

PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DEL ESTADIO OLÍMPICO DE SEVILLA

Virginio Moreno López.

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Estadio Olímpico de Sevilla S.A.

Jorge Almazán Fernández de Bobadilla.

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Estadio Olímpico de Sevilla S.A.

Antonio J. Molina Ortiz.

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

AYESA.

Alejandro Alfaro Rodríguez.

Ingeniero Industrial.

AYESA.

José Ballesteros Alcalá.

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

ACS, Proyectos, Obras y Construcciones, S.A.

RESUMEN

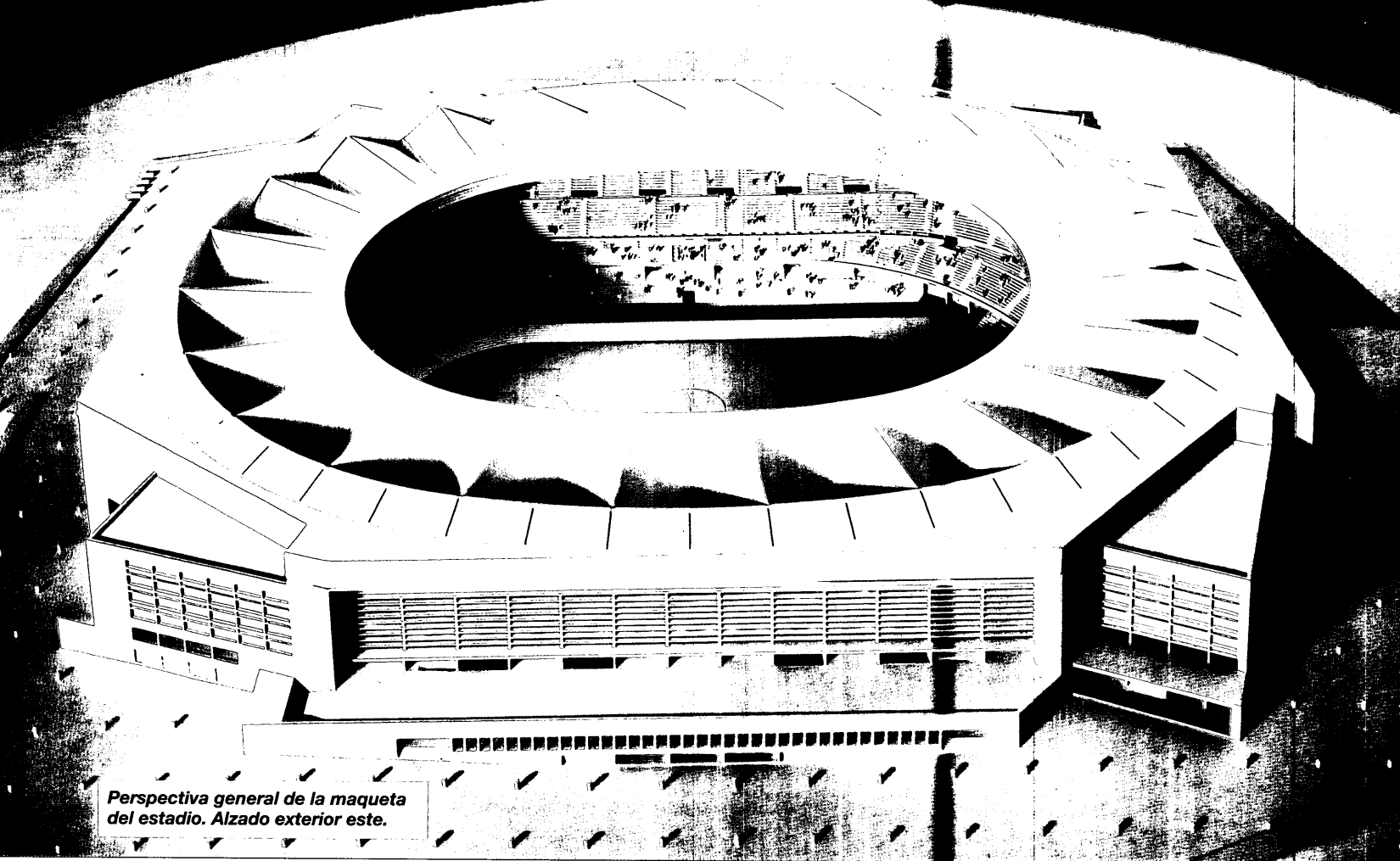
En abril de 1.997 se inició la construcción del Estadio Olímpico de Sevilla ya que en marzo de 1997, la Federación Internacional de Atletismo designó la ciudad de Sevilla como sede de los VII Campeonatos Mundiales de Atletismo, que se celebrarán del 20 al 29 de Agosto de 1999. La difusión de esta competición deportiva sólo es superada por los Juegos Olímpicos y los Campeonatos Mundiales de Fútbol, lo que refleja claramente su importancia en el concierto deportivo internacional. Esta designación proporcionó el impulso definitivo para un proyecto contemplado desde las primeras planificaciones de la isla de La Cartuja a mediados de los años ochenta, la construcción de un nuevo Estadio ubicado junto al recinto de la Exposición Universal de 1992, que se beneficia de sus magníficas dotaciones de infraestructuras. Lo reducido del plazo disponible para el desarrollo del Proyecto y ejecución de las obras no ha torcido la decidida voluntad inicial de formular un proyecto de futuro, que contempla espacios multifuncionales para usos complementarios que contribuyen a alcanzar una adecuada rentabilidad económico-financiera de las inversiones precisas.

ABSTRACT

The construction of the Olympic Stadium of Sevilla began in April, 1997, following the nomination in March of that year by the International Federation of Athletics, of Sevilla, as the scene of the VII World Championship of Athletics from August 20 to 29, 1999. This Championship is surpassed only by the Olympic Games and the Football World Cup. The nomination of Sevilla imparted the final momentum to the project dating from the eighties as part of the plan for the Island of La Cartuja when it was decided to build the new stadium beside the Expo of 1992, taking advantage of the magnificent infrastructures of the exhibition. The small area available for the development of the project and the building work has not dampened the enthusiasm and the determination to carry out the plan with multifunctional services for other uses which will contribute to the financial success of the investment.

Se admiten
comentarios a este
artículo, que deberán
ser remitidos a la
Redacción de la ROP
antes del 30 de
enero de 1999.

Recibido en ROP:
noviembre de 1998



Perspectiva general de la maqueta del estadio. Alzado exterior este.

1. ANTECEDENTES

La Sociedad Estadio Olímpico de Sevilla S.A. se constituye en noviembre de 1995, con el objetivo prioritario de promover y gestionar la construcción y explotación de un nuevo estadio multifuncional que posibilite rentabilizar adecuadamente el volumen de inversiones que requiere una intervención de esta magnitud. Para ello no sólo se cuenta con la participación de todas las administraciones públicas (estatal, autonómica, provincial y local); también se compromete la colaboración de los dos grandes clubes de fútbol de la ciudad (Sevilla Fútbol Club S.A.D. y Real Betis Balompié S.A.D.) que participan asimismo del capital social desde 1996.

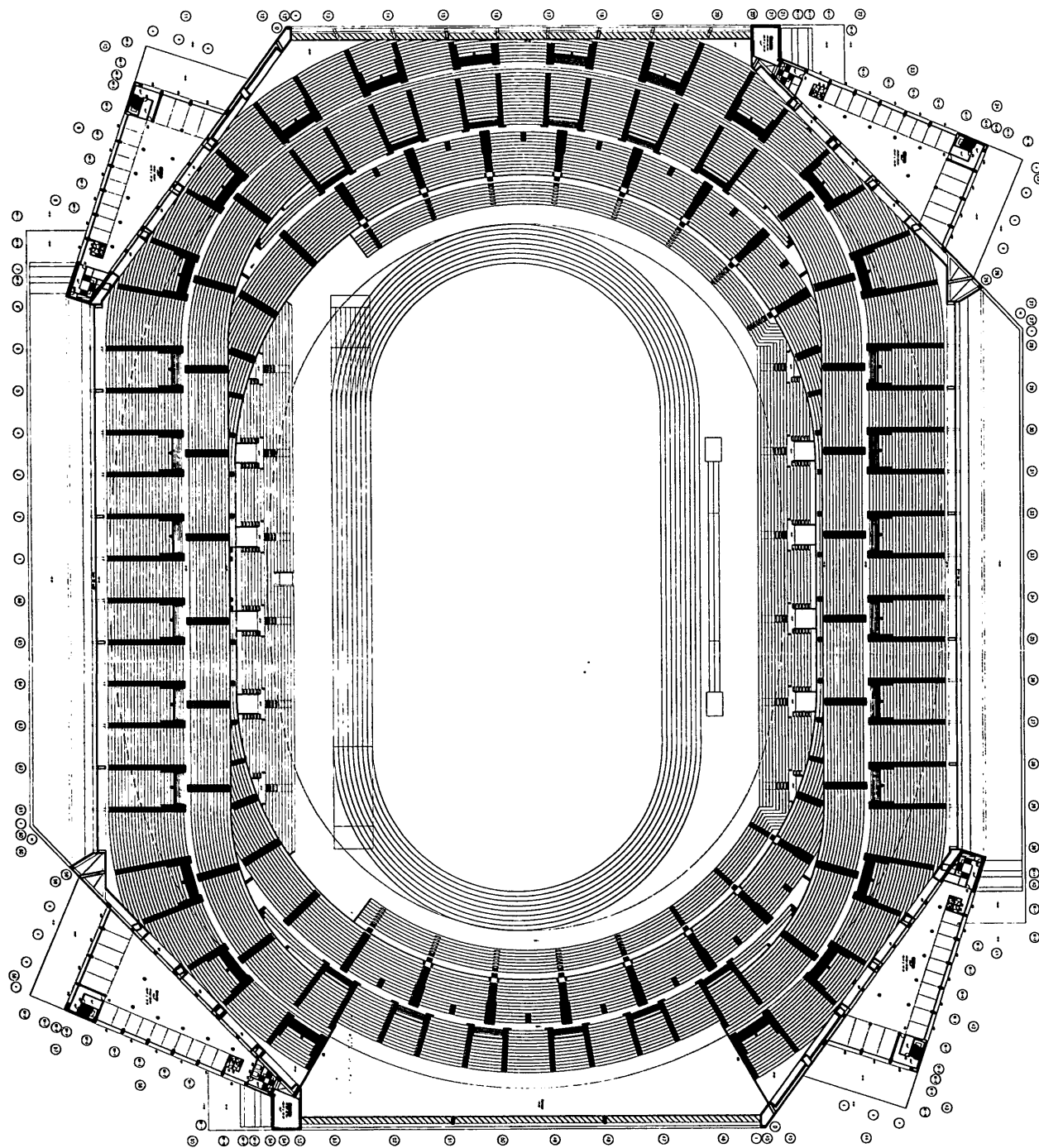
La percepción actual del deporte en la sociedad supera ampliamente el concepto simple de competición deportiva, y tiene indudablemente una importancia creciente como manifestación cultural, de negocios y espectáculos. Por ello, el proyecto del Estadio Olímpico de Sevilla se aborda con el convencimiento de que se requiere mucho más que un simple recinto deportivo, y nace como una apuesta decidida de los poderes públicos con el objetivo de convertirlo en el centro neurálgico del deporte en Andalucía.

