

**DETAIL – Revista de Arquitectura**

2005 □ 9 · Estadios

**Resumen español**Traducción:  
María Gómez Fernández-Layos  
E-Mail: maria.gomez@t-online.de

Encontrará un avance con imágenes de todos los proyectos en:

<http://www.detail.de/Archiv/De/HoleHeft/162/ErgebnisHeft>

**Página 916****La composición de los estadios**

Stefan Nixdorf

La palabra estadio (de origen griego) designa una unidad de longitud de la antigüedad que correspondía según la región a entre 177 y 192 metros. Toda la instalación deportiva se refería a esta unidad, que también determinaba las dimensiones de la pista de carreras y las gradas para los espectadores. El estadio alargado con remate semicircular era sobre todo un lugar de carreras (una longitud = 1 estadio), que más tarde también se utilizó para la práctica de otros deportes. La tipología moderna de un lugar multifuncional de encuentros, también concebida para celebrar conciertos y otros muchos eventos (desde representaciones de ópera hasta carreras de MotoCross), intenta reunir los más diversos usos bajo un mismo techo.

*Radiotelevisión*

En 1937, la BBC realizó la primera retransmisión televisiva de un encuentro futbolístico en directo, un partido del Arsenal London contra el Manchester United, que supuso un cambio radical en el mundo del deporte. El acontecimiento deportivo ya no sólo tiene lugar en el campo de juego, sino también en el salón de cada casa, lo que repercute en la organización y el equipamiento técnico de los estadios: los proyectores de luz cobran mayor importancia; las emisoras de TV necesitan espacios para ubicar sus instalaciones de retransmisión; los comentaristas deportivos observan los partidos desde los mejores emplazamientos de la tribuna principal; los espacios destinados al trabajo de los medios de comunicación, sólo accesibles para personas acreditadas, facilitan el intercambio directo y rápido de informaciones y en la mixed zone, con áreas de entrevistas rápidas, tiene lugar el encuentro de reporteros y deportistas.

*Palcos y zonas reservadas*

Las instalaciones deportivas actuales cuentan con gran proporción de espacios en alquiler, que suelen ser ocupados por espec-

tadores VIP. Espacios independientes de entre 30 y 50 m<sup>2</sup> pueden ser alquilados durante un largo periodo de tiempo y son accesibles en todo momento, aun cuando no hay partido. Estos espacios, que suelen ofrecer amplias vistas sobre el estadio, están equipados con una mesa de reuniones y un aparador para la oferta gastronómica, bar, guardarropa, trastero y aseo. Las butacas se disponen directamente delante del palco para disfrutar de la experiencia acústica del encuentro en vivo. Dependiendo del concepto de gestión, el equipamiento interior de los palcos se puede adaptar a las exigencias individuales de sus ocupantes.

*Concepto gastronómico*

Las zonas gastronómicas se encuentran divididas en tres grupos, dependiendo de la estructura de los espectadores:

- Quiosco o tienda para espectadores que vienen para ver un acontecimiento concreto
- Restaurante para espectadores que vienen independientemente de los eventos que se celebren
- Palco VIP para empresarios que vienen todo el año, independientemente o no de los partidos

Los quioscos distribuidos en las zonas de espectadores ofrecen bebidas y tentempiés durante las pausas de los partidos. Para ello se precisa una superficie de unos 35–45 m<sup>2</sup>. Los almacenes principales se hallan cerca de la zona de suministro, desde donde se equipan los quioscos antes de cada evento. Las bebidas se bombean directamente a los puntos de venta desde un almacén refrigerador, a través de un sistema de tuberías. Un restaurante completa la oferta gastronómica del estadio durante todo el año. Los conceptos de gestión suelen incluir además restaurantes temáticos. En la mayoría de las ocasiones, estas zonas sólo son accesibles desde el exterior por razones de seguridad, impidiendo así el tránsito directo al estadio.

*Sistema de pago*

Las máquinas de acceso electrónicas con

sistemas lectores de tarjeta forman parte del equipamiento estándar de los estadios modernos. Para el Mundial de Fútbol que se celebrará en Alemania en el año 2006, estas instalaciones forman parte del catálogo de exigencias del comité organizador de la FIFA. El sistema electrónico de entradas registra el momento y el lugar de acceso, ofreciendo al espectador la posibilidad de pago con tarjeta de comida y bebida. De esta manera se agiliza la venta, al tiempo que se recaba información sobre el comportamiento de los consumidores.

*Museo y tienda de aficionados*

Las empresas gestoras buscan ofertas con las que atraer a visitantes durante toda la semana. Las tiendas de aficionados venden artículos de merchandising, como bufandas, camisetas y banderas, aunque también suele haber tiendas de menor tamaño en los sectores de espectadores, que sólo se abren durante los partidos. Además, muchos estadios cuentan con museos que documentan la historia de los respectivos clubes y abren también cuando no hay partido. Presidencia y gestión del estadio La variedad de usos y la consecuente complejidad de funcionamiento de un estadio dan lugar a una mayor demanda de oficinas para su gestión. El club deportivo, como usuario principal, así como la sociedad gestora no sólo buscan la proximidad del estadio como razón social y punto de referencia, sino que persiguen el contacto directo con el objeto comercializado. Algo similar ocurre con la central de policía, cuerpo de bomberos, servicios de ambulancia y vigilancia.

*Seguridad*

Los aspectos de seguridad disfrutan de máxima prioridad al proyectar un edificio de eventos públicos. Entre ellos se encuentran las medidas que contribuyen al transcurso seguro de los partidos. Según las FIFA Safety Guidelines, todo estadio debería contar con cuatro sectores diferenciados. Siempre que el concepto de distribución no lo haga posible, se precisarán vallas de separación con una altura de 2,50 metros. Ya en la fase de anteproyecto, se sientan las bases para

la seguridad del edificio mediante la disposición de niveles y la elección de un sistema de distribución vertical. En un acontecimiento emocional, como es un partido de fútbol, también es importante la protección de jugadores y árbitros. La protección del borde del campo de juego tiene importantes consecuencias geométricas sobre las gradas y sus líneas visuales. En principio, cabe destacar cuatro posibilidades:

- una valla de 2,20 metros de altura (valla metálica o vidrio laminado de seguridad)
- una fosa o combinación de valla y fosa
- la elevación de la primera fila de asientos de 2,50 m
- la vigilancia del espacio interior por un elevado número de personal de seguridad

#### *Perfiles de líneas visuales*

Los espectadores acuden al estadio para disfrutar de un partido en vivo y en directo. Por esa razón, una vista sin obstáculos al campo de juego es algo primordial para arquitectos y proyectistas. La altura determinante sobre la que ha de poder mirar el espectador es la banda de publicidad tradicional de 90 cm, que circunda el campo de juego a una distancia de cuatro metros de la línea exterior del mismo. La distancia mínima entre la grada inferior y el campo de juego es de 6 metros desde las líneas de toque y 7,50 metros desde las líneas de meta. Cuanto mayor sea la distancia de la primera fila respecto al campo de juego, mejor será la vista: las líneas visuales son menos inclinadas y resulta más fácil mirar por encima del espectador que se encuentra delante. Por otra parte, esto contrarresta todo esfuerzo de llevar el público lo más cerca posible al campo de juego para crear mayor tensión en el ambiente. Cuanto más próxima se encuentre la primera fila de asientos, más difícil resultará proporcionar líneas visuales libres, sobre todo en grandes estadios con dos o tres gradas. También los espectadores de las últimas filas han de disfrutar de buena vista. A continuación se indican algunas medidas referenciales: la frente humana mide unos 12 cm desde los ojos hasta la coronilla. Eso significa que, en el caso ideal, el espectador trasero se ha de encontrar a una altura 12 cm mayor, para poder mirar en horizontal por encima de la persona que tiene delante. Generalmente, se recomienda una medida reducida de 9 cm. La exigencia de la FIFA de 40 cm de profundidad de asiento y 40 cm de anchura de paso tiene por consecuencia peldaños de asiento de 57/80 cm. Teniendo en cuenta que las gradas no deberían ser más inclinadas, el perfil de líneas visuales en las filas superiores, en las que el espectador ha de mirar en un ángulo muy inclinado hacia abajo, roza sus límites.

#### *Distribución de gradas*

Debido a su aforo, la mayoría de los estadios son concebidos como estadios de dos gradas y cuentan con dos niveles principa-

les de distribución. La altura de estos niveles depende del principio de distribución de las gradas, siendo posibles dos variantes:

- las puertas de acceso se encuentran en el interior de las gradas, formando bocas de acceso
- se accede a las gradas desde el nivel superior, desde donde se baja hacia los asientos.

