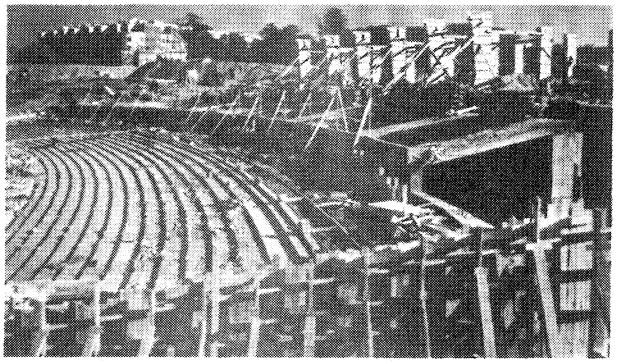
AMPLIACION DEL ESTADIO NOU CAMP/BARCELONA

Angel Munté Aresté
Ingeniero Industrial
HISPANO-ALEMANA DE CONSTRUCCIONES, S. A.



Obras de ejecución de la primera graderia en 1955.

Introducción

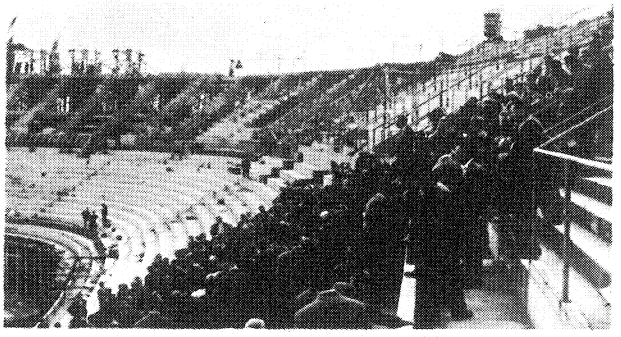
En 1954, el Presidente del F.C. Barcelona, en nombre de la Junta Directiva, encarga a los arquitectos J. Soteras, F. Mitjans y L. García-Barbón, la redacción del proyecto del Nuevo Estadio. para un aforo de 150.000 espectadores, a desarrollar en etapas sucesivas.

El 28 de marzo del mismo año se coloca la primera piedra y en octubre se inauguró una exposición pública, en la que se presentaron los estudios gráficos del anteproyecto total e incluso una maqueta a escala 1:500, como base para desarrollar una primera etapa, con un aforo de 90.000 espectadores.

La obra se adjudicó a la constructora INGAR, Sociedad Anónima, el 9 de noviembre, en un presupuesto de 66.620.000 pesetas, comenzándose los trabajos el 28 de noviembre de 1954. El estadio se inauguró el 24 de septiembre de 1957.

Los éxitos deportivos conseguidos en los últimos años motivaron una mayor demanda de abono de localidades y de solicitudes de nuevos socios, lo que indujo a la Junta Directiva en abril de 1974 a encargar el correspondiente Anteproyecto, para conseguir un aforo de 110.000 espectadores. Este anteproyecto mantenía las ideas inciales de 1954, pero reduciendo y concentrando la gradería e integrando parcialmente en su envolvente las rampas de acceso, que se habían previsto inicialmente separadas. Todo ello de acuerdo con la normativa vigente del Reglamento de Espectáculos y teniendo en cuenta la obra existente en lo referente a alineaciones, perfiles radiales de pórticos y accesos.