Para el diseño y elaboración del proyecto se contrata un prestigioso equipo pluridisciplinar, integrado por los arquitectos

Antonio Cruz y Antonio Ortiz y la empresa consultora de ingeniería Aguas y Estructuras, S.A. (AYESA), a los que se encarga el desarrollo de un nuevo concepto de estadio, que no se debe limitar al programa tradicional de las instalaciones deportivas, ya que ha de contemplar una amplia variedad de usos complementarios: palcos privados, localidades VIP, áreas de restauración, zonas de ocio, comerciales deportivos, oficinas de entidades deportivas, etc.; de manera que se propicie un uso cotidiano e intenso del complejo edificado.

2. SITUACIÓN

La localización del estadio en el sector noroeste de La Cartuja, junto al recinto de la Exposición Universal de 1992, le confiere unas condiciones magníficas respecto a las dotaciones de infraestructuras urbanas básicas, transportes y comunicaciones. Los accesos por carretera disponen de conexiones directas con la red de autovías de circunvalación del área metropolitana de Sevilla, y la remodelación de la Ronda Supermorte, que está ejecutando el Ministerio de Fomento, mejora notablemente las condiciones de acceso al Aeropuerto de Sevilla. Un nuevo apeadero de Renfe situado frente a la fachada oeste del estadio facilitará el acceso de los usuarios por ferrocarril, y la proximidad del he-



Planta general. (plano).

lipuerto de La Cartuja permite contemplar la utilización de este modo para desplazamientos singulares.

Las superficies de aparcamiento construidas por EXPO'92 frente a la parcela del estadio, que serán destinadas al público en general, tienen capacidad para el estacionamiento de

10.000 turismos. Se cuenta además con 3.000 plazas adicionales de aparcamiento en superficies con acceso restringido, para transporte colectivo en autocares y turismos acreditados.

En otro orden, las actividades existentes y planificadas en el entorno inmediato del estadio, no sólo resultan coherentes y



Vista general de las obras en la fase de cimentación.

compatibles con los objetivos propuestos para el mismo, sino que complementan su oferta adecuadamente. La presencia del Parque Temático "Isla Mágica", el parque del Alamillo (la zona verde más extensa del área metropolitana), la sucesiva implantación de facultades y escuelas universitarias, el desarrollo del Parque Tecnológico "Cartuja 93", y otras instalaciones deportivas complementarias, configuran un marco privilegiado fundamental para el desarrollo futuro de la ciudad.

3. PROGRAMA DE PROYECTO

3.1. CRITERIOS BÁSICOS DE PROYECTO

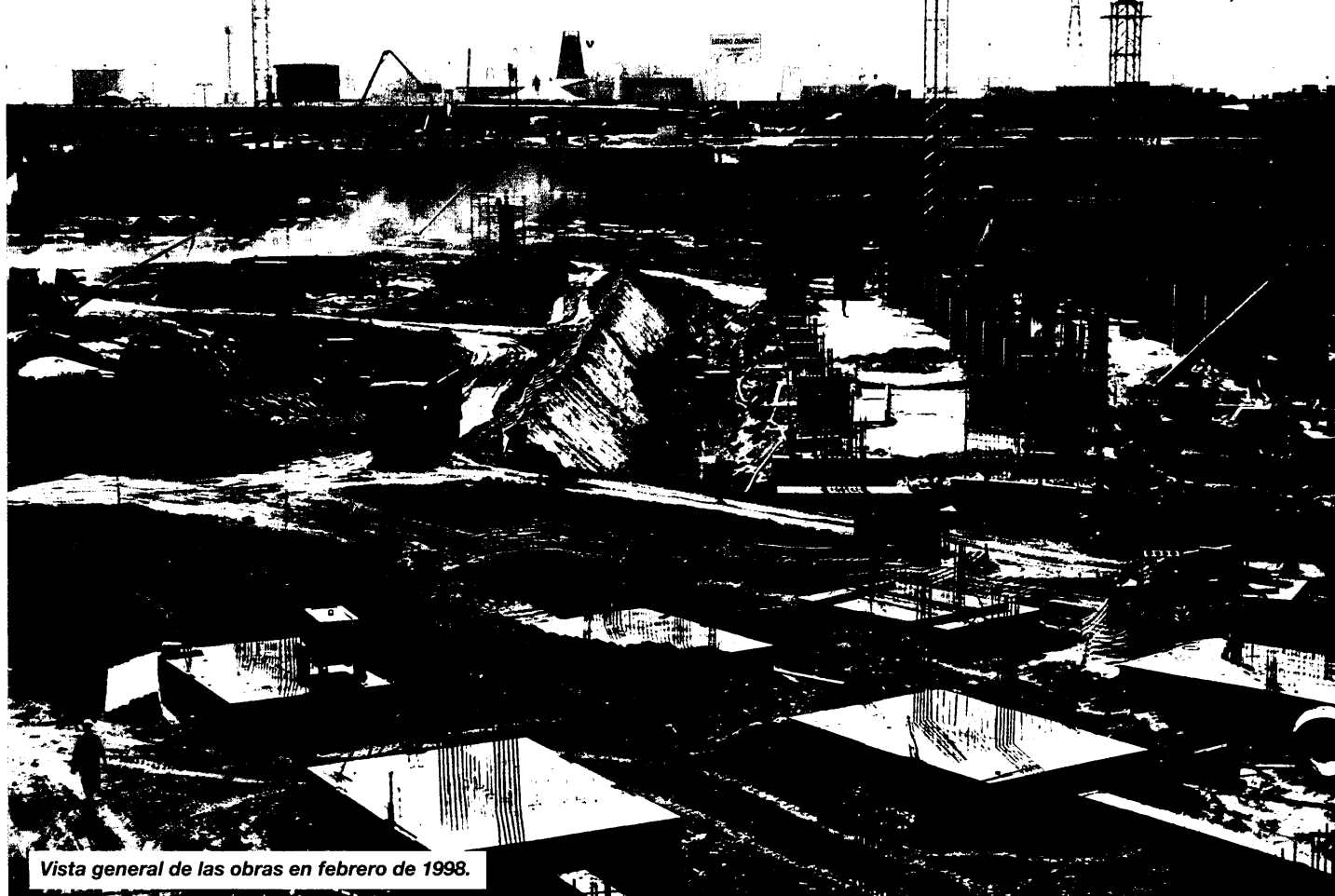
En primer lugar hay que resaltar la determinación por conseguir un estadio capaz de proporcionar al usuario la recepción de un espectáculo en las mejores condiciones posibles de confort y comodidad, tanto en su condición de espectador (condiciones de visibilidad, comodidad de los asientos, amplitud de espacios, calidad de audición, etc.), como en otros aspectos (ordenación de accesos y aparcamientos, orientación y señalización de puntos de entrada, circulaciones interiores, servicios complementarios, etc.). De ello derivan una serie de decisiones orientadas a la consecución de este objetivo; como el diseño de una cubierta de más de 40.000 m², que cubija el 96% de las 58.650 plazas de asiento del estadio. También se ha puesto especial interés en alcanzar unas condiciones óptimas de visibilidad desde todas las zonas del Estadio, que se refleja en el diseño transversal del graderío, y la concepción y

ejecución de las vigas prefabricadas destinadas al mismo. De acuerdo con estos criterios de categoría y confortabilidad se han proyectado en los dos laterales del estadio (preferencia y fondo) un total de 48 palcos, que se disponen colgados del forjado inmediatamente superior, para conseguir las mejores condiciones de visibilidad posibles.

Otro criterio fundamental de proyecto es intentar una adecuada integración paisajística del edificio, aspecto que ha marcado decisivamente su concepción y diseño. En efecto, con objeto de respetar y embellecer en la medida de lo posible el medio natural, dada la ubicación del estadio en zona de vega del Guadalquivir, junto al Parque del Alamillo, dónde predomina el paisaje horizontal al que da frente la cornisa del Aljarafe, se desarrolla un edificio que, a pesar de sus dimensiones, presenta una silueta muy horizontal, lo que reduce su impacto visual. Para lograr simultáneamente los objetivos de capacidad requerida e integración medioambiental, se ha actuado principalmente en dos sentidos:

▼ Se diseña una *cubierta tensada* con cables, que no requiere la implantación de mástiles que se eleven sobre ella, sin que ello suponga contradicción con los parámetros esenciales de este tipo de estructuras.