Esta última variante es la más eficiente, ya que no se ha de prescindir de asientos, si bien implica que todas las personas han de acceder primero al nivel superior a través de escaleras o rampas. Este nivel se suele encontrar entre la grada superior y la inferior, y se corresponde con el salto de altura entre ambas. En muchos estadios de los años 70, los espectadores eran conducidos sobre un terraplén alrededor del estadio, ascendiendo a la altura necesaria. Este sistema de distribución aún se sigue utilizando hoy día.

#### *Zonas de espectadores*

Los caminos de los distintos usuarios no se deberían cruzar. Periodistas de prensa y medios, espectadores VIP, así como los aficionados del equipo invitado y del equipo anfitrión necesitan accesos separados a sus respectivas zonas. La distribución vertical tiene lugar a través de torres de escalera. En caso de emergencia, estas torres permiten una rápida evacuación. Los niveles de estancia y las zonas de distribución generalmente están formados como galerías abiertas circundantes, situadas por debajo de las gradas y permiten la vista libre hacia el exterior. Quioscos y aseos se suelen encontrar en la zona de la cuña, bajo las gradas.

#### *Orientación del campo de juego*

En el hemisferio norte de nuestro planeta, la orientación ideal del campo de juego es una disposición norte-sur, con un giro de 15° hacia occidente. De esta manera, ninguno de los dos porteros sufrirá deslumbramientos por el sol en los partidos que se celebren por la tarde. Las butacas más caras se encuentran sobre todo al oeste, donde los espectadores no encaran un sol de baja incidencia. Esto también explica la situación tradicional de la tribuna principal en este lado.

#### *Zona de jugadores*

Las zonas de jugadores se encuentran tradicionalmente en la tribuna principal, donde también se hallan los espacios para medios y las zonas VIP. Eso significa que las funciones se han de organizar sin cruces en una parte de la tribuna. Con frecuencia, las funciones se superponen al conectar la zona de jugadores al campo de juego a través de un túnel. Los equipos pasan por la mixed zone, el punto de encuentro organizado de prensa y deportistas, desde donde acceden a sus respectivos vestuarios, equipados con una pizarra de táctica, televisión y zonas de masaje, espacios sanitarios y sauna con

piscina de relajación. Aquí también se disponen zonas de asistencia médica, una sala de control de dopaje y habitaciones para árbitros y entrenadores.

#### *Aforo*

Las exigencias para la construcción de un estadio de fútbol moderno atienden a la capacidad mínima requerida para la celebración de grandes competiciones: según la FIFA, se precisan 40000 asientos para partidos de grupo, octavos y cuartos de final, así como 60000 asientos para los partidos de apertura, semifinal y final (sin contar prensa/VIP). Además del cuaderno de exigencias de la FIFA, también se han de observar las recomendaciones técnicas que contienen indicaciones exactas para todas las zonas del estadio e incluyen el equipamiento de determinados espacios. Sin embargo, no se tiene en cuenta el concepto global - multifuncional o monofuncional -. Sólo se persigue el perfecto desarrollo del encuentro futbolístico. La UEFA trabaja con la noción de estadio de cinco estrellas, la clasificación más alta para un estadio de fútbol europeo. También aquí se han de cumplir numerosos criterios de capacidad, equipamiento espacial, señalización y acceso de infraestructuras. Si un estadio cuenta con aforo para menos de 50000 espectadores pero más de 30000, aún puede recibir cuatro estrellas, siempre que se cumplan los criterios restantes.

Desarrollo de la construcción de estadios  
Los estadios han emprendido el paso hacia la comercialización total, si bien el deporte sigue siendo su razón de ser. Su desarrollo los ha convertido en centros multifuncionales de espectáculos, que concentran bajo un mismo techo deporte, cultura, gastronomía, hoteles con salas de conferencias, oficinas y otros muchos usos complementarios. Los nuevos conceptos se dirigen cada vez más a toda la familia, que va de compras antes del partido y se queda después para cenar.

#### **Página 926**

#### **Estadio RheinEnergie de Colonia**

El nuevo estadio de Colonia es la tercera construcción erigida desde 1923 en el centro del histórico complejo deportivo, al oeste de la ciudad. Para guardar la estructura del parque se optó por un volumen compacto - como en un clásico estadio inglés - con cuatro gradas ortogonales que flanquean el campo de juego. Una estructura, igualmente ortogonal y de clara construcción de piezas prefabricadas de hormigón armado, porta los elementos de hormigón prefabricado de las gradas. Esta trama permite integrar todas las funciones adicionales con unidades abiertas o cerradas, según el nivel de confort. Así, la construcción puede responder

de manera flexible y económica a futuros desarrollos.

La característica principal del concepto fue el derribo y nueva construcción por fases, garantizando el funcionamiento del estadio en todo momento. Las cuatro gradas independientes fueron levantadas en cuatro fases distintas de construcción, paralelamente al cerramiento por etapas de su cubierta. La construcción suspendida se extiende desde cuatro torres de acero con una altura de 60 m, ubicadas en las esquinas del estadio, que se convierten en cuerpos luminosos al llegar la noche. La cubierta se halla protegida por una chapa grecada en las zonas exteriores y de policarbonato transparente en el interior, permitiendo que llegue suficiente luz al césped.

Los espectadores acceden al estadio a través de las entradas en las cuatros esquinas, desde donde llegan a una zona de circulación en la planta baja. La trama de apoyos exteriores integra los distribuidores verticales como escaleras abiertas, aunque protegidas de la lluvia. El acceso a las zonas VIP, situadas en la tribuna principal oeste, tiene lugar a través de un distribuidor propio, donde las zonas de estancia y de circulación cuentan con acristalamiento de altura de planta. Dicha tribuna principal también alberga los puestos para la prensa y los comentaristas deportivos, además de los correspondientes espacios de trabajo para los medios de comunicación y la zona de los jugadores, con acceso subterráneo directo y plazas de aparcamiento privadas.

Plano de situación  
Escala 1:12500

Planta nivel +1  
Planta nivel +3  
Sección  
Escala 1:2500

- 1 Acceso principal desde el norte
- 2 Galería porticada de ladrillo recocido (1923), museo
- 3 Tienda para aficionados
- 4 Ventana del estadio
- 5 Acceso para espectadores
- 6 Acceso VIP/distribuidor
- 7 Acceso de vehículos/ventilación transversal
- 8 Salas VIP
- 9 Businesslounge
- 10 Restaurante
- 11 Oficinas

## Página 928

### Estadio multifuncional en Sapporo

Sapporo, capital del norte de Japón con una población de 1,8 millones de habitantes, acogió los Juegos Olímpicos de Invierno en 1972 y fue una de las diez ciudades encargadas de celebrar la Copa Mundial de Fútbol de 2002. Por esta razón, se pensó en la construcción de un estadio que pudiera ser utilizado en cualquier época del año, gracias a un exclusivo concepto que combina un estadio al aire libre y otro cubierto, con un césped fácilmente renovable y ade-

cuado para los usos más diversos. El estadio cubierto por un domo, con filas de asientos mecánicamente desplazables y una superficie de césped deslizante, que puede ser sacada al sol para favorecer su crecimiento, no sólo es lugar de eventos deportivos profesionales sino también de exposiciones, ferias, conciertos de pop y otros actos multitudinarios. Esa versatilidad convierte al estadio en un modelo de alta rentabilidad económica. Para su diseño se convocó un concurso internacional del que resultó premiado el estudio de Hiroshi Hara por su "doble estadio" en forma de ocho. Ambos círculos tienen un radio de 72,20 metros. En el interior, las filas de asientos forman gradas, mientras que el campo al aire libre está circundado por pendientes de césped que hacen de asiento. Las frecuentes nevadas en la región no hacían factible la construcción de una cubierta practicable y móvil, por lo que el arquitecto decidió mover el campo de juego, en su lugar. El desafío que marcó el proyecto, también se derivaba de la necesidad de exponer el césped del campo de fútbol al clima exterior. Mientras que la hierba permanece protegida de la nieve en la temporada de invierno, en primavera, cuando la nieve y el hielo se funden, unos serpentines hundidos en el terreno evitan que se formen heladas. Un sistema móvil especialmente diseñado con 34 ruedas eléctricas se desliza mediante un sistema de colchones de aire a presión, que se eleva unos 7,5 cm. De esta manera se puede mover el campo de juego de 8300 toneladas, 85 metros de ancho y 120 metros de largo con césped natural, transportándolo al exterior a través de un portón de 90 metros de ancho. Su velocidad de desplazamiento es de cuatro metros por minuto. El proceso de transformación, que lleva al campo de béisbol a convertirse en un campo de fútbol, se desarrolla en sólo cinco horas; en este tiempo se enrollará el césped artificial del campo de béisbol y se abrirá el portón. Las tribunas desaparecen entonces a modo de cajones bajo las gradas laterales. El campo de juego al aire libre se desliza bajo la parte cubierta del estadio, donde se gira 90°, bajando sobre el terreno. El portón se cierra y las tribunas vuelven a su lugar. El estadio cuenta con aforo para 42800 espectadores en caso de un partido fútbol. Gracias a la rotación del campo, el público tiene la sensación de estar siempre cerca de la acción - tanto en los partidos de béisbol como en los de fútbol -. El volumen plateado de 230 metros de longitud y 220 metros de anchura recuerda a una gigantesca concha. Sobre el gran portón se halla un restaurante, desde donde se disfruta de vistas al campo de juego dentro del estadio y al parque exterior que lo circunda. El complejo Garden of Sports abarca 31 hectáreas. Junto al campo de fútbol deslizante hay dos estadios más en el parque, uno con césped natural y otro con césped artificial. El césped deslizante del campo de fútbol se halla