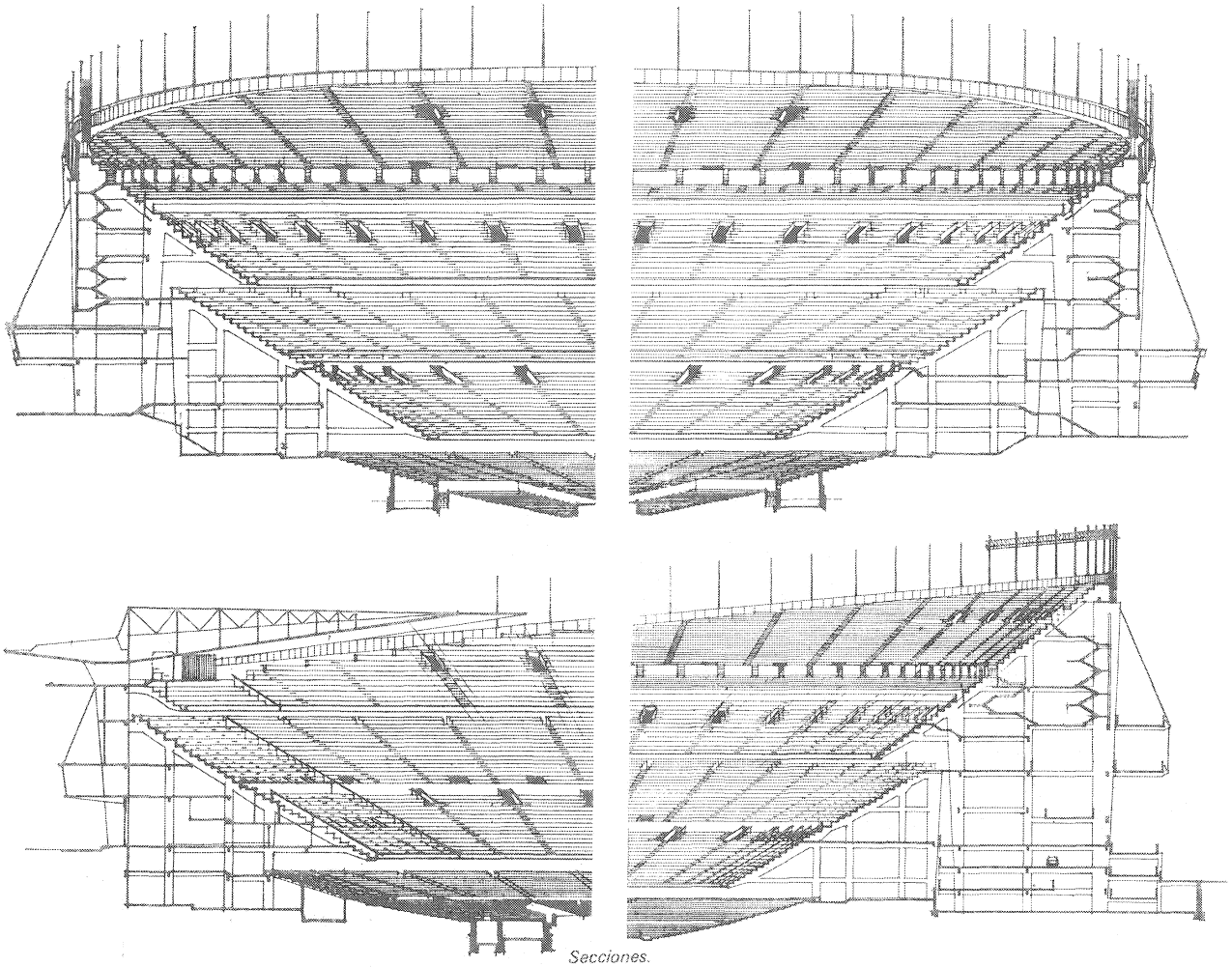
El presente proyecto de 1979 amplía el voladizo diseñado para la tercera graderia, variando la sección de los pórticos a fin de asegurar la perfecta visibilidad de todas las localidades, que continuarán dominando la totalidad del terreno de juego, incluso si algún día se transformasen, en localidades sentadas numeradas, todas las destinadas actualmente a la general de la tercera gradería.



Obras de ejecución de la segunda graderia en 1957.

Aspecto del estadio anterior a la ampliacion.

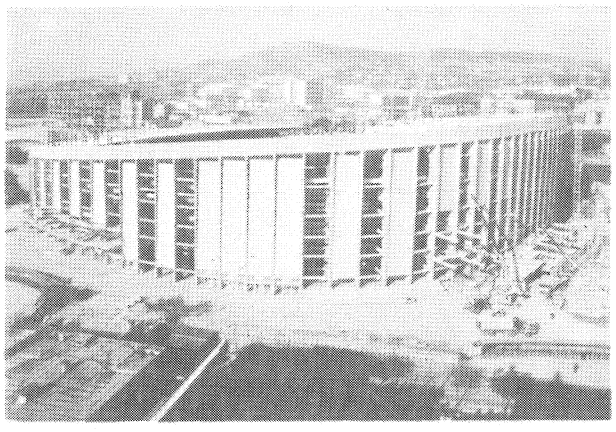
© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es



Secciones.

Con estas modificaciones se aumenta el número de localidades cubiertas en la segunda gradería que, además, pasan a ser localidades sentadas y numeradas en los corners y goles.