▼ Se *deprime la cota de la pista deportiva* respecto a la topografía natural del terreno, por debajo del nivel freático, lo que obliga a la ejecución de un recinto estanco de muros pantalla de hormigón armado empotrados a más de 20 metros de profundidad en una capa impermeable de margas azules.



Vista general de las obras en febrero de 1998.

Se trata en definitiva de lograr un espacio adaptado al entorno en el que se ubica, proporcionando a la ciudad un nuevo centro de esparcimiento y ocio, integrado en zonas verdes y deportivas.

Otro de los criterios básicos de proyecto ha sido diseñar un complejo accesible a todas las personas. Esta profunda determinación deriva de la creciente y más que justificada necesidad de un diseño universal, creando un entorno en el que todas las personas puedan desarrollar su vida con autonomía. Esta preocupación queda reflejada en la concepción del Estadio Olímpico de Sevilla, más allá del mero cumplimiento de la normativa preceptiva, planteando un acceso seguro y rápido para personas discapacitadas o de movilidad reducida, con plazas adecuadas para presenciar el espectáculo deportivo.

3.2. USOS PREVISTOS Y CUADRO DE SUPERFICIES

La celebración de los Campeonatos Mundiales de Atletismo de 1999 induce a dimensionar el edificio con una superficie construida sensiblemente superior a la disponible en instalaciones deportivas tradicionales. Con objeto de satisfacer estas necesidades, y rentabilizar su futuro aprovechamiento a la terminación de los Campeonatos, se proyecta un complejo deportivo-recreativo, en el que las competiciones deportivas constituyen el foco de actividad de mayor intensidad, pero se complementan con otros usos que fomentan actividades cotidianas, cuya utilización no se reduce a los días de celebración de espectáculos deportivos.

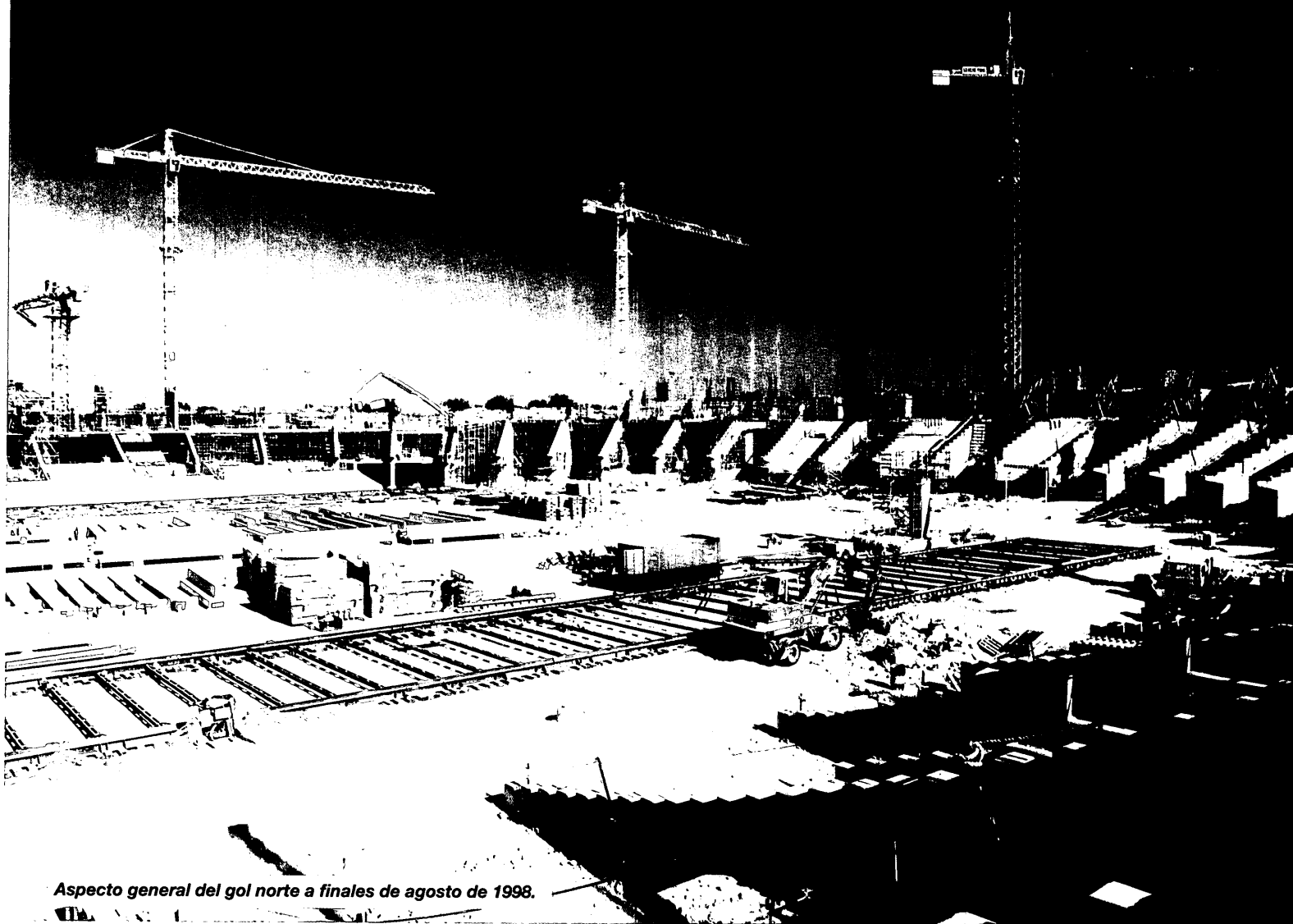
Las superficies construidas en el estadio se pueden clasificar básicamente en tres grupos, atendiendo a su uso principal:

- ▼ El primero comprende las zonas destinadas al uso deportivo y de espectáculos: terreno de juego, graderíos, zonas de acceso y circulación de público, aseos, vestuarios, áreas de calentamiento, zonas VIP, salas de prensa, despachos de organización de competiciones, etc..
- ▼ En segundo lugar se pueden considerar los espacios de ocio y comerciales ligados a los espectáculos deportivos pero susceptibles de uso independiente: bares, restaurantes, espacios culturales, áreas de ocio y diversión.
- ▼ Por último, los espacios destinados a organismos y entidades deportivas que gestionan actividades diversas del mundo del deporte, tales como federaciones, empresas públicas de deportes, etc..

3.2.1. Programa desarrollado por plantas

▼ Planta cota -1.49 m.

En esta planta se sitúan los accesos directos al nivel de pista, y en ella se ubican los usos relacionados con la organización de competiciones deportivas (cámaras de llamadas, salas para árbitros y jueces, salas de premios, servicios médicos, etc.); espacios destinados a deportistas (vestuarios, zonas de calentamiento, etc.). También se contemplan los espacios necesarios para el propio funcionamiento del estadio (almacenes, salas de



Aspecto general del gol norte a finales de agosto de 1998.

bombeo, aljibes, etc.). Y una superficie interior de estacionamiento con capacidad para 68 automóviles y 8 autocares.

▼ *planta cota +4.46 m.*

Se organiza a través de una galería de circulación que permite el uso diferenciado de la crujía de fachada, que se destina a despachos de la organización de competiciones, medios de comunicación y sala de prensa. La superficie restante se destina a áreas de descanso de jueces, personal de la organización y personalidades.

▼ *planta cota +9.05 / 10.58 m.*

A este nivel se producen los accesos del público desde la calle a los graderíos de los goles norte y sur, y al graderío bajo de los sectores de preferencia y fondo; también se disponen espacios para restauración, comerciales y aseos.

▼ *planta cota +12.45 / 14.49 m.*

A esta cota se encuentran los accesos desde el exterior al graderío club y a los palcos de preferencia y fondo ubicados en las zonas oeste y este. También se sitúan en esta planta

áreas destinadas a la restauración, superficies para comerciales, y aseos.

▼ *planta cota +18.40 m.*

En esta planta se proyectan los accesos al graderío alto, a través de unas terrazas situadas en las fachadas de preferencia y fondo; destinándose la superficie interior a zonas de circulación de espectadores, bares y aseos.

▼ *Edificios de esquina*

Sobre las escaleras de acceso al graderío alto, se proyectan en los cuatro vértices del edificio cuatro plantas que permiten configurar adecuadamente los alzados del estadio, y proporcionan una superficie suficiente para la demanda de oficinas del propio estadio, y otros organismos y entidades deportivas, así como para su explotación comercial, y negocios y actividades basadas en el ocio.

3.2.2. Cuadro de superficies

En el cuadro 1 se expone un resumen de las superficies de todo el estadio distribuidas por plantas.