la mayor parte de tiempo fuera del estadio, por lo que su estado es inmejorable. La cubierta del estadio es de metal brillante y parece una seta futurista a las afueras de la ciudad. Unas escaleras mecánicas conducen hasta un mirador sobre la cubierta del estadio, desde donde se alcanza a ver buena parte de Sapporo. En días con buena visibilidad incluso se llega a divisar Ishikara, a unos 22 km de distancia.

Plano de situación  
Escala 1:8000

Planta  
Sección, alzado  
Escala 1:4000

- 1 Portón norte
- 2 Portón sur
- 3 Portón oeste
- 4 Vestíbulo de entrada
- 5 Campo de fútbol
- 6 Café
- 7 Galería

Filas de asientos móviles delante del gran portón hacia el este. Las tribunas encajables pueden desaparecer completamente debajo de gradas laterales.

Dibujos esquemáticos:

La conversión del estadio de béisbol en campo de fútbol tiene lugar en sólo cinco horas.

## Página 932

### Estadio Olímpico de Berlín

*von Gerkan, Marg & Partner, Berlín*

El Mundial de Fútbol de 2006 vuelve a poner el Estadio Olímpico de Berlín en el punto de mira internacional. Hace ya 70 años que este estadio se hizo famoso, cuando el régimen nazi lo eligió como escenario para el gigantesco espectáculo propagandístico de las XI Olimpiadas.

Tras varios años de remodelación, el moderno estadio conjuga las exigencias de multifuncionalidad con el uso futbolístico, sin desatender los importantes aspectos de conservación de monumentos históricos. La intervención clave viene marcada por la nueva cubierta, que no sólo incide en la impresión del espacio interior, sino que además transforma el carácter de todo el complejo. Con una apertura al campanario, la cubierta respeta las relaciones y los ejes del histórico conjunto, si bien la construcción ligera también alivia el carácter pesado sugerido por la piedra de la antigua construcción, tras la que se oculta una estructura de hormigón armado, increíblemente moderna para el año 1936. Hacia el interior del estadio, la cubierta se muestra lisa y cerrada, todas las funciones secundarias se hallan integradas en la gran forma. No obstante, la clara estructura queda legible a través de la membrana translúcida. Desde el exterior, ésta parece una fina línea que se superpone a la construcción existente, mejorando sus

proporciones. Puede que algunos aficionados lamenten la presencia de los esbeltos apoyos en las gradas superiores, pero sólo así fue posible realizar la apertura hacia la puerta de maratón y garantizar la continuidad de uso del estadio durante las obras.

**Página 938**

**Diseño multifuncional en un monumento protegido**

*Hubert Nienhoff*

En la reconstrucción del Estadio Olímpico de Berlín, elemento central del histórico complejo deportivo de las olimpiadas celebradas en 1936, las exigencias de las autoridades de protección de monumentos históricos se enfrentaban al afán de modernización, conjugando un uso multifuncional y un estadio meramente futbolístico. El recinto proyectado por Werner March en los años 30 como Gesamtkunstwerk, con ejes visuales dominantes de clara formulación constructiva, ha sido conservado como monumento urbanístico. El nuevo proyecto concibe el estadio como parte central del conjunto paisajístico-urbano que conforma y subraya las cualidades de la antigua construcción, supeditándose a ella. Todas las construcciones adicionales necesarias han sido llevadas a cabo bajo rasante, fuera del estado, manteniendo intacto su aspecto exterior.

La rehabilitación y reforma del estadio abarcaron, entre otros, los siguientes puntos:  
o Saneamiento de la piedra natural que reviste fachadas y pilares  
o Estudio de lesiones, saneamiento y re-

construcción del anillo superior de las gradas

- Reconstrucción del anillo inferior
- Descenso del campo de juego 2,65 m
- Construcción de una nueva cubierta de tribunas, incluyendo un concepto de iluminación y sonido moderno
- Modernización de todos los equipamientos técnicos, funcionales y deportivos, así como de las zonas destinadas a los medios de comunicación
- Construcción de palcos y salas VIP
- Construcción de nuevas áreas funcionales y de acceso bajo rasante, como un garaje subterráneo de dos plantas con cerca de 630 plazas, zonas de estacionamiento para camiones y buses, túneles de acceso, centrales de instalaciones, unidades de suministro, una zona de precalentamiento con una pista de 100 m y fosas de salto, así como zonas de acceso VIP.

En los trabajos de saneamiento de la piedra natural que reviste fachadas y pilares, de piedra caliza conchifera y travertino de Gauing, se ha concedido prioridad máxima a la conservación de la construcción existente. Antes del desmontaje, se realizaron pruebas específicas con la localización y el registro detallado de cada una de las piedras desmontadas, con el fin de poder reproducir fielmente el dibujo de las juntas y aspecto original de la construcción. Pese a la impresión exterior masiva de la construcción, que correspondía al claro deseo político de 1936 de retomar la tradición constructiva pétreo de la antigüedad, el estadio reposa sobre una construcción ligera de hormigón armado. La estructura de la grada superior, con excepción de la tribuna de honor, fue completamente conservada. La gra-

da inferior, cuya reconstrucción apenas hubiera resultado financiable, fue sustituida por una construcción moderna realizada por fases. La nueva construcción de la grada inferior también venía unida al descenso de 2,65 m del campo de juego, que debía resolver el conflicto entre las distancias de un estadio multifuncional de atletismo y la capacidad de un campo monofuncional de fútbol. Dicho descenso permitió ganar espacio suficiente para dos filas de asientos adicionales con unas 1600 butacas, reduciendo asimismo la distancia de las gradas al campo de fútbol. En el futuro, el estadio contará con aforo para unos 75000 espectadores.

Con la modernización del estadio, se crearon nuevas zonas VIP de acceso independiente. Las entradas subterráneas en las caras norte y sur, con garajes propios, garantizan el cómodo acceso a las zonas VIP. La VIP Welcome Zone ocupa los altos espacios del segundo sótano, con una escenificación técnica constructiva acorde con la construcción existente. También las zonas de honor históricas, con revestimiento de piedra natural, que se hallan en el eje central de la cara sur, se encuentran integradas en la concepción de los nuevos espacios VIP. Los palcos VIP, por su parte, se insertan cuidadosamente en la estructura arquitectónica existente con construcciones desmontables. Gran parte de los cerca de 100 palcos se encuentran en la nueva tribuna de honor con forma de cascada y en la antigua tribuna reservada a los comentaristas, encima de ella. Las 4000 butacas business están dispuestas delante de las zonas VIP.

El diseño de la cubierta de las gradas también se halla marcado por las exigencias

Edition **DETAIL**

**¡Novedad!**

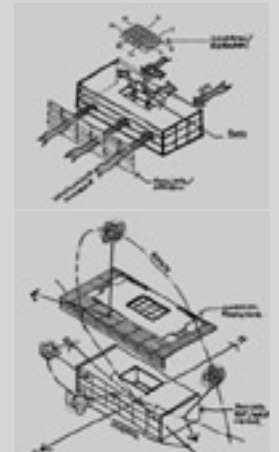


**Arquitectura solar**  
Christian Schittich (ed.)  
176 páginas con numerosos planos e ilustraciones. 2005  
Formato 23 x 29,7 cm  
ISBN 3-7643-7209-5  
María Gómez Fernández-Layos

**Arquitectura solar - diseño bioclimático del siglo XXI**

- ▷ Una obra de referencia para la arquitectura bioclimática: un único volumen abarca todos los aspectos de la arquitectura solar.
- ▷ La arquitectura solar como trabajo interdisciplinario: artículos especializados resaltan la importancia de un estudio de proyecto integral.
- ▷ Ejemplos internacionales: aspectos técnicos y formales perfectamente documentados ofrecen una exposición clara del tema.