El aforo de la tercera gradería es de 13.252 espectadores sentados y hasta 16.500 espectadores de pie, lo que convierte al NOU CAMP en el mayor estadio de España.



Vista parcial de fachada.

Las obras comenzaron el 21 de julio de 1980, finalizando los trabajos correspondientes a la ampliación el 30 de enero de 1982.

Descripción de la obra

La tercera gradería, yuxtapuesta a las anteriores, se superpone a las mismas en todo el perímetro del estadio excepto en el sector de tribuna cubierta y va aumentando en anchura y altura, desde su unión (ya prevista) con la antigua estructura hasta alcanzar, en el eje del lateral, una cota máxima de 46,60 m y una proyección horizontal de 22,60 m.

La estructura diseñada para soportar la nueva gradería es independiente de la anterior y está dividida transversalmente por juntas de dilatación, que delimitan 14 zonas compuestas por un número variable de pórticos (de 4 a 9) arriostrados entre sí. De esta forma, la nueva estructura no afecta a las condiciones de estabilidad de la anterior.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

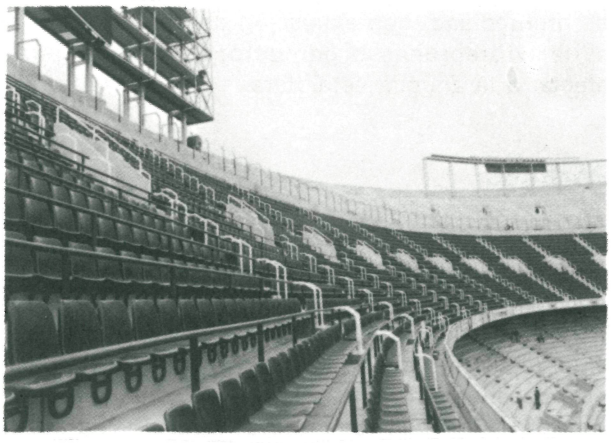
Los accesos conjuntos para la segunda y la tercera gradería, se efectúan por 4 rampas de 6 m de anchura, con tramos exteriores suspendidos, 18 núcleos de escalera y 4 ascensores de 40 plazas cada uno. El sótano del lateral se aprovecha como aparcamiento cubierto para 250 vehículos, con comunicación al exterior por medio de un túnel construido al efecto.

Todas las localidades sentadas están dotadas de asientos de polipropileno en los colores del Club, fijados a la tabica de la grada para facilitar las tareas de limpieza del estadio. Se han construido 60 palcos privados, sobre la coronación de la segunda gradería, con una capacidad individual de 16 localidades sentadas y servicios de agua y luz.

En fachada se ha mantenido la modulación de la estructura del estadio, reproduciendo en los pilares exteriores actuales la característica forma de los anteriores, con la innovación de las rampas colgadas, adosadas al perímetro. Tanto estas últimas como los forjados se rematan en sus bordes con barandillas mixtas de perfiles metálicos laminados y placas de hormigón.

El perímetro superior de la estructura se corona con un peto protector y antiviento, acabado, al igual que el resto de la estructura, en hormigón gris visto, lo que facilita su conservación. Los paños correspondientes a los núcleos de escalera y a los dos últimos forjados que acometen en fachada, se cierran con lamas de celosía.

La necesidad de ampliar la iluminación del campo de juego, junto con el nuevo alumbrado general y de emergencia de la tercera gradería y la instalación de dos videomarcadores, sobre estructura metálica de apoyo en las zonas de portería, con un consumo de 700 kw cada uno, ha exigido una remodelación de las estaciones transformadoras.



Vista parcial del tercer graderío.

Vista general de las obras.

En la actualidad se cuenta con cuatro centros de transformación, uno de 1.260 kw bajo tribuna dos de 1.600 kw cada uno, en porterías norte y sur bajo los marcadores y otro de 630 kw en el lateral. Dos líneas de interconexión con la compañía eléctrica suministradora, garantizan que, en caso de fallo de una de ellas, la otra pueda servir la totalidad de la potencia solicitada.

