

Arena Corinthians, el gran estadio del Mundial de Brasil



Hugo Corres

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Catedrático E.T.S. de Ing. de Caminos, Canales y Puertos de Madrid.

FHECOR Ingenieros Consultores



Jose Soriano

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

FHECOR Ingenieros Consultores



Blanca Palerm

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

FHECOR Ingenieros Consultores



Eduardo Romero

Ing. de Caminos, Canales y Puertos.

FHECOR Ingenieros Consultores

Resumen

La nueva Arena Corinthians ha sido la sede inaugural del Mundial de Fútbol 2014. Este estadio llevaba siendo años el sueño del Sport Club Corinthians Paulista y gracias a la celebración del Mundial ha sido posible su construcción. Tiene una capacidad de 48.000 espectadores que se ha ampliado hasta 68.000 espectadores durante la celebración del Mundial. Las obras dieron comienzo en mayo de 2011 y el proyecto y la construcción ha sido realizada en paralelo y en un plazo récord. La estructura es prefabricada con más de 20.000 elementos: algunos en plantas de prefabricación y otros, los de mayor tamaño y peso, en un parque de fabricación montado en la propia obra.

Palabras clave

Prefabricación, graderíos, pórticos hormigón, núcleos

Abstract

The new Arena Corinthians hosted the opening match of the 2014 World Cup. This stadium has long been the dream of the Sports Club Corinthians Paulista and its construction was finally made possible as a result of the Brazil Word Cup. The ground has a permanent capacity of 48,000 spectators which was extended to 68,000 over the World Cup. Work on the stadium began in May 2011 and the design and construction were carried out simultaneously and in record time. The prefabricated structure of the Arena is composed of over 20,000 components, some of which being already prefabricated while other larger elements were built at a plant on site.

Keywords

Prefabrication, stands, concrete frames, cores

1. Introducción

Con motivo de la celebración del Mundial de Fútbol 2014 en Brasil, se ha llevado a cabo la remodelación de varios estadios existentes y la construcción de nuevos estadios de fútbol a lo largo de toda la geografía brasileña.

De los tres principales clubes de la ciudad de São Paulo, mayor ciudad de Latinoamérica, el único que no poseía un estadio propio con tamaño e infraestructuras suficientes para albergar sus partidos era justamente el que contaba

con la hinchada más numerosa, el Sport Club Corinthians Paulista.

La Arena Corinthians se ha proyectado en el barrio de Itaquera, situado en la parte oriental de la ciudad, donde el club era propietario de unos terrenos en los que llevaba años tratando de construir un nuevo estadio. Esta zona de la ciudad pese a estar bien conectada por metro es una de las regiones de la capital paulista más carentes de recursos, en dónde viven cerca de cuatro millones de



Fig. 1. Vista general del estadio

personas, por lo que las obras han supuesto y supondrán un empuje económico para la zona.

La empresa constructora Odebrech y el club iniciaron en 2004 los primeros contactos para la construcción, pero sólo en 2010, como parte de la conmemoración del centenario del club, fue firmado un primer acuerdo entre las dos partes. El presupuesto estimado fue de 820 millones de reales (unos 330 millones de euros) y el inicio de las obras dio comienzo en mayo de 2011.

2. Descripción de la Arena Corinthians

El proyecto arquitectónico ha sido desarrollado por el estudio de arquitectura Coutinho, Diegues, Cordeiro Arquitectos (CDCA) situado en Río de Janeiro.

Una de las características del proyecto es su aforo variable. La capacidad del estadio es de 48.000 asientos, requisito del club, pero durante la celebración del Mundial se ha incrementado hasta 68.000, gracias a la colocación de unas gradas provisionales.

El estadio se divide en cuatro sectores. Los graderíos principales se sitúan en los laterales del estadio, sectores

este y oeste, mientras que en los fondos, sectores norte y sur, el número de graderíos es bien menor dejando grandes vacíos que hacen que el estadio no sea un estadio cerrado sino que se presente como un estadio abierto al exterior.

En el sector oeste se sitúan los principales usos del estadio. En su nivel inferior se ubican los vestuarios para jugadores, zonas de calentamiento, áreas de prensa y espacios para instalaciones. En los dos niveles inmediatamente superiores se destinan a aparcamientos con la posibilidad de acceso de autobuses. En el siguiente nivel, coincidente con la cota de calle, se sitúa el acceso principal al estadio. En el resto de niveles se ubican la mayor parte de las tiendas y restaurantes del estadio así como la gran mayoría de los palcos privados proporcionando una superficie equivalente a la del resto de sectores.

Los sectores este, norte y sur se destinan únicamente a graderíos y accesos, no apareciendo otros usos.

Otra de las características principales del proyecto de arquitectura es la forma de la cubierta y de las fachadas exteriores.