**65,-**  
+ gastos de envío y de embalaje



**Pedidos por fax o teléfono:** Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG (Instituto de Documentación Internacional de Arquitectura SL), Sonnenstr. 17, 80331 Munich, Alemania  
Tel.: +49 89 / 38 16 20-22, Fax: +49 89 / 39 86 70 **Realice sus pedidos también bajo [www.detail.de](http://www.detail.de)**

funcionales y los dictados de las autoridades de protección de monumentos históricos. En este caso fue primordial la intención de completar las cualidades arquitectónicas existentes con una cubierta de gran calidad. La nueva cubierta se destaca por su carácter uniforme y la materialidad de las superficies de pesada tectónica del estadio histórico. Esta cubierta mantiene la abertura de la puerta de maratón, el eje urbanístico que se extiende desde la Plaza Olímpica hasta el campanario, con respecto y reafirmación. Para facilitar tanto esta abertura como una reconstrucción por fases, sin interrumpir el funcionamiento del estadio, se eligió una construcción ligera de cerchas en voladizo en lugar de un anillo perimetral, lo que tuvo por consecuencia la disposición de pilares en el anillo superior. Para limitar al mínimo la interferencia en el campo visual de los espectadores, los 20 pilares de acero sobre los que reposa la cubierta en el interior son masivos y extremadamente esbeltos (con un diámetro de sólo 25–35 cm). Sobre la cubierta se extiende una membrana que hace de piel superior e inferior, la construcción de celosía de tubos de acero queda legible, como elemento estructural, a través de la membrana translúcida. La altura de la construcción ha sido reducida en los bordes interior y exterior, de manera que la cubierta pierde dominancia frente a la construcción del estadio y su fachada. Las construcciones necesarias para la recogida de las cargas de la cubierta quedan ocultas tras el anillo superior revestido con piedra natural. La iluminación del campo de juego y la megafonía del estadio han sido integradas en el canto interior de la cubierta, lo que ha permitido prescindir de los molestos equipos aislados existentes, como mástiles para proyectores o altavoces. Encima y debajo de los proyectores, se han dispuesto carcasas de metal acristaladas equipadas con tubos fluorescentes, cuya luz destaca la forma ovalada de las gradas. A lo largo del anillo inferior de la cercha radial se encuentran tubos fluorescentes que iluminan las gradas de manera indirecta. Dirigidos a la membrana superior, estos iluminan el volumen de la cubierta de manera uniforme, haciendo que parezca un farol flotante. La regulación individual de la luz permite variar la atmósfera y el foco en todo momento.

Secciones  
Planta nivel -2  
Planta nivel 0  
Escala 1:2000

A Entrada de vehículos VIP  
B Vista sobre tribuna de honor

- 1 Vestíbulo VIP
- 2 Puerta de maratón
- 3 Entrada de vehículos VIP
- 4 Piscina cubierta
- 5 Zona de precalentamiento
- 6 Túnel de acceso
- 7 Túnel para medios de comunicación
- 8 Instalaciones

- 9 Cocina
- 10 Garaje subterráneo
- 11 Acceso de policía (nivel -1)
- 12 Patio Marchhof
- 13 Servicio de orden y vigilancia
- 14 Plazas para camiones/buses
- 15 Túnel de acceso para jugadores
- 16 Salón VIP
- 17 Palco VIP
- 18 Tribuna VIP
- 19 Vestíbulo VIP
- 20 Zona mixta (prensa y jugadores)
- 21 Cabinas de comentaristas
- 22 Acceso de deportistas al campo de juego
- 23 Escalera al campo de juego
- 24 Zona para jugadores
- 25 Dirección del estadio
- 26 Almacén/talleres
- 27 Entrada sur
- 28 Túnel de acceso para medios de comunicación
- 29 Entrada a vestíbulo VIP
- 30 Rampa a grada inferior
- 31 Escalera a grada superior
- 32 Quiosco
- 33 Tribuna de honor

## Página 944

### Forma y construcción – estructura de la cubierta

*Knut Göppert*

La interrupción de la construcción de la cubierta en la entrada del maratón, decisiva para el concepto arquitectónico, así como la realización por fases fueron cruciales para la decisión en pro de una estructura ligera de cerchas de celosía de acero en voladizo. La inhabitual decisión de disponer pilares en forma de árbol en las gradas de un estadio moderno se debe a este contexto. En la zona inferior de la grada superior, 20 pilares de árbol muy delgados, dispuestos a una distancia de 30–40 m, soportan la cubierta. En la zona del peto del estadio, la cubierta reposa además sobre 132 apoyos de acero en los ejes de los pilares de piedra caliza conchifera. Así se obtiene una importante longitud en voladizo (49 m) y la reducida luz entre apoyos (17,5 m) de las 76 cerchas radiales. La mitad de ellos reposa directamente sobre los pilares en árbol, mientras cerchas tangenciales desvían las cargas resultantes de las demás cerchas radiales a los mismos. La conjunción de una estrecha luz entre apoyos y una gran longitud de voladizo hacen que las fuerzas verticales de tracción hacia arriba sean elevadas en los apoyos exteriores, sometiendo los pilares en árbol a grandes esfuerzos de compresión. Para impedir que la construcción existente se vea sometida a grandes esfuerzos ascensionales en la zona de los pilares exteriores, la construcción de hormigón armado del anillo exterior, además de asegurar un arriostamiento horizontal, también lastra la parte trasera de la cubierta. Para facilitar la transmisión de esfuerzos horizontales derivados de la acción del viento y el arriostamiento, la mayor parte de los apoyos exteriores se hallan unidos a la construcción de la cubierta mediante nudos resistentes a la flexión. La estructura, cuidadosamente estudiada y detallada, articula el volumen de la

cubierta con revestimiento a ambos lados - frente a otras soluciones que definen la forma mediante la envolvente de una estructura cualquiera -.

### *Cerchas tangenciales y radiales*

Junto con los pilares de árbol y los pilares exteriores, las cerchas radiales forman una estructura porticada que recoge las fuerzas derivadas de la acción del viento, desviándolas a los puntos de apoyo de la estructura de la cubierta. Las vigas de celosía constan de dos cordones: un cordón superior recto y otro inferior parcialmente curvado. Hacia el borde interior, éstas tienen forma de viga Vierendeel. Las puntas delanteras de las cerchas son aquí de acero fundido. Sobre los pilares en forma de árbol se ha dispuesto una tercera cercha tangencial de tres cordones, construida como viga continua. Para la formación de los nudos de unión de compleja geometría (radial/tangencial) se han empleado piezas de acero fundido especialmente concebidas para el flujo de fuerzas.

### *Pilares en forma de árbol*

El tronco de los pilares tiene una longitud de unos 8,50 m y se ramifica en cuatro ramas. Eso hace que la longitud de pandeo del tronco se reduzca considerablemente, así como la luz de las cerchas en sentido tangencial y radial. El diámetro máximo del tronco cónico es de sólo 350 mm en el punto de bifurcación y de 250 mm en la base. Los nudos de unión son de acero fundido, soldados al tronco y a las ramas. La transición entre las barras y los nudos está marcada por una pequeña ranura que también sirve de ayuda para igualar las juntas de soldadura. El empleo de acero de alta resistencia como sección maciza, en combinación con piezas fundidas de gran resistencia, permite reducir la sección de los elementos constructivos.

### *Piel de cubierta*

Una membrana abriga de la intemperie, cubriendo la mayor parte de la superficie de la cubierta. Ésta se encuentra extendida sobre arcos de tubo de acero de disposición tangencial entre los cordones superiores de las cerchas radiales, formando las superficies de doble curvatura necesarias para lograr el efecto portante de la membrana. Otra membrana extendida entre los cordones inferiores de la cubierta forma un remate óptico hacia el interior del estadio. Esta composición bicapa debe

- garantizar un elevado nivel de transparencia
- proveer una proporción de abertura suficiente para facilitar la compensación de presiones entre interior y exterior, y dejar pasar el sonido (instalación de altavoces en el interior de la construcción)
- presentar una resistencia suficiente (superficie inferior transitable)

Para la realización de ambas membranas se

ha empleado tejido de fibras de vidrio con recubrimiento de PTFE, que muestra un buen comportamiento de autolimpieza y no es inflamable. Esta membrana reticulada recientemente desarrollada es idónea para su aplicación en estructuras de doble revestimiento. Dada su permeabilidad a la presión, la piel superior no se encuentra sometida a sobrecargas, mientras la piel inferior sólo lo está a una carga muy limitada.

Sobre el borde inferior de la cubierta se halla un acristalamiento apoyado a través de fijaciones puntuales sobre la estructura de acero abierta. En el borde exterior, la cubierta de membrana se transforma en una viga de borde de hormigón armado. Ésta se halla revestida de chapa de aluminio en su cara inferior y presenta una sección apuntada, conformando el remate de cubierta lineal visible desde el exterior.