La iluminación del terreno de juego se amplía con la colocación de 54 proyectores de 2.000 W, sobre los corners de lateral y 42 en tribuna. Los anteriores, junto con los 38 proyectores de 9.000 W existentes en tribuna y los 96 de 4.000 W que se han traslado a una estructura metálica auxiliar (con pasarela de revisión) desde su antiguo emplazamiento en la segunda gradería, confieren una iluminación de:

— 1.700 lux en el plano horizontal sobre el terreno de juego, con un coeficiente de uniformidad media de 0,71;

— 2.200 lux en el plano vertical a 1,5 m del suelo, en la dirección del emplazamiento de la cámara principal de retransmisión.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Condicionantes básicos de la ejecución

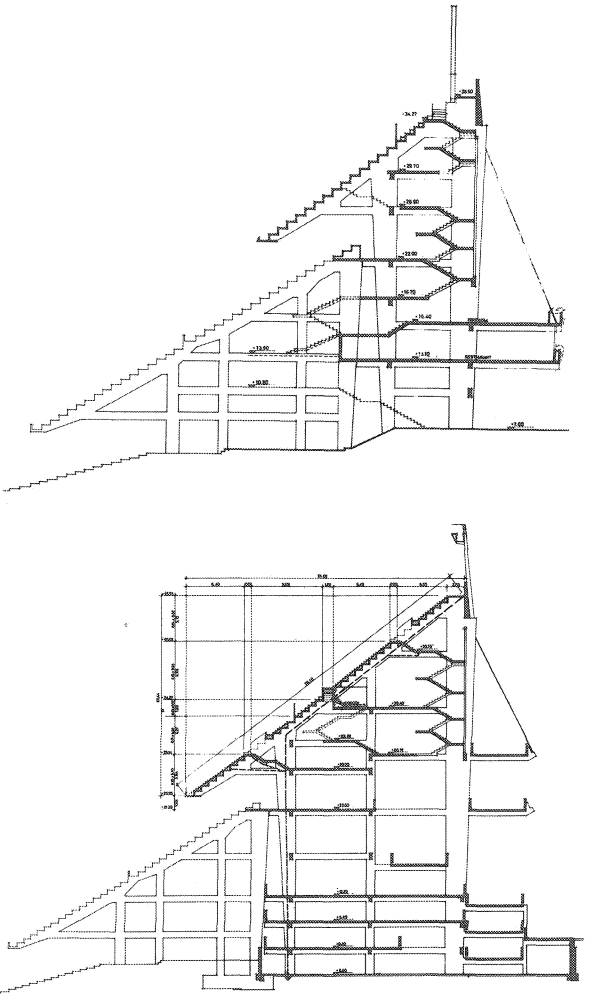
El sistema de ejecución elegido por la Empresa Constructora y la planificación de las obras, han estado supeditados al plazo de ejecución de 18 meses y a la ineludible necesidad de celebrar en el estadio, durante la ejecución de las obras, todas las competiciones oficiales y extraordinarias, tanto nacionales como internacionales, sin disminuir el aforo. El acceso normal del público quedó asegurado en todos los sectores, reduciendo exclusivamente en un tercio la capacidad de algunos accesos y desviando al público de la zona afectada por la obra.

Las necesidades anteriores y las características geométricas de la obra, impulsaron a la utilización masiva de elementos prefabricados, para facilitar y acelerar la ejecución. Habida cuenta del terreno disponible, la fabricación en la propia obra presentaba la ventaja de reducir, e incluso suprimir, el transporte y permitir un mayor control sobre el replanteo y la ejecución de los elementos.

La erección de la estructura se efectuó por fases completas, delimitadas por las juntas de dilatación. Se emplearon dos equipos de ejecución, uno por cada lado del eje de simetría del estadio, posibilitándose la utilización anticipada de las zonas acabadas.

La construcción se comenzó por los corners de lateral, siguiendo hacia su centro, lo que permitió la instalación de las dos nuevas baterías de proyectores antes de proceder al desmontaje de los focos sobre la segunda gradería. Así se aseguró la continuidad de la iluminación, facilitándose la ejecución previa del aparcamiento en los sótanos del lateral.

Secuencia de ejecución.



Pórticos tipo.

Sistema constructivo

Cimentación

Dadas las características del terreno, se ejecutó por pilotes in situ de 0,45 x 1,60 m y hasta 17 m de profundidad, con extracción de tierras, a fin de evitar vibraciones o percusiones que pudieran afectar a la antigua estructura.