CUADRO 1. Cuadro de superficies (estadio)

Uso	Superficie (m²)	Superficie útil (m²)	Superficie construida (m²)
Planta cota -1.49 m.			
Organización de competición	3.661	14.294	15.580
Protocolo	291		
Instalaciones	993		
Prensa	470		
Aparcamiento	7.076		
Planta cota +4.46 m.			
Protocolo	1.086	8.589	10.960
General	7.503		
Planta cota +9.05 / 10.58 m.			
Preferencia			
Circulaciones, aseos, bares, servicio médico, grada club, comerciales, etc.	6.864	24.913	25.300
Fondo			
Circulaciones, aseos, bares, servicio médico, grada club, comerciales, etc.	7.523		
Gol norte			
Circulaciones, aseos, disponibles, bares.	5.623		
Gol sur			
Circulaciones, aseos, disponibles, bares.	5.623		
Planta cota +12.45 /14.49 m.			
Preferencia(lateral oeste)		14.241	16.384
Zona club, bares, aseos, disponible, escaleras circulaciones	2.776		
Área de palcos	1.719		
Fondo (lateral este)			
Área comercial, bares, aseos, circulaciones	2.755		
Área de palcos	1.791		
Gol norte			
Circulaciones, aseos, disponibles, bares	2.600		
Gol sur			
Circulaciones, aseos, disponibles, bares.	2.600		
Planta cota +15.34 m.			
Aseos, disponibles.	1.372	1.372	1.596
Planta cota +18.40 m.			
Preferencia (lateral oeste)			
Circulaciones, bares, terraza.	3.468	11.339	13.224
Fondo (lateral este)			
Circulaciones, bares, terraza.	3.468		
Gol norte			
Circulaciones.	2.154		
Gol sur			
Terraza.	2.249		
Total estadio		74.748 m²	83.044 m²

En el siguiente cuadro 2 se reflejan las superficies disponibles en los edificios de esquina:

4. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

La licitación de las obras se ha realizado por concurso público, resultando adjudicataria la empresa ACS Proyectos, Obras y Construcciones S.A., que inició la ejecución de la excavación y cimentación del estadio el 18 de marzo de 1997. La fecha prevista de terminación del estadio es el 31 de marzo de 1999, con más de cuatro meses de antelación para la celebración de los Campeonatos Mundiales de Atletismo.

4.1. SERVICIOS AFECTADOS

La parcela donde se encuentra asentado el estadio estaba cruzada en dirección sur-norte por un conjunto de canalizaciones de redes de infraestructuras urbanas básicas instaladas con motivo de la Exposición Universal de 1992. Estos elementos resultaban afectados por la ejecución de la cimentación de la zona este del estadio.

Una vez recopilados los datos de las redes enterradas y la red aérea de alta tensión, se realizó el correspondiente proyecto de desvío de servicios afectados, que contempló los siguientes:

▼ *Agua potable*, esta red pertenece a la empresa municipal de aguas de Sevilla (EMASESA), la conducción es de fundición de $\varnothing$ 250 mm., reduciéndose posteriormente a $\varnothing$ 100 mm. del mismo material. Su función es dar servicio a las pistas de atletismo y al Parque del Alamillo, ambos situados al norte del estadio, la reposición afectó solamente al trazado de $\varnothing$ 250 mm.

▼ *Agua bruta*, esta red es propiedad de la Empresa Pública de Suelo de la Junta de Andalucía (EPSA), está realizada en tubería de fundición de $\varnothing$ 350 mm, dando servicio a las mismas instalaciones que el agua potable.

▼ *Saneamiento*. Dentro del saneamiento cabe diferenciar dos redes, una red principal formada por un colector de $\varnothing$ 2.200 mm y pozos circulares de hormigón armado de 3 m de $\varnothing$ y varias redes secundarias de recogida de aguas pluviales de aparcamientos, formadas por colectores de $\varnothing$ 800 mm de hormigón en masa y pozos de hormigón prefabricados, estas redes secundarias, acometían en la red principal en varios puntos.

El tramo afectado en el colector de $\varnothing$ 2.200 mm ha sido de 300 m y tres pozos. En cuanto a las redes secundarias, se han levantado las acometidas al colector principal y una vez desviado éste se realizaron las nuevas acometidas.

CUADRO 2. Cuadro de superficies (edificios)

Planta cota	Superficie útil (m²)	Superficie construida (m²)
+9.05	4.190	4.698
+13.13	2.916	4.698
+18.40	2.470	3.444
+22.65	2.982	3.690
+26.56	2.982	3.690
+30.47	2.982	3.690
+34.38	2.982	3.690
Total edificios	22.478 m²	26.626 m²

▼ *Telefonía*. El trazado estaba compuesto por un prisma de 24 tubos de 110 mm de $\varnothing$ y varias cámaras, la actuación realizada ha consistido en el desvío del prisma y reposición de cámaras.

▼ *Media tensión*. Se procedió al desvío de 2 líneas enterradas de 12/20 KV, formadas por 6 conductores de 240 mm de sección.

▼ *Alta tensión*. Se procedió al desvío de la línea aérea de doble circuito de 66 KV, con la instalación de cuatro nuevos apoyos.

▼ *Alumbrado público*. La actuación llevada a cabo, ha sido el desmontaje de las luminarias existentes así como las redes de alimentación.

4.2. MOVIMIENTO DE TIERRAS

El diseño del estadio, que se pretende proporcionado y adaptado a su entorno natural, requiere que el nivel del terreno de juego (cota +1,50) se sitúe muy por debajo del terreno existente (entre +7,00 y +11,00). Por ello, se ha ejecutado un movimiento de tierra importante, en parte bajo el nivel freático. Previamente se había realizado un seguimiento del nivel freático en la parcela, observándose una oscilación entre las cotas +0,50 y +3,00. Por esta razón, y para dotar de la suficiente estanqueidad el recinto, se proyectó un contorno cerrado mediante muros-pantalla de hormigón armado.

El movimiento de tierras se abordó en dos fases, en la primera se rebajó el terreno hasta la cota +4,50. A continuación, una vez realizadas las pantallas, se ejecutó la segunda fase de excavación en el interior del recinto. En total se excavaron unos 700.000 m³ de tierras, de los cuales 125.000 m³ se ejecutaron con agotamiento. Para ello, fue necesario realizar ocho pozos hasta el nivel de gravas, desde los que se bombeaba a sendos depósitos situados en el centro de la parcela. Desde estos depósitos, se realizaba un segundo bombeo hasta una arqueta de rotura situada en el exterior del recinto, desaguando en el río por gravedad.

4.3. MUROS PANTALLA DE HORMIGÓN ARMADO

Desde la plataforma excavada a la cota +4,50 se ejecutaron los muros-pantalla de hormigón armado con una profundidad media de excavación de 22,50 m., quedando empotrados en la capa de margas. En primer lugar se realizaron los muretes guía de hormigón armado; posteriormente se comenzó la excavación por bataches de cinco metros de anchura, utilizando lodos tixotrópicos para sostenimiento de las paredes. La armadura de cada batache estaba formada por mallas electrosoldadas y reforzadas con barras de acero corrugado. Esto confiere al conjunto una gran rigidez, necesaria durante las operaciones de izado y colocación.

Una vez hormigonado el panel, se retira el encofrado de la junta y se procede a la excavación del batache contiguo. De esta forma, se obtiene un machihembrado entre paneles con juntas semicirculares.

El perímetro total del recinto apantallado es de aproximadamente 1.000 m, por lo que la superficie de muros-pantalla ejecutada es de unos 22.500 m². De ellos unos 8.000 m² son de espesor 0,80 m, y 14.500 m² de 0,60 m. La pantalla de 0,80 m de espesor corresponde a la zona oeste del estadio en la que existe una planta de sótano más, acabada a la cota -1,50, mientras que en el resto del estadio la planta de sótano más baja está a la cota +4,50.

Dado que en la excavación de la zona oeste se alcanza hasta la cota -3,00, para evitar los esfuerzos de flexión correspondientes a un voladizo de 7,50 m, se ejecutaron 129 anclajes de 60 tm y 30 m de longitud con una inclinación de 30° respecto a la horizontal. La longitud total de anclajes ejecutada es de 3.870 m.

En total se han utilizado unos 15.000 m³ de hormigón y 1.100 tm de acero corrugado AEH500, lo que supone una cuantía de 73 kg/m³.

4.4. PILOTES

Debido a la escasa competencia del terreno superficial, la cimentación de los pilares de la estructura de hormigón se realiza mediante pilotes de hormigón armado moldeados "in situ" CPI-6 excavados utilizando como sostenimiento lodos tixotrópicos. Se han realizado 1.208 pilotes de diámetros comprendidos entre ø 650 mm y ø 1.500 mm, agrupados en 290 encepados, con una longitud total de 29.436 m y una media de 24,40 m de profundidad. Los pilotes se han hormigonado por encima de nivel inferior de encepado procediéndose posteriormente a su descabezado.

En el Cuadro 3 se resumen por diámetros las mediciones de los pilotes.

El volumen total de hormigón es de unos 28.500 m³ y la cantidad de acero utilizada para el armado ha sido 1.000 tm, lo que supone una cuantía media de 35 kg/m³.

CUADRO 3

ø	Nº	L (m)	L media (m)
650	132	2.783	21,1
850	404	8.717	21,6
1.000	269	7.157	26,6
1.250	127	3.504	27,6
1.500	276	7.276	26,4
Total	1.208	29.436	24,4

4.5. ENCEPADOS

Una vez ejecutados los pilotes se excavaron los encepados y riostras y se procedió al descabezado. Se extendió una capa de hormigón de 10 cm, sobre la que se montó la ferralla de encepados y riostras, y se encofraron y hormigonaron dejando las esperas necesarias para el arranque de pilares.

Los 290 encepados se clasifican en 28 tipos, siendo el tamaño máximo el correspondiente a los encepados de cuatro pilotes de ø 1.500 mm cuyas dimensiones son 8,00 x 6,70 x 2,50.