Sección tangencial  
Construcción de cubierta  
Escala 1:200

- 1 Membrana superior extendida sobre arcos de tubo de acero
- 2 Cercha tangencial
- 3 Cercha radial
- 4 Pasarela de mantenimiento
- 5 Tubos fluorescentes
- 6 Membrana inferior
- 7 Pilar en forma de árbol

Sección de detalle borde exterior de cubierta  
Escala 1:20

- 1 Membrana tejido de fibras de vidrio con recubrimiento PTFE
- 2 Recubrimiento de hormigón in situ 100 mm con acabado de pintura duradera, resistente a los rayos ultravioleta
- 3 Seguro anticaída
- 4 Mástil de bandera de aluminio
- 5 Emparrillado de acero inoxidable sobre canalón de acero inoxidable 4 mm, calefactado
- 6 Borde de cubierta con canto nido, chapa de aluminio 4 mm con recubrimiento de polvo
- 7 Revestimiento de chapa de aluminio con recubrimiento de polvo 4 mm, fijación en subconstrucción mediante remaches de cabeza avellanada
- 8 Apoyo tubo redondo de acero inoxidable Ø 323,9 mm, bajante de desagüe en el interior
- 9 Viga cajón tangencial de perfiles de acero plano soldado
- 10 Nudo de fundición para viga tangencial Ø 323,9 mm
- 11 Rejilla antiinsectos
- 12 Borde de tensión membrana sobre tubo de acero Ø 38 mm
- 13 Membrana tejido de fibras de vidrio con recubrimiento PTFE de malla abierta
- 14 Tubos fluorescentes sobre perfil de acero 40/100 mm
- 15 Arriostramiento en borde de hormigón armado entre construcción de acero
- 16 Contrapeso de hormigón armado 400 mm

Secciones de detalle borde interior de cubierta  
Escala 1:20

- 1 Acristalamiento de vidrio laminado de seguridad 2x 10 mm, vidrio termoendurecido, fijación puntual Acero inoxidable sobre apoyo de material sintético, articulado
- 2 Listón prensor perfil fi de acero inoxidable 100/50/4 mm con chapa de fijación soldada

- 60/60/7,5 mm
- 3 En campos de borde: perfil prensor de acristalamiento barra de sujeción de acero inoxidable Ø 10 mm
- 4 Perfil de obturación de juntas de silicona transparente
- 5 Pieza de fundición de acero inoxidable
- 6 Viga tangencial tubo de acero Ø 177,8 mm
- 7 Perfil de acero inoxidable con goterón
- 8 Canalón de pluviales acero inoxidable 230/100 mm sobre lámina de neopreno
- 9 Segunda membrana como remate de borde
- 10 Membrana tejido de fibras de vidrio con recubrimiento PTFE
- 11 Cordón superior tubo de acero Ø 323,9 mm
- 12 Sector de incendios vidrio translúcido laminado de seguridad 2x 5 mm, vidrio termoendurecido en marco de acero plano 50/5 mm Revestimiento de chapa 2 mm con registro de revisión
- 13 Proyector
- 14 Nudo de fundición
- 15 Apoyo móvil de arco de membrana
- 16 Perfil de fijación de aluminio para membrana en perfil [ de acero inoxidable soldado a arco

**Página 950**  
**Allianz Arena, Munich**  
*Herzog & de Meuron, Basilea*

El nuevo estadio de fútbol de Munich constituye un señero en el cruce de las autopistas, al tiempo que marca el acceso norte a la ciudad. El entorno de grandes proporciones también se refleja en la arquitectura. Como una enorme obra de arte abstracta, el volumen blanco de formas redondeadas se halla presente en el paisaje, sin revelar sus dimensiones a través de elementos que indiquen su escala. Una explanada de 600 metros de longitud y escaleras en cascada a las tribunas conforman el escenario para la procesión de los aficionados. Por la noche, la envolvente sintética de formas romboidales se convierte en una enorme linterna de efecto mágico. Dependiendo de los colores del equipo jugador, el entorno más próximo se baña en color rojo, azul o blanco. De esta manera, los arquitectos crearon un edificio con el que ambos clubes - el FC Bayern München y el TSV 1860 München - se pudieran identificar, procurando una neutra iluminación blanca para acoger encuentros del equipo nacional. En su interior, el estadio presenta un aspecto sobrio, de color gris; sólo cuando las inclinadas gradas se hallan ocupadas, se puede apreciar la consecuente realización de un estadio concentrado. Pese a la densa atmósfera, las superficies de distribución son amplias e invitan a pasearse entre el bar VIP y el puesto de salchichas.

**Página 954**  
**El estadio en funcionamiento**  
*Frank Kaltenbach*

El norte de Munich es una zona tranquila. Sólo horas antes del comienzo de cada partido, esta zona parece salir de su letargo, cuando masas de personas se mueven en dirección al campo: 26000 aficionados lle-

gan por hora al estadio en una procesión de 900 metros, que parte de la estación de metro más próxima.

*Explanada y acceso*

Bajo el suave dorso de la explanada, de 560 metros de largo y 131 metros de ancho, se encuentra el mayor edificio de aparcamiento de toda Europa - que sólo se distingue por los laterales abiertos y los patios de luces -, con plazas para los vehículos de los 10000 aficionados de fútbol que engrosarán la procesión de personas nada más subir las escaleras. Sin embargo, nada impide ver el estadio: las taquillas se hunden en la explanada y las vallas quedan ocultas por el desnivel del terreno, hasta que tras 8 m de subida la explanada se inclina ligeramente ante el estadio, que sólo entonces se desvela en toda su altura. En el borde superior de la grada inferior, donde hay espacio al nivel del terreno para 200 personas en sillas de ruedas, se encuentra una gran zona de circulación con 18 de los 28 quioscos existentes. Desde este nivel se puede subir por las escaleras que conducen al interior de las gradas superiores o bajar a los asientos de la grada inferior. La gran marcha de gente, sin embargo, continua en el borde exterior de las escaleras en cascada, ascendiendo cuatro niveles hasta alcanzar el último de los 66000 asientos disponibles; incluso a 45 metros de altura, el espectador tiene la sensación de estar cerca del campo de juego.

*Zona VIP*

Las llamadas welcome zones con personal de recepción sirven como entrada filtradora, donde se separan la zona VIP de la zona del público general. Aquí, en lugar de las empinadas escaleras en cascada, el espectador es conducido hacia arriba en escaleras mecánicas o ascensores. Mientras que los antepechos, las paredes y los pilares del resto del estadio son de sobrio color gris, aquí un imponente color dorado viste los paramentos. Los patrocinadores cuentan con 1200 asientos reservados en la grada inferior de la tribuna principal. Para disfrutar de cierta privacidad durante el partido, a solas o con invitados, se puede disponer de una zona de estancia propia bajo la grada central. Aquí no se mantiene contacto visual con el campo de juego, para acceder a una de las 6 salas privadas disponibles será necesario cruzar el paso de acceso general. Un nivel más arriba se halla la zona del businessclub, donde también se encuentran numerosos bares y bufés. Una cubierta continua de anillos de aluminio dorados establece un flujo espacial desde la fachada sintética exterior hasta el acristalamiento de altura de planta con vista panorámica sobre el campo de juego. Los 2200 businessseats alineados delante pueden ser alquilados por clubes; con cada uno de ellos el FC Bayern obtiene unas ganancias de 6000 a 10000 euros por temporada. Una planta más arriba, las ventanas panorámicas de los 106

palcos con un total de 1400 asientos forman una banda perimétrica entre la grada central y la grada superior. Con alquileres anuales que oscilan entre los 90000 y los 240000 euros, estos constituyen la parte más exclusiva de la zona VIP. El contrato de alquiler se extiende por un periodo mínimo de cinco años, pudiendo ser utilizado los 365 días del año como representativo espacio de reuniones para fines de negocios. Sin embargo, la fuente principal de ingresos es la concesión del derecho de nombre: el patrocinador pagó la cantidad de 90 millones de euros para que el estadio lleve su nombre durante quince años.

#### Gastronomía y tiendas

Cada club cuenta con su propio restaurante con capacidad para 1300 aficionados. Tres horas antes de cada partido, se ponen en funcionamiento las cocinas auxiliares para atender a los espectadores de palcos, bares y bufés. Además, celebraciones como las after game parties deben garantizar el entretenimiento más allá del término del partido. Junto a las tiendas de venta de artículos para los aficionados de ambos clubes, también se encuentran presentes algunos patrocinadores con superficies de exposición y venta. Estas tiendas, un quiosco y el restaurante a la carta con aforo para 400 personas también están abiertos los días de visita guiada, en los que no se celebran partidos.