Pórticos

Debido a la distribución radial, su separación varía de un mínimo de 4,5 m en su parte interior, a un máximo de 6,5 m en el exterior. Por su proyección en planta comienzan con un solo vano, que va aumentando hasta alcanzar una distancia entre ejes de pilares de 9 m, a partir de la cual aparece un segundo vano, que crece de nuevo hasta alcanzar otros 9 m en el eje del lateral.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Las vigas y riostras de hormigón armado se prefabricaron en obra, con armaduras en espera en sus extremos que se enhebraban después con la de los pilares in situ, por lo que, una vez hormigonado el nudo, resulta un entramado hiperestático.

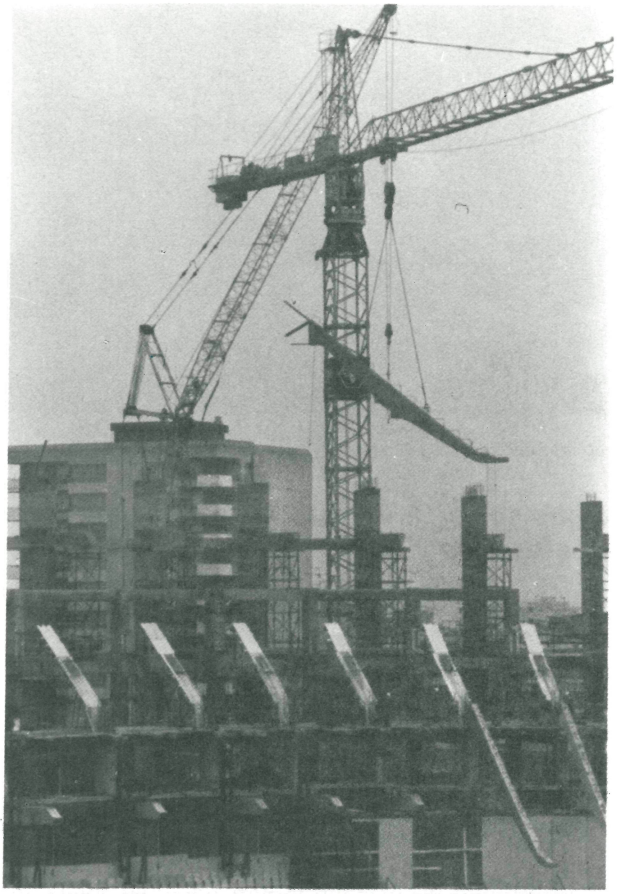
Las juntas de dilatación se han resuelto con un solo pilar, apoyando las riostras por el lado de la junta en apoyos deslizantes sobre ménsulas metálicas empotradas en los pilares, que quedan recubiertas por un cajeado del extremo de la riostra.

Los pilares interiores de 0,55 x 1,10 m y los exteriores de 0,55 x 2,10 a 3,30 m se hormigonaron con un encofrado trepante, dotado de un sistema de pistón para resolver las caras trapeciales, contando con husillos de equilibrado y nivelación y apertura en dos diedros, con ángulo artículado a su vez. Un carro de desplazamiento para desencofrado permitía el acceso para las labores interiores. Se disponía además de tres plataformas de trabajo: una superior de hormigonado, una intermedia de manipulación y un andamio colgante interior, para repasos y recuperación de las consolas de trepado.

El encofrado se moduló por elementos, pudiendo ejecutar pilares de altura variable entre 1,00 m y 5,25 m con objeto de resolver todos los casos posibles.

Una vez hormigonados los tramos de pilares necesarios, se recibían sobre las ménsulas situadas al efecto en los bordes superiores de los encofrados, y sin retirar éstos, las vigas principales y las riostras correspondientes. Finalmente, se montaban los encofrados de los nudos con los pasos necesarios para las vigas, que se prolongaban 30 cm por encima de éstas, sirviendo de guía para el trepado del tramo superior y conteniendo los alojamientos para la fijación de las consolas de trepa.

Sistema de encofrado de pilares.

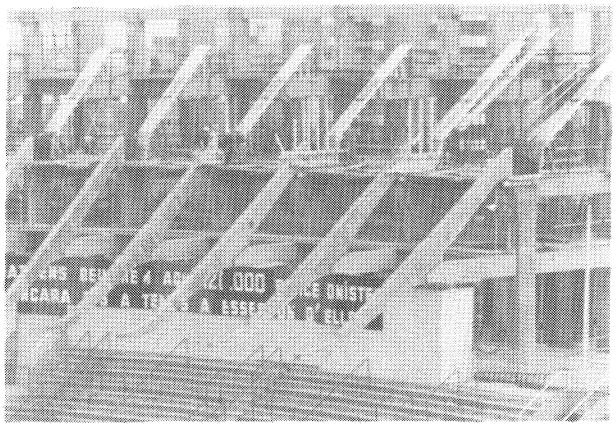


Instantánea de montaje de la viga gradería en voladizo.