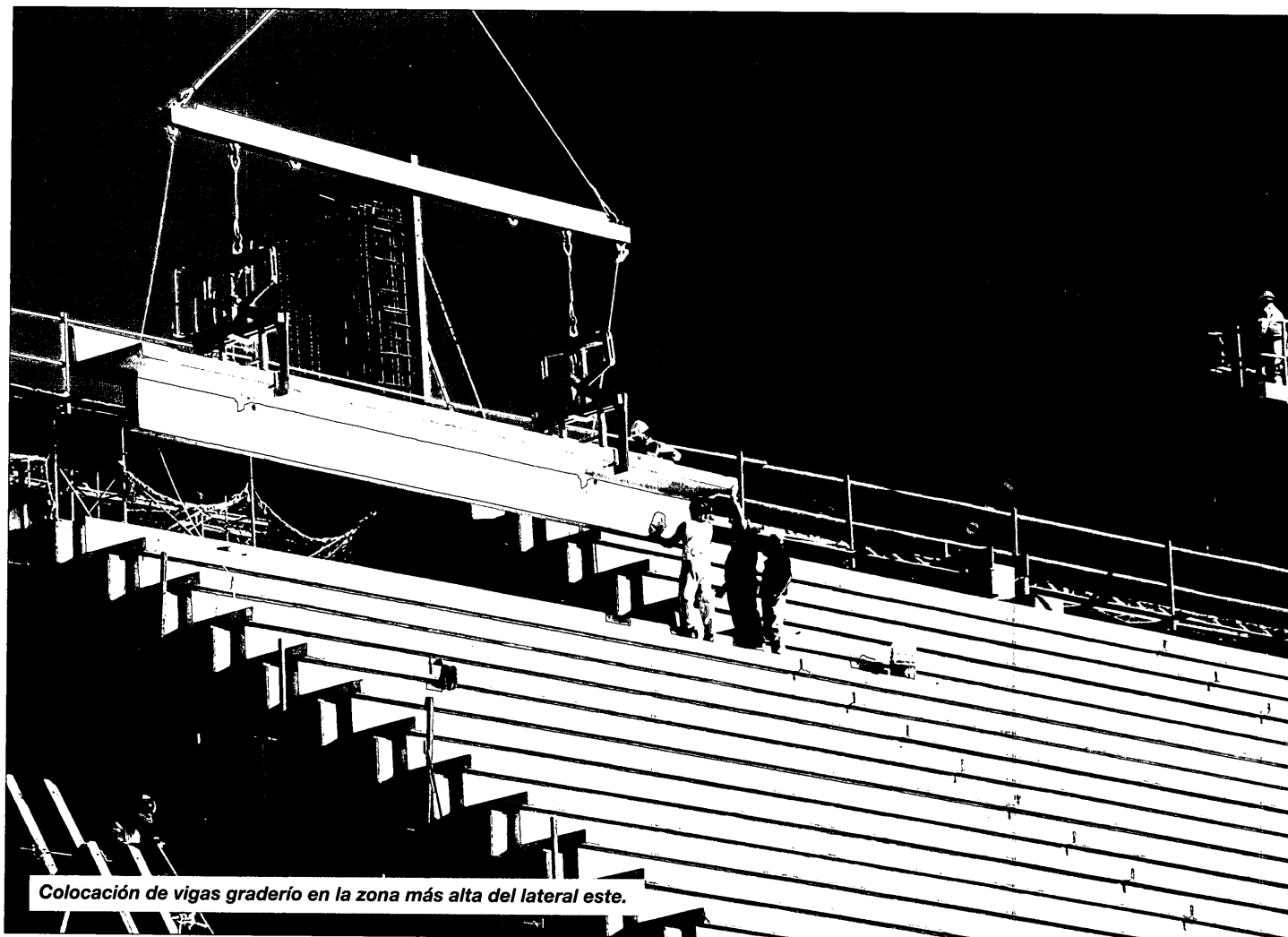
Las mediciones aproximadas de las principales unidades de obra son:

M ³ de hormigón h-125	1.000
M ³ de hormigón h-250	18.000
Kg. De acero AEH500	1.600.000
M ² de encofrado.....	12.100

4.6. ESTRUCTURAS

La estructura principal del estadio está formada por sesenta y cuatro pórticos de hormigón armado, formados por pilares verticales, vigas que reciben los forjados y vigas inclinadas en las que apoyan las gradas prefabricadas. Los pórticos de los laterales este y oeste, son paralelos entre sí y se apoyan en siete líneas de pilares, la más exterior cimentada en la pantalla y las restantes en los encepados. En los goles norte y sur, los pórticos se disponen radialmente describiendo sendos círculos y se apoyan en cuatro pilares cimentados mediante pilotes. Los pórticos tienen un espesor de 0,60 m, salvo en la zona superior de los pórticos de lateral que se aumentan hasta 1,00 m para poder alojar en su interior el pretensado necesario para resistir los esfuerzos que le transmite la cubierta.

Los pórticos dan forma al graderío al disponer de vigas inclinadas con el correspondiente peldaño necesario para el apoyo de las gradas. Los pórticos se han ejecutado utilizando encofrados formados por paneles fenólicos y apoyándose en las correspondientes cimbras.



Colocación de vigas graderío en la zona más alta del lateral este.

Las principales mediciones son:

- M ³ de hormigón h-250	25.000
- Kg. De acero AEH500s	2.400.000
- M ² de encofrado	93.000
- Kg. De acero en armadura activa	80.000
- M ³ de cimbra.....	21.000

En el estadio se distinguen cuatro sectores fundamentales:

▼ El *lateral oeste* tiene cinco plantas con forjados a las cotas: 4'36, 8'88, 12'35, 15'07 y 18'30.

▼ El *lateral este* no tiene forjado a la cota 4'36, el resto se mantienen respecto al oeste.

▼ El *gol norte* tiene tres plantas con forjados a las cotas +10,48, +14,39 y +18,30.

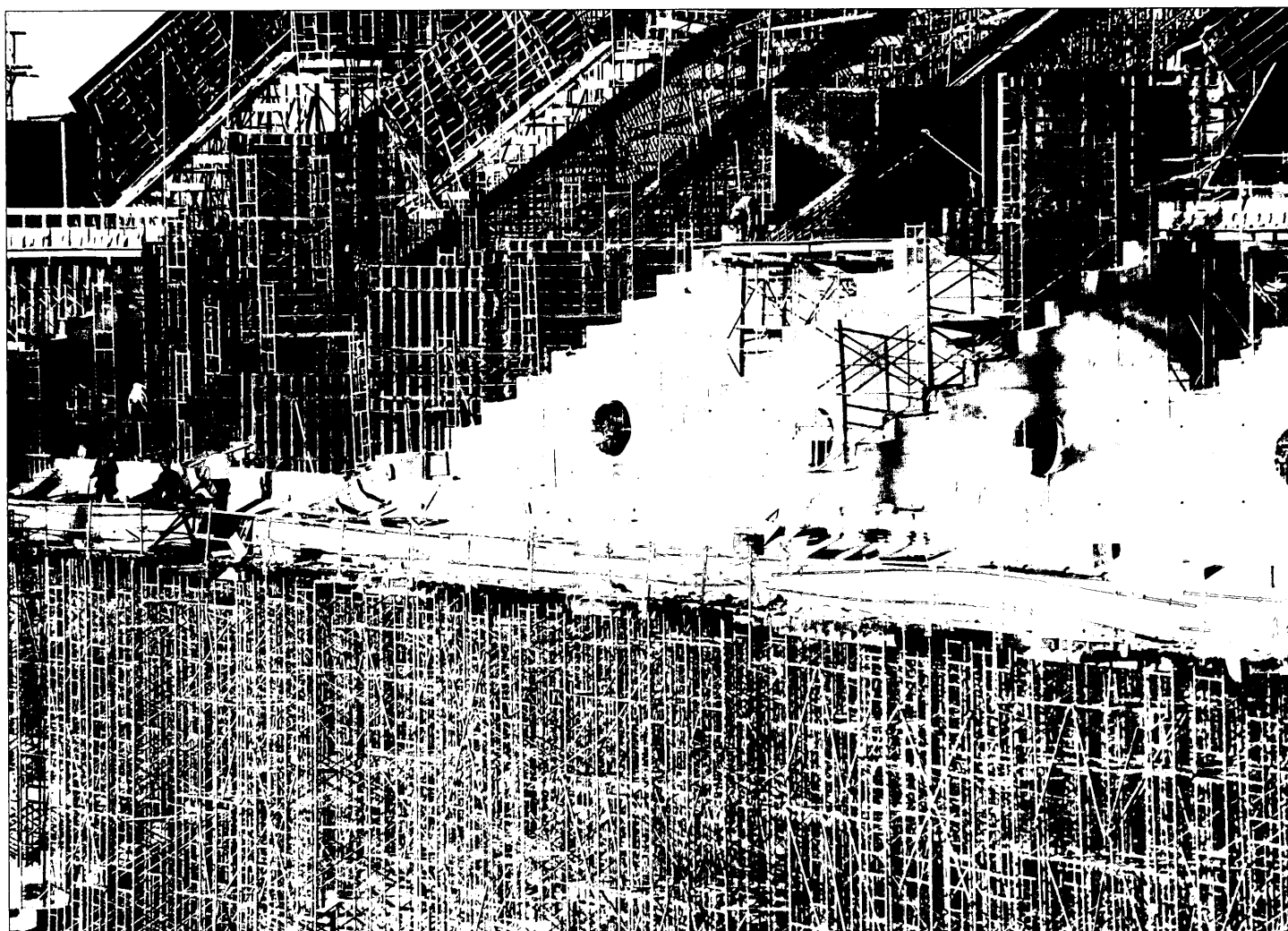
▼ El *gol sur* es igual al norte salvo que a partir de la cota +18,30 no sigue el graderío, al objeto de configurar en su fachada un gran ventanal que permite divisar el graderío interior del estadio desde el exterior del mismo.

