchez. "Sevilla 1995-2005. Arquitectura de una década" Fidas. Sevilla 2006.
- (5) Chilton, John "Space Grid Structures" Architectural Press. 2000.
- (6) Cremer, L., Müller, H.A. y Schultz, T.J. (1982). Principles and applications of room acoustics. Volumen 1. Londres: Applied Science Publishers, pp. 610-627.
- (7) Eekhout Mick. "Las estructuras Tubulares en la Arquitectura" CIDECT. Construcción con Perfiles tubulares de Acero. Ginebra, 1998.
- (8) Escrig, F.; Sánchez, J. "Cubiertas para instalaciones Deportivas" STARBOOKS. Sevilla 2003. ISBN 84-88988-49-4. 130 pp. (L)"
- (9) Escrig, F.; Sánchez, J. "A New Roof Grid to Cover a Large Area: The Vierendeel Solution" International Journal of Space Structures- Vol. 19, nº 3 2004 ISSN: 0266-3511, pp. 177-194.
- (10) Escrig, F. «Pandeo de Estructuras» Publicaciones de la Universidad de Sevilla. 1986.
- (11) Escrig, F., Sánchez, J.: Theory, design and realization of shell and spatial structures 'great space curved structures with rigid joints'. Coords./Eds.
- (12) Escrig, F., Sánchez, J., Vázquez, E.: The Analysis of a Great Roof and the Design Criteria. Tubular Structures X. Lisse, Holanda. Balkema Publisher. Vol. 1, pp. 85-94. ISBN: 90-5809-552-5 (CL).
- (13) Escrig, F., Sánchez, J.: An Oval Design. A New Proposal and a New Methodology. Tubular Structures X. Lisse, Holanda. Balkema Publisher. Vol. 1, pp. 75-84. ISBN: 90-5809-552-5.
- (14) Escrig, F.; Sánchez, J.: "Diseño y análisis de una gran cubierta y criterios de diseño" Informes de la Construcción. CSIC. Vol. 55 nº 490 marzo/abril 2004. ISSN0020-0883 pp. 49-61".
- (15) Escrig, F., Sánchez, J.: "Great Space Curved Structures with rigid joints". Theory, Design and Realization of Shell and Spatial Structures. IASS. Nagoya 2000.
- (16) Escrig, F., Sánchez, J., Pérez Valcarce, J.: "The Roman Oval". Fifth International Conference on Space Structures. Univ of Surrey. UK. Thomas Telford. 2002.

- (17) Eurocode 1: «Basis of Design and Actions on Structures. Part 2-4: Action on Structures: Wind Actions» 1995.
- (18) H. Kunieda: TP130, 10 Páginas. IASS EN FORMATO CD. 2001.
- (19) Hougast, T., Steeneken, H. J. M. (1985): A review of the MTF concept in room acoustics and its use for estimating speech intelligibility in auditoria. The Journal of the Acoustical Society of America, 77 (3), p.p. 1069-1077.
- (20) ICT: "Cubierta para el Velódromo de Dos Hermanas (Sevilla) Construber. Boletín Informativo nº 8, 2007. pp. 4-9.
- (21) Ishii, Kazuo: "Membrane Structures in Japan" SPS Publishing Company. 1995.
- (22) Ishii, Kazuo: "Membrane Structures in the World" Shinkemchiku-sha Publishing Company. Tokyo 1999.
- (23) Ishii, Kazuo: "Structural Design of Retractable Roof Structures" WIT Press. 2000.
- (24) Meseguer, J.: «Aerodinámica de Instalaciones Aeroportuarias». Fundación Aena. 2000.
- (25) NBE Norma Básica de la Edificación: "AE-88. Acciones en la edificación" Ministerio de Fomento. Madrid. 1988.
- (26) Norma ISO R 1996.
- (27) Plazola Cisneros, A.: "Arquitectura Deportiva. Juegos y Deportes" Ed Limusa-Wiley. S. A., México. 1969.
- (28) Rondal, J. et al.: "Estabilidad Estructural de Perfiles tubulares" CIDECT. Construcción con Perfiles tubulares de Acero. Verlag TÜV Rheinland. Köln 1996.
- (29) Saitoh, M.: "Space for Gathering. Design and Thechnology of Dome" ISBN4-88910-089-X (en japonés), 1999.
- (30) SAP2000. Integrated Software for Structural Analysis and Design" Computer and Structures Inc. Berkeley.
- (31) Tissier, M. et al.: "Construir con perfiles tubulares de acero" CIDECT. Construcción con Perfiles tubulares de Acero. Altos Hornos de Vizcaya, 1988.
- (32) Wardenier, J. et al.: "Guía de diseño para nudos de perfiles tubulares circulares (CHS) bajo cargas predominantemente estáticas" CIDECT. Construcción con Perfiles tubulares de Acero. Verlag TÜV Rheinland. Köln, 1996.

NOTA

Para ampliar la información sobre el "Proyecto de cubierta del velódromo de Dos Hermanas", de los mismos autores, consultar el nº 248 de la Revista Hormigón y Acero. ACHE

* * *



CONSTRUIR CON MADERA

Un proyecto que comienza....

Para más información dirigirse a:
info@construirconmadera.org