Las vigas inclinadas de gradería se prefabricaron igualmente por tramos, empotrándose en los pilares con nudos in situ.

El extremo interior en voladizo de 12 m de proyección horizontal y 8 t de peso se prefabricó en hormigón armado en obra. Una vez apoyado en el pilar interior y en una viga inferior en voladizo apuntalada, la fijación definitiva se efectuó hormigonando el nudo con el pilar, soldando la unión con la viga y desapuntalando esta última. Este complejo voladizo sobre la segunda gradería pudo ejecutarse sin interferir el uso de la misma. A fin de poder salvar las dimensiones de la estructura, su montaje se realizó con una grúa automóvil sobre neumáticos, de 250 tonelámetros, 50 m de pluma y 35 m de plumín auxiliar.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es



Voladizos de la tercera graderia.

Vigas soporte de rampas colgadas y cafeterías

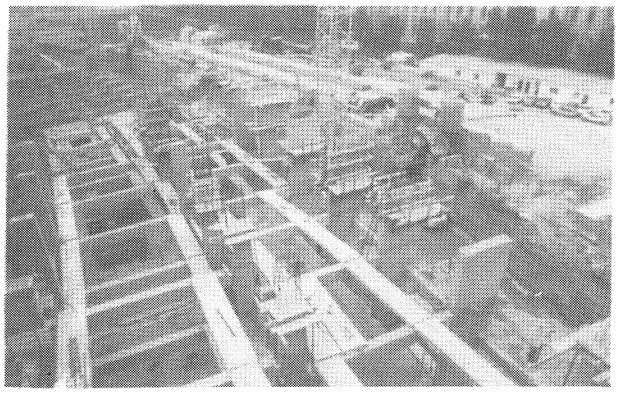
Se prefabricaron en obra, en hormigón armado. Se montaron apoyándolas en pastillas de neopreno sobre las ménsulas metálicas empotradas en los pilares, con dispositivos anti-desplazamiento, consiguiéndose así su articulación. Su extremo exterior se suspendió de un tirante metálico (ø 50 milímetros) de acero de alta resistencia con rosca a presión y anclado en la cabeza de los pilares.

La utilización de una estructura metálica ligera facilitó la sustentación de las vigas, durante la operación de enhebrado de los tirantes.

El hormigonado de una capa de compresión sobre las losas de forjado, confiere al conjunto la rigidez necesaria.

Forjados

Se utilizaron losas prefabricadas pretensadas alveoladas, de 20 cm de canto y hasta 6,60 m de longitud, moduladas en anchos de 1,10 metros.



Detalle de estructura.

La elección de estos elementos se basó en su excelente relación peso/resistencia y el acabado continuo de sus superficies, que permite utilizarlas directamente como pavimento y techo.

Estas losas, que fueron los únicos elementos no prefabricados en obra, se utilizaron tanto en los sótanos de garaje como en las entreplantas y en las rampas. Su montaje se efectuaba a medida que se ejecutaba la estructura, lo que simplificó grandemente la difícil circulación interior.

Escaleras

Los tramos de escaleras exteriores se ejecutaron en hormigón armado, prefabricados en obra, incluyendo el peldañeado. Se apoyaron a media madera, a fin de evitar discontinuidades sobre rellanos in situ, ya que la forma trapecial y las diferencias de dimensiones de estos últimos dificultaban extraordinariamente su prefabricación.

La misma solución se aplicó a las escaleras de vomitorios.

Gradas

A fin de asegurar la estanquidad se eligió el experimentado diseño de piezas en L con pestaña de solapo en el extremo de la tabla.

Al ser necesaria la fabricación de gradas en forma trapecial con tres alturas de tabica, individualmente a medida, por la disposición radial de los pórticos, se acordó la prefabricación en obra para facilitar su control y replanteo. Se ejecutaron en hormigón armado por ser de mayor versatilidad.