Fig. 2. Sección del sector oeste. Solución estructural

La cubierta tiene una forma muy plana, cubriendo perfectamente los sectores este y oeste y presentando dos estrechas bandas de conexión sobre los sectores norte y sur.

La fachada principal del estadio, acceso oeste, es una piel curva de vidrio de cerca de 24,00 m de altura que permite contemplar desde el interior del estadio toda la zona oeste de la ciudad.

Para la redacción del proyecto de estructuras, la constructora Odebrech contrató a EGT y Fhecor Ingenieros Consultores para desarrollar el proyecto de la estructura del Estadio, y a WSS para el proyecto de la cubierta metálica.

3. Proyecto estructural

Desde el principio una de las premisas de Odebrech fue la realización de una estructura prefabricada, debido al pequeño plazo para la construcción, en la mayor parte posible de la estructura del estadio.

La estructura por tanto se desarrolla como una estructura prefabricada de pórticos de nudos rígidos de hormigón,

núcleos verticales in situ y losas alveolares. No obstante debido a la compleja arquitectura, en algunas zonas del estadio se han proyectado elementos mixtos y metálicos.

La cubierta se resuelve con estructura metálica y chapa deck. La cara inferior de la cubierta va recubierta mediante unas telas tesadas entre los cordones inferiores de las cerchas.

3.1. Cimentación

Los terrenos sobre los que se asienta el estadio son de baja capacidad portante, por lo que la cimentación se resuelve con cimentación profunda. En el informe geotécnico se realizó una zonificación de la parcela asignando capacidades diferentes según la posición de los pilotes.

Los pilotes empleados son pilotes prefabricados circulares hincados de diámetro Ø50. Estos pilotes presentan unas terminaciones metálicas que permiten el acoplamiento de un tramo de pilote con el siguiente mediante soldadura in situ. Dada la pequeña capacidad a flexión de los pilotes en las zonas de los núcleos se disponen inclinados con el fin de transmitir las cargas horizontales al terreno.



Fig. 3. Construcción de la cimentación de la zona oeste

3.2. Estructura de hormigón

Estructura vertical

La estructura vertical de estadio se resuelve mediante pilares prefabricados rectangulares de hormigón HA-40, a los que se da monolitismo con las vigas prefabricadas en una segunda etapa, y núcleos verticales ejecutados con hormigón in situ HA-40. Los núcleos verticales son muy potentes, por lo que

los esfuerzos de flexión en pilares son bastante reducidos, y tienen la misión resistir las cargas horizontales de viento y dar la rigidez suficiente para controlar las vibraciones que pueden producirse en una estructura de este tipo.

Los núcleos verticales se ejecutaron en su totalidad con un encofrado trepante y con la previsión de unas armaduras de conexión con los forjados embebidas en el



Fig. 4. Construcción de núcleos verticales mediante encofrados trepantes

interior del encofrado, ya que se ejecutaron en su totalidad independientemente del avance de los forjados.

Los pilares prefabricados arrancan en la cimentación en cálices sobre los encepados de los pilotes. Los pilares prefabricados tienen una longitud de dos o tres alturas de entreplanta, dependiendo de los casos, de manera que no superasen un determinado peso y longitud, condicionados por el transporte y medios de elevación. La conexión de los diferentes tramos de los pilares se sitúa en torno a 1,00 m-1,50 m por encima del nivel de planta, donde los esfuerzos de flexión son pequeños y donde la altura de trabajo de los operarios para realizar la conexión es adecuada. La conexión se realiza mediante barra roscada y tuerca y relleno con grout.



Fig. 5. Zona de conexión entre pilares prefabricados

Fig. 6. Forma de pilares prefabricados en conexión con las vigas

Estructura horizontal

Los pórticos se sitúan cada 7,50 m y las luces de los vanos de las vigas varían entre 7,50 m a 15,00 m apareciendo vigas descolgadas de cantos 0,80 m, 1,10 m o 1,30 m según las luces. En ancho de las vigas es constante de 0,50 m de manera que acometa perfectamente sobre los pilares.

La conexión entre las vigas y los pilares se realiza mediante ménsulas cortas y barras de continuidad a través del pilar. En una primera fase, se apoyan las vigas sobre las ménsulas cortas que se han prefabricado previamente con el pilar. Las barras de continuidad de las vigas también se han dejado previstas en el pilar y presentan rosca en ambos extremos. De esta forma, una vez colocada la viga, se dispone la armadura superior de negativos mediante manguitos dando continuidad a la armadura. Finalmente, se colocan las placas alveolares y se hormigona el conjunto.