Los forjados son losas macizas de hormigón armado de canto 0,30 m/0,35 m, que se ejecutan con cimbras sobre las que se colocan los paneles de encofrado. Se ha prestado especial atención al orden de hormigonado de las losas y a su curado para minimizar los efectos de la retracción sobre los pilares. Las superficies de forjado son las siguientes:

- Cota 4,36.....	9.300 m ² .
- Cota 8,88/10,48.....	26.000 m ² .
- Cota 12,35/14,39.....	16.200 m ² .
- Cota 15,07.....	1.700 m ² .
- Cota 18,30.....	16.200 m ² .

El resumen de mediciones de las principales unidades es:

- M ³ de hormigón h-250	20.500
- Kg. De acero AEH500s.....	3.000.000
- M ² de encofrado fenólico.....	70.000
- M ² de encofrado de madera	3.600
- M ³ de cimbra.....	340.000



Bosque de cimbra que sustenta la viga de la que posteriormente colgará la logia de palcos.

Zona interior del estadio donde se acopian las vigas prefabricadas para el graderío y las bobinas de cable de acero que formarán el anillo interior de tracción de la cubierta.



Vista general del graderío este desde el gol sur.

Es importante destacar la ausencia de juntas de dilatación en el estadio. Esto ha obligado a realizar un cálculo espacial del estadio completo, modelándolo con el programa de elementos finitos ANSYS. Durante el proceso constructivo se han dejado una serie de juntas en los forjados para disipar los efectos de las deformaciones de retracción sobre la estructura. Además se han realizado modelos específicos para los nudos de los pórticos y elementos singulares.

Para conectar verticalmente los distintos niveles de forjados se proyectan una serie de escaleras y ascensores. En la línea de pilares F de la zona oeste, se definen tres escaleras que llevan desde la planta inferior (-1,32) a la planta situada a la cota -8,88. En la línea de pilares E de la zona oeste se proyectan cuatro escaleras similares a las anteriores pero que sólo llegan hasta la cota 4,36. En el lateral Este se proyecta una sola escalera que va desde la cota 4,58 a la 8,88. Además se proyectan escaleras de conexión entre distintos niveles de forjados y de acceso a las gradas en vomitorios.

Para el acceso del público a la zona superior de la grada (cota +18,40) se disponen escaleras que quedan recogidas en

los cuatro edificios de esquina, y se complementan además con otras cuatro para acceso a grada alta de goles, preferencia y fondo. Las escaleras son losas con sus correspondientes peldaños de hormigón armado.

El graderío del Estadio Olímpico de Sevilla está diseñado con dos anfiteatros en los laterales (preferencia y fondo) y un solo anfiteatro en los goles norte y sur, con una delicada transición que permite la conexión de ambas soluciones.

El graderío está constituido por vigas prefabricadas de hormigón armado, de sección constante y directriz recta, que apoyan directamente sobre los pórticos; por lo que su comportamiento estructural se reduce a una viga biapoyada. Su longitud es variable entre 8,50 y 15,30 m según su posición. Por tanto, su geometría es poligonal, formada por las vigas que apoyan sobre los pórticos. La modulación de éstos en los tramos rectos es de 10,5 m, por lo que ésta es la longitud media de las vigas.

Por diversos condicionantes geométricos, existen diferentes tipos de secciones. El tipo más común tiene forma de una T con dos pretilos en los extremos del ala que le permiten en-

cajar con las filas anterior y posterior. Como la pendiente del graderío es variable, las dimensiones de los pretilos también lo son. Para las vigas de la primera fila del vomitorio se ha adoptado una sección en U. El paramento superior del ala tiene una pendiente del 2% para facilitar la evacuación del agua.

El apoyo de las vigas sobre los pórticos es a media madera y con neopreno (salvo en aquellas zonas donde es necesario el uso de anclajes). Las vigas en U de los vomitorios apoyan directamente.

La medición total de vigas corresponde a una longitud de 35.000 m lineales aproximadamente.

4.7. CUBIERTA

La proyección en planta de la cubierta del estadio cobija a 56.310 espectadores, lo que supone aproximadamente un 96% de su aforo total (58.650 espectadores). Se ha diseñado de acuerdo con la voluntad que anima al proyecto para conseguir un edificio de perfil muy horizontal, que posibilite su integración con el menor impacto en su entorno; de ahí el esfuerzo realizado para evitar la aparición de mástiles de gran altura, y controlar la espectacularidad habitual de las estructuras tensadas, opción prácticamente obligada para alcanzar las superficies de cubierta que requería el proyecto, sin contradecir ninguno de los parámetros esenciales de este tipo de estructuras, entendiendo la estructura tensada como una técnica auxiliar más, por muy exigente que ésta sea.

La estructura principal de la cubierta está formada por un anillo exterior de compresión, un anillo interior de tracción, y un conjunto de cables radiales de conexión de ambos. La malla así formada se cubre mediante membranas tensadas sobre el cuadrilátero alabeado formado por un cable superior y otro inferior alternativamente.

Los anillos exterior e interior son concéntricos y describen en planta óvalos de arcos circulares. El anillo exterior tiene un radio de 221 m (26,6°) en los laterales y de 106,50 m (153,4°) en los goles, y está formado por cuatro cajones de acero principales, montantes y diagonales. En sección, los cajones principales forman un trapecio de bases de 10,00 y 4,50 m verticales y altura de 8,00 m. De esta forma, se obtiene una estructura capaz de resistir las fuertes compresiones a las que se ve sometido sin pandear y a su vez con gran rigidez a torsión.

El anillo interior está formado por cables de acero, que configuran en planta un óvalo concéntrico al anillo exterior, con radios de 177,00 m en los laterales y 62,47 m en goles. Su longitud total es de 499 m.

Los anillos se unen por 88 cables radiales de 40 m de longitud en planta (20 en las zonas de radio mayor y 68 en las de radio menor), que parten de los cordones superior e inferior del anillo de compresión alternativamente, llegando al anillo de tracción que se situará a una cota intermedia entre ambos cordones. El cable superior llega al anillo interior con cierta pendiente para poder equilibrar el peso del anillo y de los elemen-

tos auxiliares suspendidos de él. Entre ambos cables se coloca una membrana pretensada a 350 kg/ml.

Al tratarse de una estructura formada por elementos que sólo son capaces de resistir tracciones y dado que la sobrecarga (viento, nieve, etc.) Produce esfuerzos de compresión inevitablemente en alguno, es necesario someter a la estructura a un estado inicial de tracción tal que para las cargas de diseño no se llegue a destesar. La estructura a partir de esta carga sigue resistiendo pero con un aumento considerable de sus deformaciones.

El pretensado se consigue tesando los cables radiales inferiores con gatos situados en los anclajes del anillo de compresión exterior. El pretensado tiene que ser mayor en las zonas de menor radio para conseguir que el axil sobre el anillo interior y exterior sea constante. Para obtener la magnitud del pretensado se han realizado dos ensayos de la cubierta en modelo reducido en el túnel aerodinámico de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos de Madrid.

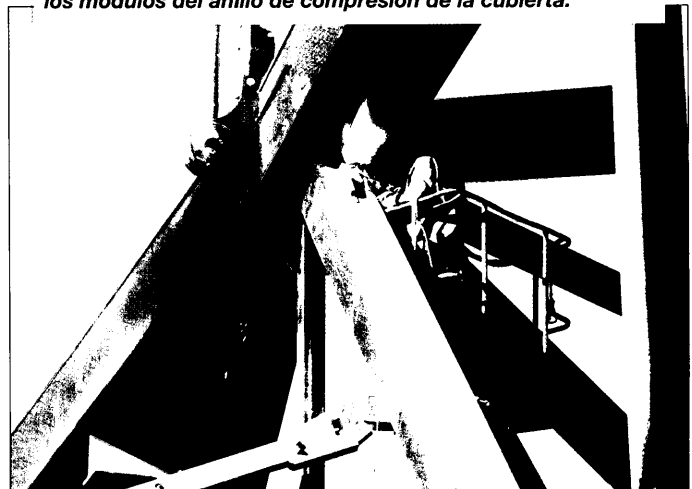
El anillo de compresión se apoya en 20 pilares del estadio quedando en las esquinas zonas en las que se separa del contorno poligonal del mismo y que es necesario cubrir por una estructura auxiliar formada por cerchas metálicas y correas.