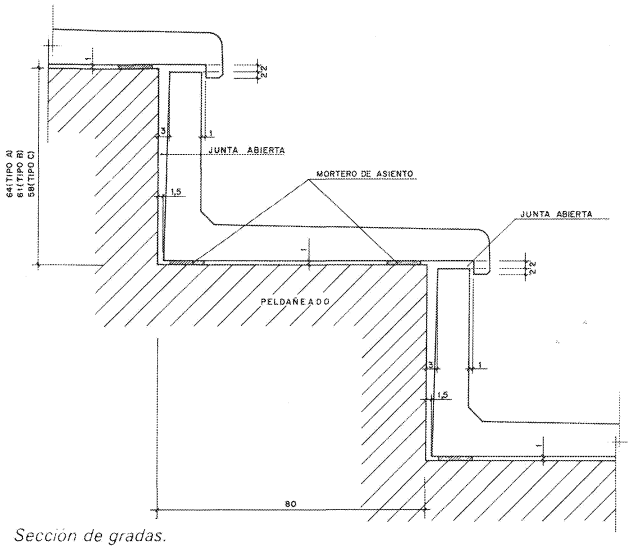
Las piezas se hormigonaron en posición invertida, volteándose antes del montaje, a fin de conseguir la cara vista superior con acabado de molde.

La unión transversal entre piezas se selló con una masilla elástica de estanquidad en junta simple. La unión longitudinal, gracias a la pestaña de solapo, no fue necesario tratarla.

La junta de dilatación se realizó, al igual que en el caso de los forjados, colocando apoyos deslizantes en el asiento de las gradas sobre la viga tribuna, por el lado de la junta.

Los asientos se montaron sobre soportes tubulares anclados a las gradas por pernos de expansión.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es



Sección de gradas.

Las barandillas metálicas y los petos antiavalanchas se fijaron sobre placas de anclaje ancladas en las piezas y con pernos de expansión.

En las zonas con localidades de pie se colocaron elementos superpuestos en forma de U invertida, de hormigón armado prefabricados en obra. Ello permite duplicar el número de huellas, pudiendo retirarse en el momento en que dichas localidades se transformen en sentadas.

Barandillas y peto de coronación

Las barandillas de escaleras, rampas y entreplantas se han realizado con placas de hormigón de 6 centímetros de espesor, recercadas superior e inferiormente por perfiles metálicos en forma de U.

El peto antiviento de remate, en el perímetro de la tercera gradería, se ejecutó en placas de 1,50 x 4,00 m, anclándose sobre la viga riostra de coronación.

Cálculo

El proceso de cálculo ha estado adaptado al sistema constructivo seguido. Tanto la combinación de hipótesis de carga como la obtención de esfuerzos, así como el armado y dibujo de los diversos elementos, se ha realizado con un ordenador dotado de plotter, que ha permitido obtener con gran rapidez los planos de despieces y armados.

La solución de una estructura portante en forma de malla triangulada que habría sido más ligera, no pudo adoptarse dada la altura y la distribución de masas, ya que el paso de rampas, escaleras y forjados a niveles cambiantes impedía la ubicación de elementos estructurales inclinados.

El sistema empleado fue la consideración de cada una de las 14 zonas, separadas por las juntas de dilatación, como un pórtico tridimensional, con jácenas y riostras unidas a los pilares por nudos rígidos.

Se adoptó como criterio de diseño el de pilares más rígidos que las jácenas. De esta forma si, por la causa que fuere, se sobrepasasen los esfuerzos previstos, aparecerían rótulas plásticas en las jácenas y no en los pilares, con lo que es mucho más difícil el colapso estructural. De esta forma, además, se pueden soportar sin excesivas complicaciones asientos diferenciales en los apoyos de la estructura y, en caso de un seismo intenso, la absorción de energía se realizaría en puntos que no comprometen la estabilidad de conjunto.

Por tratarse de una estructura sin paredes de cerramientos, situada en una zona de sismicidad media y sometida a efectos térmicos, con cargas estáticas descentradas, donde los espectadores están concentrados en la zona superior, produciéndose levantamientos súbitos ante un gol y con posibilidad de recibir ráfagas de viento a una considerable altura sobre el suelo (46 m), se consideró imprescindible un detenido estudio de la deformabilidad horizontal del conjunto.

Dado que la ausencia de paredes disminuye notablemente la rigidez en relación a edificios normales de la misma altura y que el coeficiente de amortiguación de las oscilaciones es muy pequeño, se han estudiado los períodos propios de vibración con sus correspondientes deformadas, lo que ha facilitado un dimensionamiento más ajustado que si se hubieran aplicado los coeficientes generales previstos en las normas.