Sección Escala 1:2500  
Plano de situación Escala 1:10000

- 1 Estación de metro
- 2 Aparcamiento público
- 3 Plaza de estacionamiento de buses
- 4 Explanada
- 5 Patio de luces de aparcamiento
- 6 Entrada/salida de aparcamiento
- 7 Taquillas sumergidas
- 8 Valla y acceso

Plantas  
Escala 1:3000

- 1 Aparcamiento
- 2 Aparcamiento VIP
- 3 Entrada de medios de comunicación
- 4 Entrada de jugadores
- 5 "Portón de gladiadores"
- 6 Entrada zona VIP
- 7 Explanada
- 8 Taquillas sumergidas
- 9 Entrada de espectadores
- 10 Quiosco
- 11 Salón de patrocinadores
- 12 Restaurante para aficionados
- 13 Restaurante a la carta
- 14 Tiendas
- 15 Businessclub
- 16 Oficina
- 17 Palcos

## Página 958

### La geometría del estadio

Jay Parrish

Con su forma poco habitual y su envolvente de paneles transparentes o translúcidos de

ETFE, el estadio Allianz Arena ya se ha convertido en un distintivo de Munich. Por la noche, cuando juegan el FC Bayern o el TSV 1860, el estadio se hace aún más presente gracias a la iluminación integrada en la fachada con los colores rojo y azul de los clubes deportivos. Con ello, el Allianz Arena ha conseguido el primer objetivo de un buen estadio deportivo - uno ve desde el principio que se trata del estadio de los equipos Bayern München y TSV 1860-.

#### Proyectistas de instalaciones deportivas

Las construcciones complejas exigen la intervención de especialistas en el proyecto. ArupSport es un grupo de arquitectos e ingenieros que se encarga de diseñar obras como el Manchester Stadion o participa en proyectos de otros arquitectos, aportando sus conocimientos especializados. Ya en la fase del concurso, el grupo se unió al equipo de diseño de los arquitectos suizos Herzog y de Meuron, colaborando en la concepción del proyecto ganador y el estudio de las fases posteriores. La tarea de Arup abarcaba concretamente el diseño del graderío con las filas de asientos, el concepto de la estructura de toda la instalación, así como el diseño de los detalles de la construcción de hormigón armado.

#### Exigencias contradictorias

Las exigencias de las bases de convocatoria del concurso no podían ser más claras: el estadio debía tener aforo para 66000 espectadores, ser concebido únicamente como estadio de fútbol, no como estadio multifuncional con pista de atletismo integrada. El objetivo era más bien lograr un estadio con una atmósfera más íntima y atractiva, teniendo en cuenta distintos factores, como el confort de los asientos, el alcance visual y el sentimiento de proximidad a los jugadores. Lamentablemente, todos estos factores, decisivos para la construcción de un buen estadio, se suelen excluir entre sí. Por ejemplo, sólo se puede disfrutar de buena vista sobre los asientos delanteros en detrimento del confort de los asientos o aumentando la distancia de los espectadores al campo de juego. Una combinación perfecta tiene tanto de ciencia como de arte.

#### Particularidades del Allianz Arena

En el estadio Allianz Arena hay tres gradas, algo típico para un estadio de estas dimensiones. La grada central tiene más filas de asientos de lo normal, de manera que debajo de está hay espacio para tres niveles, en lugar de los dos que hay comúnmente, favoreciendo así un uso más lucrativo. El resultado son tres gradas con un número similar de asientos. Los espectadores en la grada inferior no suelen sacar demasiado provecho a las entradas, ya que la buena vista de la grada superior implica unas vistas peores sobre el campo desde los asientos cerca de la línea de meta y las líneas de toque. Para evitar esto, se elevó ligeramente la primera

fila de asientos, mejorando las líneas visuales o el coeficiente C de la grada inferior, con una inclinación de 24 °. Algo tan sencillo como elevar la primera fila de asientos unos pocos centímetros ha influido, sin embargo, considerablemente en las dimensiones totales y los costes de la construcción. El nivel de los palcos, con suites de distribución flexible y terrazas exclusivas al campo de juego, se encuentra por encima de la grada intermedia. Debajo de ésta, en el lado oeste, se hallan los asientos para miembros del businessclub: amplias filas de cómodos asientos acolchados y un número menor de personas por paso. Una apertura de altura de planta permite además disfrutar de los restaurantes y bares del businessclub, con vista directa sobre el campo de juego.

#### Flexibilidad

La convocatoria del concurso exigía que el estadio fuera concebido para una gran variedad de juegos, desde la Bundesliga hasta los juegos de apertura de la Copa Mundial de Fútbol que tendrá lugar en 2006. De esta manera, se elaboraron dos conceptos para la distribución de los asientos y el equipamiento, con el fin de cubrir las demandas de los medios y satisfacer las exigencias de los acontecimientos deportivos. Cada comentarista de prensa o radiotelevisión ocupa dos asientos o más de un asiento estándar, siendo considerable la diferencia del espacio ocupado por los medios de comunicación según se trate de un partido de la Bundesliga o un Mundial. Igualmente distintas son las instalaciones destinadas a las retransmisiones deportivas por televisión, debiendo tener en cuenta la distinta distribución de las cámaras en una fase temprana de diseño.

#### La distribución de los asientos determina la forma

La UEFA y la FIFA dictan las normativas que han de ser base del diseño arquitectónico para el campo de juego, su borde y la banda de publicidad obligatoria. El espectador no es generalmente consciente que la forma del estadio y la distribución de las distintas categorías de asientos influyen o determinan en casi todos los aspectos de su diseño: la forma y la construcción de la cubierta, los niveles para los anillos de circulación y las zonas VIP, la posición de los marcadores y la incidencia de la radiación solar, la luz del día y el viento que llega al césped. Incluso el número, el tamaño y la distribución de escaleras, escaleras mecánicas y ascensores viene predeterminado por la geometría del estadio. La decisión de llevar la mayoría de los espectadores al estadio desde la explanada, pasando por el borde superior de la grada baja, redujo considerablemente las distancias de los caminos verticales, separando además los aficionados de las zonas de los jugadores, los medios y las zonas funcionales. Este nivel principal de distribución se ha diseñado de la forma más abierta posible, para que el

viento entre las escaleras y los quioscos pueda fluir y ventilar el césped. La baja rana abierta bajo la grada intermedia permite una mayor escenificación de la entrada al estadio.

#### Una tarea compleja

En las últimas décadas, los estadios de todo el mundo han experimentado cambios: mejores equipamientos para los espectadores han logrado extender el uso de los estadios más allá del tiempo de los partidos. Estos estadios se han ido haciendo cada vez más complicados con zonas de circulación estándar para el espectador medio, aseos, quioscos y palcos de lujo para espectadores exclusivos, donde algunas personas disfrutan de los partidos con toda comodidad. Pero no sólo los estadios, también los equipamientos de gestión, jugadores y medios de comunicación son cada vez más completos.

#### Complejas herramientas de diseño

Un mayor bienestar y los avances del mundo digital de nuestros días han acelerado el desarrollo de las construcciones deportivas. Las crecientes expectativas y exigencias imponen cada vez mayores desafíos a la tarea constructiva de arquitectos e ingenieros para el diseño de un estadio. Afortunadamente, también estos disponen de herramientas de diseño mejoradas gracias a los avances de la revolución digital. En el diseño del Allianz Arena, ArupSport trabajó con un programa paramétrico especialmente desarrollado y soportes informáticos hasta entonces utilizados para la industria aeronáutica. Sin estas herramientas, tampoco hubieran sido posibles las características de otros estadios, como el nuevo pabellón olímpico de natación en Pekín o el estadio de cinco estrellas de la UEFA, con aforo para 50000 personas, del club FC Shaktar. ArupSport trabajó con un modelo digital del estadio en 3D, adaptándolo y modificándolo, para optimizar soluciones y estudiar otras alternativas. Una vez tomadas las decisiones más importantes, todo el equipo de diseño puede disponer de datos precisos desde la primera fase. Este programa paramétrico efectivo permite trabajar de manera mucho más rápida que el habitual programa CAD. En el caso del Allianz Arena, se desarrollaron 33 variantes ligeramente distintas del estadio antes de dar con la forma definitiva. El resultado fue un estadio optimizado, que no hubiera sido posible crear con herramientas de trabajo convencionales. La arquitectura del Allianz Arena ha sido alabada por numerosos críticos no sólo por su impresionante aspecto, sino también por sus excelentes vistas al campo de juego y su atmósfera. Ciertamente, Munich puede considerarse afortunada por tener dos excepcionales ejemplos arquitectónicos de estadios.