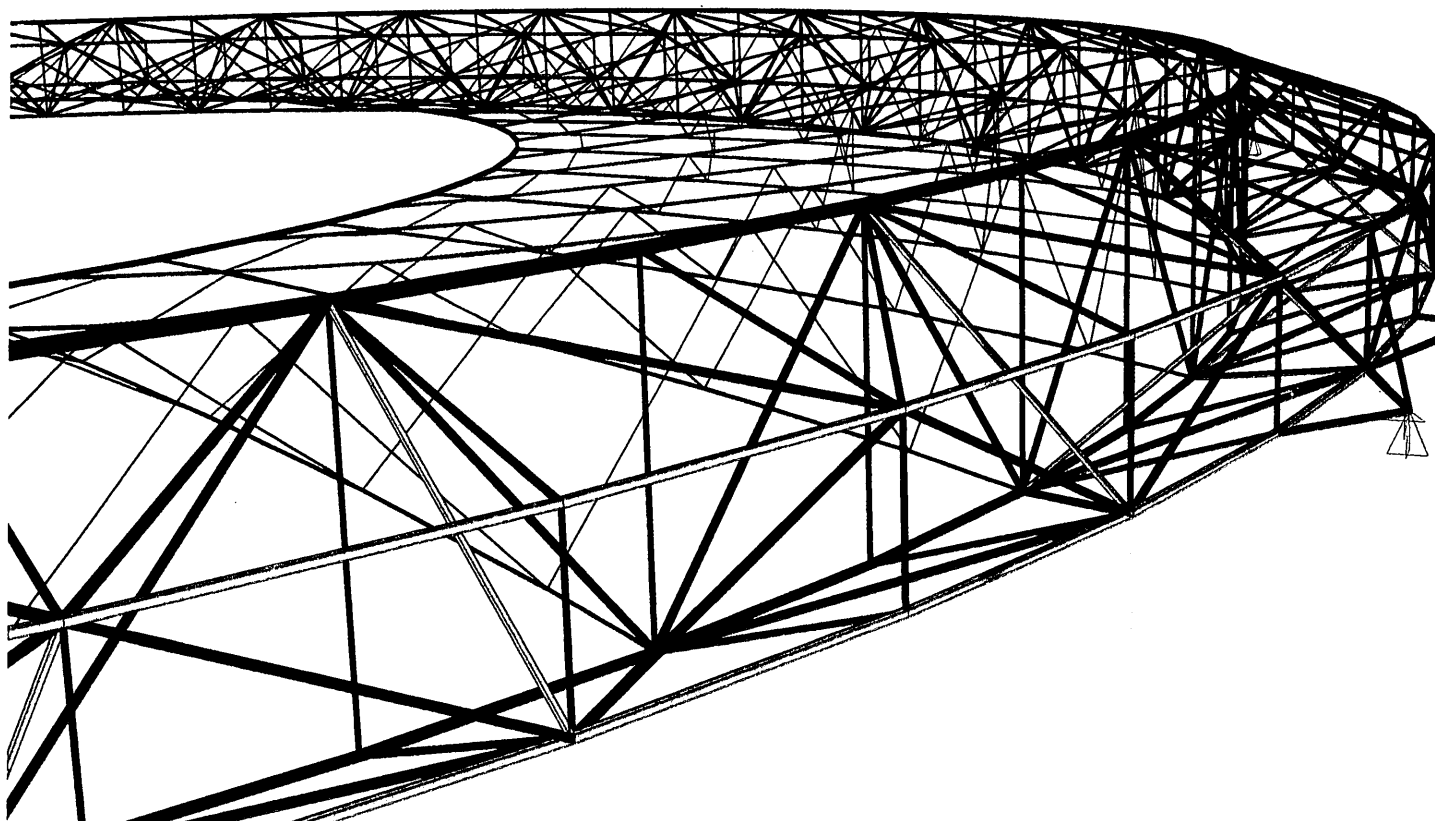
Los apoyos de la cubierta son deslizantes en todas las direcciones salvo en los 8 situados en los chaflanes de esquina, que tienen guías orientadas hacia el centro del estadio. De esta forma, se permite la deformación libre de la estructura durante el tesado y por incrementos térmicos, y se impide el desplazamiento de la misma en cualquier dirección.

Para poder calcular este tipo de estructura en la que la forma se ve condicionada por el estado tensional y las cargas que actúan, es necesario recurrir a programas que tengan capacidad de realizar cálculos no lineales. En nuestro caso hemos utilizado el programa de elementos finitos ANSYS.

Las acciones consideradas en el cálculo de la cubierta han sido el peso propio de los materiales, las cargas muertas, la

Ejecución de soldadura en uno de los nudos superiores de los módulos del anillo de compresión de la cubierta.





Modelización de la cubierta, a través de programa de cálculo por elementos finitos.

sobrecarga de nieve y la de viento. Las cargas permanentes se han obtenido multiplicando los volúmenes de los materiales por sus densidades, según los pesos facilitados por los fabricantes de los distintos elementos. Se ha considerado la sobrecarga de nieve, que prescribe la norma básica de edificación AE-88 en el capítulo IV para altitudes topográficas inferiores a 200 m que es de 40 kg/m². Para obtener la acción del viento sobre la cubierta, se han realizado dos ensayos en modelo reducido, uno de la cubierta completa y otro de las secciones críticas. Los ensayos se han realizado en el túnel T4V y A9 del laboratorio de aerodinámica, calibración y ensayos (lace) del Instituto Universitario "Ignacio de Riva" de la Universidad Politécnica de Madrid (IDR/UPM). De los ensayos se obtienen los coeficientes de presión sobre la cubierta, que deben multiplicarse por la presión dinámica del viento, que según la norma básica AE-88 en su capítulo V para una situación normal y altura de coronación del edificio entre 31 y 100 m es de 100 kg/m² (velocidad del viento 40 m/seg.).

Todos los cálculos se han realizado teniendo en cuenta la no linealidad geométrica de la estructura y por lo tanto no se han calculado hipótesis simples de carga sino estados de carga, partiendo de cero y teniendo siempre un estado intermedio en el que considera el pretensado inicial y cargas muertas. Las hipótesis simples se obtienen restando al estado final el inicial.

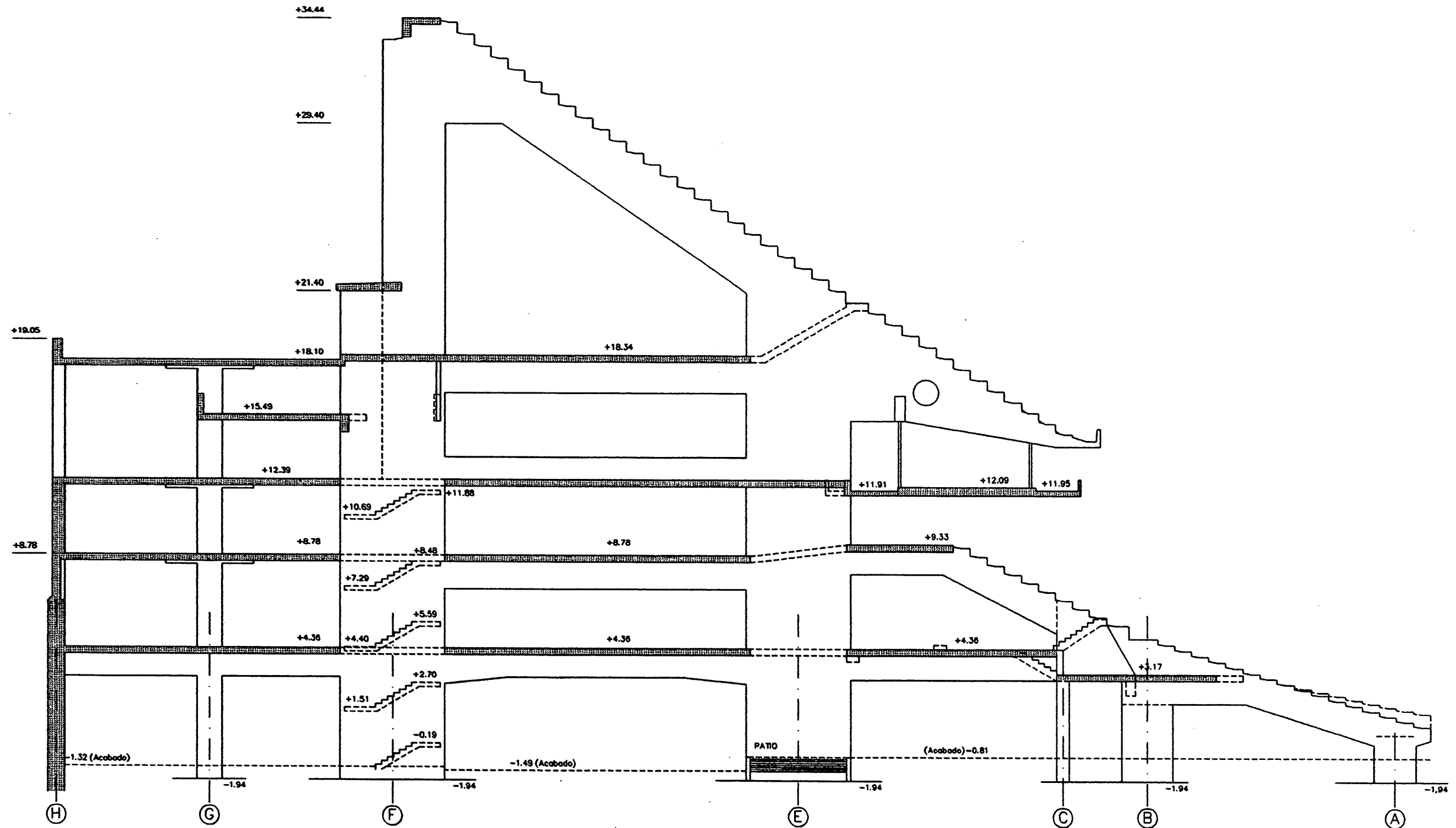
Las cargas se han combinado y ponderado según la Instrucción EA-95 teniéndose en cuenta las hipótesis simples obtenidas y según el Eurocódigo 3.