Existen unos casos especiales de vigas prefabricadas que son las vigas en ménsula. La primera opción es apuntalar estas vigas y liberarlas una vez que se consigue la continuidad en el nudo. En la mayoría de los casos no era posible el apuntalamiento de estas vigas en ménsulas por lo que se colocaron dos familias de armadura entre el pilar y la ménsula. Una primera capa situada algo más inferior y que mediante barra roscada y tuerca permite conectar la ménsula al pilar liberando el medio de elevación y una segunda capa para la armadura de flexión que se conecta de forma similar al resto de vigas mediante manguitos.



Fig. 7. Alzado de viga graderío

Estructura de gradas

Para ejecutar los graderíos aparecen dos nuevos elementos, las vigas portagrada y los graderíos, ambos prefabricados.

Las vigas portagrada son vigas inclinadas que presentan en su cara superior una serie de dientes para el apoyo de las piezas de los graderíos prefabricados. La conexión de las vigas portagrada con los pilares se realiza dejando las armaduras de los pilares en prolongación recta y unas perforaciones verticales en las vigas de manera que posteriormente pueda hormigonarse la conexión.

La continuidad de las vigas portagradas se produce mediante traspase de armadura por soldadura. Dado que la longitud de traspase por solape de las armaduras son elevadas, obligaría a ejecutar in situ grandes longitudes con la forma dentada de las vigas. Para evitar esto, se solicitó la ejecución de estas conexiones mediante soldadura, reduciendo la longitud de las vigas a ejecutar in situ en obra. La continuidad mediante barras soldadas requiere un elevado control en el replanteo de las armaduras de manera que queden enfrentadas y pueda ejecutarse la soldadura con la disposición de barras intermedias adicionales.

Los graderíos son elementos prefabricados de 7,50 m de longitud y 1,00 m de anchura y altura variables según su posición en el estadio.

Son unas piezas en forma de 'L' que una vez montadas sobre las vigas graderíos se conectan a éstas y entre sí mediante unas barras de conexión, funcionando como elementos a flexión.

Elementos singulares de la obra

Pese a tratar de prefabricar toda la obra hubo algunos elementos que tuvieron que resolverse de forma particular y no pudieron prefabricarse. Entre ellos pueden citarse los siguientes:

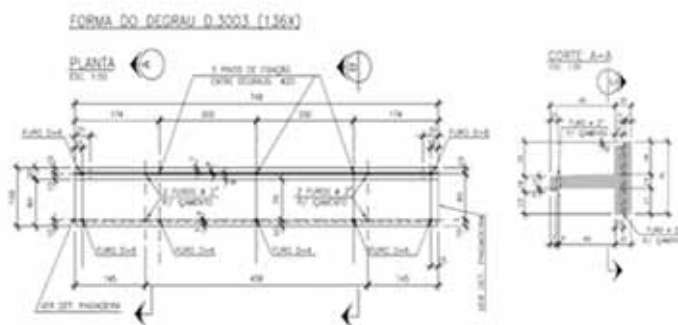
- Vigas sector oeste. Existe una zona de grades luces (15,00 m) y gálibo estricto para el paso de autobuses donde el canto máximo para la estructura es de 0,90 m. En estas zonas se crearon unas vigas mixtas. Estas vigas tienen una primera fase metálica que apoyo en ménsulas cortas sobre los pilares y que permiten a su vez el apoyo de las losas alveolares. En el hormigonado de la capa de compresión su funcionamiento se hace mixto colocando también armadura superior de continuidad sobre los pilares.

- Estructura metálica en pilares. Existen unos pilares en la fachada principal del Estadio de 24,00 m de altura que se resuelven mediante tubos metálicos.

- Estructura metálica de rampas. Para la comunicación interna en el sector oeste aparecen unas rampas de conexión entre diferentes niveles con luces de 30,00 m. Estas rampas se resuelven como unas vigas de sección metálica en forma de cajón cerrado.

- Estructura metálica de nivel 11. En el interior del sector Oeste se crea un gran patio central alrededor del cual se disponen las rampas y escaleras mecánicas de conexión. La cubierta de este gran espacio (que no es la cubierta general del estadio), se resuelve mediante una estructura de cerchas metálicas y forjado prefabricado de placas alveolares.

- Estructura de apoyo de la fachada principal. La fachada principal es una fachada de vidrio de 30,00 m de altura que se empotra en la base y se articula en el nivel superior no presentando apoyos intermedios. Esta estructura se ha resuelto mediante montantes metálicos dispuestos cada 3,75 m. El apoyo de esta estructura se produce



además sobre una zona en voladizo del edificio (voladizo de unos 6,00 m de longitud). Tanto la estructura de fachada como las vigas en voladizo para el apoyo de la fachada se resuelven con estructura metálica.

- Cubierta metálica. La cubierta metálica fue desarrollada por WSS. La labor de Fhecor Ingenieros fue la de coordinar las conexiones con la cubierta creando elementos capaces de recibir las reacciones de la cubierta y compatibles con los nudos proyectados por WSS.