A Nivel 2  
B Sección tribuna oeste Escala 1:1000

- 1 E7 técnica
- 2 E6 zona de circulación
- 3 E5 palco
- 4 E4 businessclub
- 5 E3 salón de patrocinadores
- 6 E2 zona de circulación
- 7 E1 aparcamiento VIP
- 8 E0 túnel para acceso de jugadores

#### Página 966

#### Diseño, realización y montaje de los paneles neumáticos

Walter Zettlitzer

El estadio Allianz Arena se destaca por su poco habitual envolvente, de aspecto brillante y transparente. Los 2874 rombos con piel sintética de ETFE de su estructura forman una superficie de unos 65000 m<sup>2</sup>. Las diagonales de cada uno de los rombos varían entre 2 x 7 y 5 x 17 metros, mientras 24 rombos con rejillas de salida de aire y otras instalaciones técnicas conectadas se ocultan a la vista del espectador. En la zona de la cubierta, a una altura de unos 50 m, 19 rombos de ETFE hacen de elementos elevadores que se levantan hacia arriba para favorecer la ventilación. La lámina de la cubierta termina en el interior del estadio en un anillo neumático perimetral con 370 m de longitud, que se extiende sobre la línea del campo de juego. Los paneles neumáticos se sujetan por medio de perfiles de acero, que fijan su borde con un perfil de caucho EPDM en la subconstrucción de acero. Los canalones necesarios entre los paneles son obturados con perfiles sintéticos flexibles extruidos de TPO y soldados en los puntos de unión a piezas de empalme conformadas por embutición profunda.

Mientras que toda la cubierta puede sufrir dilataciones por el aumento de temperatura de la envolvente, los movimientos de la fachada son compensados por un gran número de juntas de dilatación puntuales. Covertex ha desarrollado una solución de detalle revolucionaria que permite renunciar a juntas de dilatación continuas en la envolvente de paneles neumáticos. La chapa de compensación en las esquinas de los paneles es capaz de absorber movimientos de varios centímetros mediante deformación. También las uniones de obturación de los canalones en la fachada pueden absorber deformaciones gracias a su estructura. Un sistema especial de desagüe de los paneles neumáticos permite excluir una sobrecarga de la cubierta en el caso, poco probable, de la formación de acumulaciones de agua. En caso necesario, éste conduce las aguas pluviales al interior del edificio. Los daños por vandalismo en la fina lámina de sólo 0,2 milímetros quedan dificultados, ya que el remate inferior de la fachada se encuentra a una altura de unos cuatro metros sobre el nivel del terreno. Sin embargo, en caso de

daños, estos podrán ser reparados con la ayuda de una soldadura in situ o la aplicación de lámina de reparaciones autoadhesiva. Para la envolvente neumática se emplearon unas 80 toneladas de fluoropolímero ETFE reciclable. Además de la clara ventaja de peso, este material hizo posible la realización económica del diseño de Herzog & de Meuron. El gran número de paneles de distinta curvatura hubiera requerido un proceso de realización mucho más costoso con materiales de mayor dureza. Frente a muchos materiales sintéticos, las láminas de ETFE resisten los efectos dañinos de la radiación ultravioleta, si bien aún resulta más importante su casi absoluta transparencia a dichos rayos, lo que redundará en la reducción de los costes de mantenimiento del césped. Diferentes pruebas de protección contra incendios confirman la clase del material B1.

La impresión uniforme con puntos blancos confiere un aspecto semitransparente a la zona inferior de la fachada. La zona superior de la envolvente es de lámina ETFE de color blanco. Para no ensombrecer el césped del campo de juego, se ha realizado la cubierta neumática con lámina transparente en la zona sur del estadio.

Por encima de las gradas, la construcción de acero de la cubierta queda oculta tras un falso techo, que además contribuye a la acústica del estadio. La intención de los arquitectos era reforzar aún más el efecto compacto de las gradas inclinadas con el fin de no distraer al espectador del acontecimiento deportivo. Para permitir, sin embargo, que los rayos del sol lleguen hasta el césped, las membranas inferiores de la zona sur de la cubierta, que se extienden bajo los paneles transparentes, se abrirán cuando no se juegue ningún partido.

Doce sopletes mantienen constante la presión de los paneles neumáticos a unos 300 Pa (3,0 milibares ó 0,3 kN/m<sup>2</sup>), aumentándola en función de las acciones del viento o las cargas de la nieve a un máximo de 800 Pa. En cada estación de sopletes, se reúnen tres unidades para tres zonas neumáticas. En caso de fallo de una unidad, se pueden interconectar el resto de las unidades. Una alimentación de corriente segura garantiza un suministro permanente. El panel más alejado de cada unidad se halla provisto de un detector que controla la presión interior. El aire es conducido desde las estaciones de soplete en anillo alrededor de la construcción, a través de tubos de chapa en espiral de DN200. Derivaciones DN100 distribuyen el aire a los distintos sectores, mientras los paneles mismos se alimentan a través de tubos flexibles de DN50.

Dado que entre los 2874 rombos de la envuelta neumática, sólo los rombos opuestos presentan idéntica geometría, se han desarrollado algoritmos informáticos para reducir los costes. Estos programas limitan las fases de trabajo a funciones paramétricas. Así, en la proyección de un panel, primero se defi-

nen redes de elementos finitos para las láminas superior e inferior, llevando seguidamente a cabo el proceso de determinación de forma. Tras la distribución de las juntas de soldadura se unen las superficies 3D mediante métodos de aproximación, generando superficies bidimensionales para el corte. Una vez definidos con precisión los detalles de sección transversal de la fijación, determinando así el punto de intersección entre los paneles y la subestructura de acero, Covertex creó un banco de datos central a partir de un modelo 3D de líneas de sistema de los arquitectos.

Más de 700000 entradas de información acerca de la geometría, las uniones de soldadura, el suministro de aire y la evacuación de la cubierta permiten un procesamiento automático de diseño de los paneles neumáticos 3D y los dibujos de corte - completamente independiente del proyecto de estructura de acero para la construcción marco-.

Los dibujos de corte fueron transferidos digitalmente al punto de fabricación para su aplicación directa. Un cutter digital cortó las láminas de manera automática, seccionando los segmentos necesarios. Las bandas cortadas eran marcadas automáticamente con las perforaciones y los cortes necesarios para posteriores conexiones de aire y desagüe. La tolerancia de corte era siempre inferior a  $\pm 1,0$  mm. A continuación, se llevó a cabo la soldadura de la lámina ETFE mediante un procedimiento de termosoldadura. De cada lote se tomó una pequeña prueba para el archivo, facilitando así la localización de los paneles afectados en caso de eventuales fallos de material. Antes de un control final y el embalaje en contenedores especiales de transporte, se realizó el premontaje del perfil perimetral EPDM.

En el lugar de la obra, los contenedores de transporte fueron elevados mediante una grúa de oruga sobre plataformas de montaje temporales. Instaladores suspendidos montaron los paneles neumáticos en la zona de la cubierta desde una red doble transitable, mientras el montaje de la fachada tuvo lugar con la ayuda de plataformas elevadoras. Primero se fijaron los ángulos agudos y luego se tensaron los paneles en dirección de los ángulos obtusos. Así se lograron fijar hasta 40 paneles por día en las fachadas, el montaje completo de todos los paneles duró apenas once meses.

A Distribución de aire en la envolvente ETFE

- 1 Estación de soplete
  - 2 Tubo de chapa en espiral DN200
  - 3 Derivación DN100 suministro de aire a los paneles neumáticos
  - 4 Acometida del tubo sintético flexible DN50
- B Suministro de aire por canal de derivación a entre tres y cuatro paneles
- C Suministro de aire de paneles difícilmente accesibles
- D Fijación de esquinas agudas en montaje

Sección  
Escala 1:50

- 1 Panel neumático de lámina blanca ETFE 0,2 mm
- 2 Tubo de desagüe de emergencia
- 3 Obturación TPO, tubo de acero  $\sphericalangle$  120/220 mm
- 4 Canalón
- 5 Derivación suministro de aire  $\varnothing$  100 mm
- 6 Tubo de acero  $\varnothing$  457/20 mm
- 7 Malla de acero galvanizado
- 8 Hormigón armado pilar colaborante de diámetro variable
- 9 Barra de amortiguación  $\varnothing$  140 mm
- 10 Obturación TPO, tubo de acero  $\sphericalangle$  220/220 mm
- 11 Iluminación de paneles ETFE de tres colores
- 12 Ventilación de elemento de elevación con panel neumático ETFE
- 13 Arriostamiento diagonal tubo de acero  $\varnothing$  508/16 mm
- 14 Apoyo de calota
- 15 Tubo fluorescente
- 16 Tubo de acero soldado  $\sphericalangle$  600/600 hasta 300/200 mm
- 17 Tubo de acero soldado  $\sphericalangle$  600/460 hasta 300/200 mm
- 18 Tejido de fibras de vidrio con recubrimiento de poliuretano gris
- 19 Soporte pendular tubo de acero
- 20 Seguro anticaídas
- 20 Panel neumático de lámina transparente ETFE 0,2 mm
- 21 Anillo neumático perimetral de lámina blanca ETFE 0,2 mm
- 23 Pararrayos cable de acero

## Página 970

### Azul, blanco, rojo - La luz como color cambiante

Karl-Fritz Roll

El estadio Allianz Arena presenta el aspecto más espectacular por la noche, cuando la envolvente luce el color del equipo de fútbol anfitrión. De los 2874 paneles que conforman la fachada, los 1058 paneles de las once filas inferiores se iluminan. Además de una iluminación monocroma, se pueden crear dibujos bicolors de bandas o rombos. El concepto de iluminación parece sencillo a simple vista, si bien fue necesario tener en cuenta numerosos aspectos para su realización.