En el dimensionamiento de los elementos se ha cuidado de dotar a la estructura de la rigidez necesaria frente a oscilaciones excesivas, para evitar molestias en los espectadores debidas a movimientos rápidos de cierta amplitud.

Prefabricados

Anteriormente se han descrito las razones para optar por la utilización de elementos prefabricados

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

en obra. A continuación enumeramos someramente sus características:

12.000 ml de grada de 0,80 x 0,60 m con 10 cm de espesor y longitud variable entre 4,50 y 6.50 m (Peso máximo 2.500 kg/ud).

4.000 ml de jácenas de 0,45 x 0,80 m con longitudes comprendidas entre 1,00 y 8,00 m.

2.500 ml de riostra de 0,30 x 0,60 m con longitudes variables entre 4,50 y 6,50 m.

500 ml de viga de graderío de 0,35 x 0,90 m con longitudes variables de 1,00 a 9,00 m.

78 Uds. iguales de viga graderío en voladizo, de 0,35 m de ancho, altura variable con un máximo de 0,90 m con 14 m de longitud y 8 t de peso.

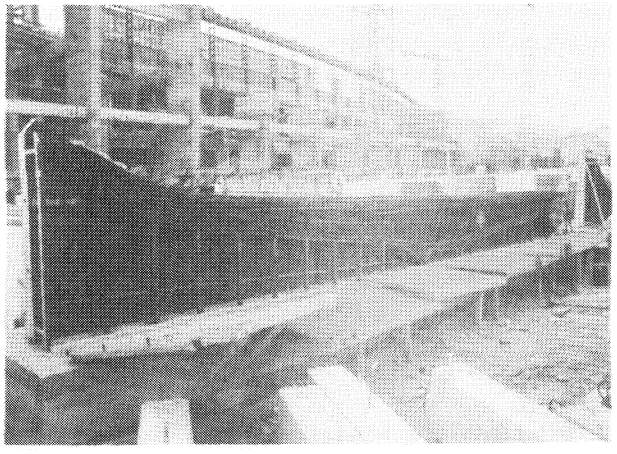
500 Uds. de zancas de escalera y pasarelas de vomitorios, incluyendo el peldañeado, de 1,40 m de ancho, hasta 4,50 m de longitud y 16 cm de espesor.

2.400 m^2 de peto de coronación en placas, de 1,50 x 4,00 m y 10 cm de espesor.

9.000 Uds. de placa de barandillas, de 0,50 x 0,90 metros y 6 cm de espesor.

Para la fabricación de estos elementos se realizaron más de 1.000 ml de bancadas metálicas de diversos tipos.

El montaje de los distintos elementos, excepto la viga graderío en voladizo, se efectuó con 7 grúas-torre sobre carril, circunvalando el perímetro del estadio. Las características generales de estas grúas eran:



Molde y armado de elementos prefabricados.

— Alcance ..... 45 m
— Altura bajo gancho ..... 54 m
— Carga máxima ..... 10 t
— Carga en punta ..... 2,8 t

VOLUMENES GLOBALES DE OBRA

28.000 m^3 de hormigón
2.000 t de acero
32.000 m^2 de forjados
10.000 m^2 de gradas

Equipo encargado de la ejecución de la obra

ARQUITECTOS DIRECTORES:

José Soteras Mauri
Francisco Mitjans Miro
Lorenzo García-Barbón
Francisco Cavaller Soteras
Antonio Bergnes de las Casas
Juan Pablo Mitjans Perelló

ARQUITECTOS TECNICOS:

José Soteras Domenech
Vicente Galiana Alvarez
Andrés Casaus Tocino
Ramón Domenech Fortuny

DELEGADOS DE LA COMISIÓN DE OBRAS DE LA JUNTA DIRECTIVA:

José Casals Rubies
Francisco Pulido

ESTRUCTURA: INDUS CALCULO, S. A.

Ramón Pedrerol Jardí
Manuel García Cabrera

EMPRESA CONSTRUCTORA: HISPANO-ALEMANA DE CONSTRUCCIONES, S. A.

DIRECTOR DE LA OBRA:	Ramón Melón Gallego
JEFE DE PROYECTO:	Angel Munté Aresté
JEFE DE OBRA:	Francisco San Miguel
JEFE DE FABRICACION:	Salvador Villegas
JEFE DE TOPOGRAFIA:	Felipe García Melón

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es