De esta forma, el apoyo de la cubierta se produce tanto en una serie de pilares, apoyos doblemente articulados,



Fig. 8. Planta de pieza prefabricada para graderío

como sobre la estructura de los núcleos, apoyos fijos de la cubierta.

4. La panacea y la realidad del trabajo de ingeniería en el exterior

La crisis ha transformado completamente el mercado de las ingenierías españolas que ahora tienen que identificar, contratar, realizar y facturar prácticamente todo el trabajo que realizan en el exterior.

Hay que decir primero, que el exterior es muy grande y que es necesario acotar las fuerzas por la competencia, no solo de las empresas nacionales que tienen que salir al

exterior sino de mega empresas de ingeniería que están ya implantadas en todo el mundo desde hace mucho tiempo y por lo tanto con mucha experiencia y, sobre todo, con un músculo financiero imprescindible que no se improvisa.

Además cada país es diferente, con una legislación, fiscalidad, cultura, cultura ingenieril, etc completamente diferente. Lamentablemente no es fácil entender toda esta problemática, al principio, y cuando se entiende es muy difícil identificar los problemas y las soluciones. Siendo, seguramente, éste es un problema generalizado de la exportación de este tipo de servicios, no hay prácticamente, por lo menos hasta ahora, ningún apoyo institucional que permita una forma eficiente de identificar las características especiales en cada país para facilitar su resolución.

Brasil, en particular, es un país con posibilidades pero con una economía muy protegida. En el campo de la ingeniería es también así. Es casi imprescindible tener una empresa local, de propiedad completa o participada, para poder trabajar, con personal cualificado que pueda firmar los proyectos y actuar en condiciones legales adecuadas.

En el caso del trabajo del Corinthians, su realización se ha planteado desde el principio en colaboración con una empresa de gran prestigio que por temas de plazo y carga de trabajo optó, generosamente, por invitarnos a participar en el proyecto. En ingeniería se vende confianza y la confianza se construye con experiencia previa reconocida pero, sobre todo, con relaciones y trabajos bien hechos.

En la producción es necesario tener muy en cuenta los múltiples problemas que se generan. La comunicación es normalmente difícil pero a la distancia, con otro idioma, por más próximo que parezca, y con otra tradición de hacer las cosas, resulta casi imposible. Es casi imprescindible disponer gente que sirva de enlace entre el cliente, el socio y el resto de los interlocutores y la oficina donde se produce el trabajo. En particular, en este caso en que el tiempo era muy reducido y que la presión de la construcción era altísima ha sido imprescindible contar con varias personas para coordinar la producción con el socio local y para gestionar la producción con la obra.

Además es importante, si se trata de que, como en este caso, el cliente es un constructor, asistir en el proceso de construcción. La forma de organizar las obras es muy



diferente en cada país. En Brasil existe un equipo de ingeniería de la obra que solo gestiona la información pero no la complementa y por lo tanto, todo lo que sale de la ingeniería termina en la producción. Esto cambia completamente la forma de producción de la ingeniería que tienen que tener unos controles normalmente mayores y la forma de gestionar las incidencias de obra que normalmente requiere de gente de la ingeniería directamente en la obra.

Es imprescindible trabajar en el exterior pero es una empresa difícil que requiere una enorme energía y que supone muchos riesgos. El aprendizaje, como en todos los campos y la experiencia resultan muy valiosos pero lamentablemente se hace con el tiempo, con los aciertos y los errores.

5. Consideraciones finales

La obra de la Arena Corinthians es una obra de gran complejidad, realizada en un tiempo record y cuyo resultado ha sido muy adecuado porque la ingeniería ha producido el proyecto exigido para que se pudiera producir en el tiempo muy corto disponible.

Es un proyecto en el que se ha podido innovar, mucho, como siempre es el deber de la acción ingenieril.

Trabajar en el exterior es una necesidad imprescindible. Trabajar en el exterior es una empresa difícil que requiere una enorme energía y que supone muchos riesgos. El aprendizaje, como en todos los campos y la experiencia, resultan muy valiosos pero lamentablemente se consigue con el tiempo, con los aciertos y los errores. **ROP**

Referencias

- Corres, H.; Soriano, J.; Palerm, B.; Romero, E.; Romo, J. "Arena Corinthians". VI Congreso de Ache. Asociación Científico-Técnica de Hormigón Estructural, ACHE. ISBN: 978-84-89670-80-8. Madrid 3 al 5 junio de 2014.

- Corres, H; Stucchi, Fernando. "Estadios Multiuso Para La Copa 2014 En Brasil". International Concrete Conferencia & Exhibition. ICCX Latin America 2012. Pp. 40-53. Florianópolis 20 a 23 de marzo de 2012.