#### Efectos cromáticos

Originalmente se planeó el empleo de tubos fluorescentes de colores especiales para la iluminación trasera de los paneles ETFE, pero pronto se descartó esta idea ya que las tonalidades surgidas diferían demasiado de los colores de los clubes, haciendo necesarios filtros cromáticos, láminas y tubos adicionales para cada una de las 25500 luminarias. Alternativamente, se estudió la producción de luminarias especiales para conseguir exactamente las tonalidades deseadas. Sin embargo, esta solución hubiera comportado unos costes elevados, dificultando además un repuesto de las luminarias tras años de uso. Nuestra empresa concibió una luminaria formada por 3 tubos fluorescentes de tipo estándar y una tapa especial de plexiglás, que hace de filtro cromático. Una herramienta de extrusión nos permitió tinter parcialmente la luna con bandas de color rojo, azul y transparente. El efecto de las distintas tonalidades de azul y rojo en

combinación con el material de los paneles fue estudiado in situ hasta dar con los colores exactos del club de fútbol, gracias a la mezcla de granulados de plexiglás de distintos colores. El empleo de los granulados estándar nos permitió dar una garantía de resistencia duradera contra los rayos ultravioleta. Las lunas parcialmente tintadas permiten alcanzar las tonalidades deseadas, manteniendo los costes dentro de un margen aceptable y garantizando la disponibilidad de repuestos de tubos fluorescentes de 58 W después de algunos años.

#### Técnica de alumbrado

Los reflectores de alto rendimiento desarrollados y la disposición especial de las luminarias reflejan la luz de manera homogénea sobre la membrana exterior de los paneles ETFE, garantizando un alumbrado extremadamente uniforme, aunque parte de los paneles sólo se hallen serigrafiados parcialmente para permitir las vistas exteriores desde el interior. Lo difícil en esta ocasión era la colocación de la fila inferior, que no debía dejar a la vista los tubos. Para garantizar cierta protección antideslumbrante a los vehículos pasantes, se estableció una luminancia máxima de membrana  $\leq 50\text{cd/m}^2$  (para el color blanco) y  $\leq 10\text{cd/m}^2$  (para los colores rojo y azul).

#### Montaje racional

En lugar de las habituales luminarias de tamaño estándar, se emplearon luminarias de longitud doble con 6 tubos fluorescentes. Cada una de estas luminarias tiene una longitud de 3,5 m y cuenta con sólo dos puntos de fijación en aras de un montaje más sencillo. Otra de las ventajas de esta solución es la drástica reducción del número de balastos electrónicos, ya que para la luminaria de doble longitud se pueden emplear balastos electrónicos para dos luminarias. Este tipo de sistema permite un encendido y apagado sin parpadeos. Para proporcionar una fácil y rápida conexión al instalador (inclusivo cableado de paso), se han equipado las luminarias con una placa frontal desmontable, que permite el cómodo cableado sin necesidad de abrir tapas/reflectores.

#### Fácil mantenimiento

Los campos romboidales cuentan con dos luminarias en el extremo superior y otras dos en el extremo inferior, accesibles mediante un sistema de góndola en la zona intermedia de la fachada. Muchas luminarias de la fila superior se hallan dispuestas de tal manera que sólo son accesibles por medio de escalas especiales. Los trabajos de revisión y recambio de luminarias pueden ser llevados a cabo con suma comodidad. Los tubos fluorescentes se podrán cambiar con la simple abertura de tres clips de fijación de la tapa. El cambio eventual de balastos electrónicos no requiere la retirada de las tapas ni tampoco de los reflectores, habitual en otros casos. Las luminarias cuentan para

ello con un registro de revisión en el centro, permitiendo el acceso directo a balastos y fijaciones, así como un recambio más cómodo.

*Baja carga de fuego*

La fachada y el sistema de alumbrado cuentan con componentes con una carga de fuego especialmente baja, si se compara con elementos convencionales de ejecución. En lugar de las luminarias de plástico previstas en un principio, la carcasa es de chapa de acero galvanizado y otros muchos componentes con una baja carga de fuego, como se demuestra en un informe del instituto MFPA y una prueba realizada posteriormente en un elemento de la fachada con alumbrado. La combinación de fachada e iluminación obtuvo el premio alemán Deutscher Brandschutzpreis por su excepcional comportamiento ante el fuego.

*Integración óptica en la fachada*

El efecto colorido queda visible en el exterior y en algunas zonas interiores, como el business lounge. Si bien las luminarias han sido dispuestas en las vigas de acero de tal suerte que también pasen desapercibidas desde dentro - p. ej. desde la perspectiva del businessclub o de los palcos exteriores -. Las carcasas de las luminarias se integran armónicamente en la estructura de acero de igual color. Desde el exterior, el serigrafiado más denso de los bordes de los paneles en la última fila oculta las luminarias y difumina la luz. Gracias a toda una serie de pasos de desarrollo en la realización del concepto de iluminación, se logró un resultado final relativamente sencillo que cumple con las exigencias funcionales y económicas, ejerciendo un efecto casi mágico sobre los espectadores.

Campo de fachada con luminarias Escala 1:100

Sección luminaria Escala 1:5

- 1 Luminarias de doble longitud 3500/300/60 mm con 6 tubos fluorescentes
- 3 Balastos electrónicos
- 2 Registro de revisión
- 3 Tapas laterales extraíbles para cableado
- 4 Fijación de pletina de acero galvanizado 50/3 mm
- 5 Construcción secundaria tubo de acero galvanizado 120/220 mm
- 6 Tapa de plexiglás 350/30/3 mm con bandas transparentes, rojas, azules
- 7 Cierre de clip
- 8 Tubos fluorescentes T26 58 W
- 9 Reflector de acero inoxidable con pulido reflectante
- 10 Balasto electrónico
- 11 Carcasa de acero inoxidable galvanizado 0,7 mm

Sección

Escala 1:50

- 1 Asfalto colado 60 mm, prelosa de hormigón 25 mm
- Jácena de hormigón armado 1250/900 mm
- 2 Pilar colaborante de hormigón y acero
- 3 Luminaria 3500/300/60 mm
- 4 Compuerta de humos chapa de acero 4 mm
- 5 Protección solar
- 6 Acristalamiento aislante en fachada de montan-

- tes y travesaños
- 7 Pilar prefabricado de hormigón centrifugado con diámetro variable
- 8 Unión atornillada a pilar prefabricado de hormigón centrifugado
- 9 Revoco sobre aislamiento térmico 60 mm, zuncho de borde hormigón armado
- 10 Tubo de acero con guías para mecanismo de góndola
- 11 Doble pletina de acero galvanizado 2x 100/80 mm
- 12 Aire comprimido paneles neumáticos de fachada Ø 100 mm
- 13 Aire comprimido conducto de polietileno Ø 50 mm
- 14 Paneles ETFE de fachada neumática 200 m
- 15 Mecanismo de góndola
- 16 Tubo de acero 120/220 mm
- 17 Pasamanos acero inoxidable Ø 60 mm
- 18 Canalón chapa de acero galvanizada 6 mm

Junta de dilatación en nudo con construcción secundaria de fachada  
Escala 1:50

- 1 Tubo de acero 120/220 mm
- 2 Junta de montaje con chapa de compensación de tolerancias
- 3 Limite de presión tornillo de ajuste M 20
- 4 Doble pletina de acero 250/30 mm
- 5 Limite de tracción barra roscada M 20/140 mm
- 6 Perno
- 7 Chapa de acero 3 mm
- 8 Borde de canalón pletina de acero en zona de junta como chapa flexible
- 9 Obturación de canalón perfil de poliolefina en zona de junta con perfiladura para compensación de dilataciones
- 10 Lámina ETFE 200 m
- 11 Luminaria 3500/300/60 mm