Como resumen se pueden indicar las siguientes mediciones:

Kg de acero A-52 en anillo de compresión	2.000.000
Cables.	
Anillo de tracción:	4 VVS $\varnothing$ 95 (l=499 m) 101.596 kg.
Cables radiales superiores:	10VVS $\varnothing$ 52 (l=40,41 m) 6.415 kg.
	4 VVS $\varnothing$ 68 (l=40,37 m) 4.415 kg.
Cables radiales inferiores:	10 VVS $\varnothing$ 47 (l=40,37 m) 4.159 kg.
	32 VVS $\varnothing$ 57 (l=40,30 m) 24.628 kg.
	2 VVS $\varnothing$ 57 (l=40,37 m) 1.542 kg.
	174.161 kg.
M ² de membrana de pvc reforzada con poliéster:	25.000

4.8. INSTALACIONES

Las instalaciones con que se dota al Estadio Olímpico de Sevilla han sido concebidas con un triple objetivo: seguridad,



NOTA :

- LA ARMADURA DE PIEL DEL PILAR "B"
ANCLARAN 40 cm A PARTIR DE LA COTA +3.66
- LOS CERCOS EN PILARES NO SE
INTERRUMPEN EN LAS VIGAS

PROYECTO DE EJECUCION
ESTADIO OLIMPICO DE SEVILLA
PARQUE DEL ALAMILLO, ISLA DE LA CARTUJA

PROYECTO DE EJECUCION DE ESTRUCTURAS
PILARES, PORTICO Nº1
ESCALA 1:100

P-1.1

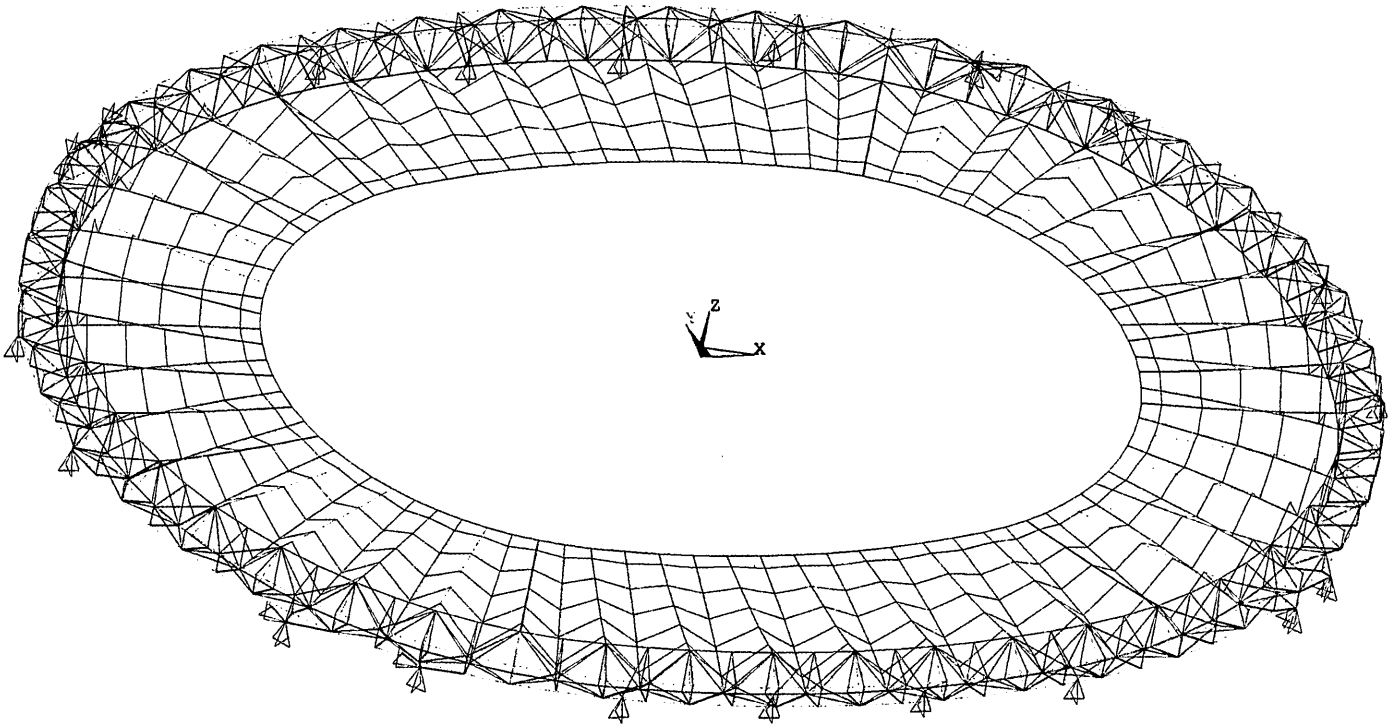
ARQUITECTURA : CRUZ Y ORTIZ

ESTRUCTURAS E INSTALACIONES : AYEDA

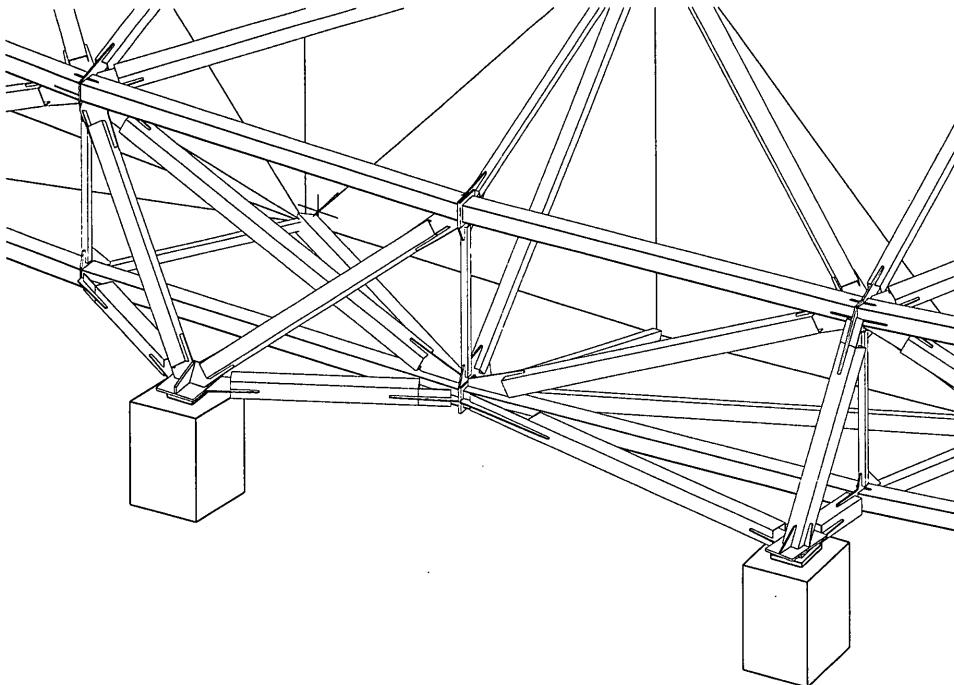
A. CRUZ / A. ORTIZ

J.L. MANZANARES

SEPTIEMBRE 1987



Modelización informatizada de la estructura de pórticos.



Módulo de cubierta. (plano).

economía de explotación y respeto al medio ambiente, como se pone de manifiesto en criterios de diseño adoptados como:

- ▼ Facturación eléctrica en M.T.
- ▼ Grupos electrógenos de cobertura total.
- ▼ Acumulación térmica de hielo para el sistema de climatización.
- ▼ Sistema de gestión optimizado.
- ▼ Producción de agua caliente sanitaria con alto rendimiento.
- ▼ Uso del calor residual del sistema de climatización para precalentamiento del agua caliente sanitaria.
- ▼ Limpieza del graderío mediante aspiración.

Para dar una idea de la magnitud y calidad de las instalaciones se procede a continuación a una descripción somera de sus aspectos más significativos:

4.8.1. Electricidad

- ▼ Se incluye un centro de transformación de dos trafos de 2.500 Kva. Y todo el aparellaje eléctrico correspondiente.
- ▼ Sala de grupos electrógenos con dos unidades de 1.600 Kva. unitarios y aparellaje necesarios.
- ▼ Acometida eléctrica en alta tensión.
- ▼ Distribución eléctrica en baja tensión mediante canalizaciones eléctricas prefabricadas dispuestas en anillos.
- ▼ Alumbrado deportivo mediante proyectores de 2.000 w. de halogenuros metálicos dispuestos en cubierta.
- ▼ Alumbraos interiores y de emergencia.
- ▼ Sistema centralizado de control de las instalaciones eléctricas.

4.8.2. Climatización

El sistema de climatización proyectado es capaz de atender una carga punta de 2.000 Kw. y una energía frigorífica de 12.000 Kwh. Los espacios acondicionados del Estadio Olímpico de Sevilla suman un total de 6.000 m².

La central de producción cuenta con dos depósitos de acumulación de hielo de 100 m³ de capacidad total y una energía acumulada máxima de 6.000 Kwh. La función de este volumen de inercia es permitir una importante reducción de los costes eléctricos, ocasionados por las dos bombas agua-agua con tres compresores de 80 cv cada uno.

El sistema de climatización cuenta con 7 líneas de distribución de agua fría/caliente a 2 y 4 tubos para alimentación a los climatizadores.

4.8.3 Agua fría

Se cuenta con un depósito de 200 m³ de capacidad de almacenamiento, del cual toma un grupo de presión constituido

por 3 + 1 bombas de 100 i/s c.u. Y 1 bomba jockey de 47 m³/h. Se dispone además un calderín de 5.000 l.

La red de distribución consta de diversos anillos sectorizables para plantas y por zonas ejecutado en acero galvanizado embreadado y polipropileno para diámetros pequeños ($\phi \leq 100$ mm).

4.8.4. Agua caliente sanitaria

La producción de agua caliente sanitaria se efectúa mediante tres calderas de 120.000 Kcal./H. con tres depósitos acumuladores de 5.000 l. Unitarios. El sistema permite la recuperación del calor excedente en las bombas de calor para la producción o precalentamiento del agua caliente sanitaria con el consiguiente ahorro energético.

4.8.5. Aparatos de elevación

Se instalan 10 ascensores con capacidades entre 800 kg. (10 personas) y 2.500 kg. (33 personas).

4.8.6. Sistema de gestión

En la última planta del edificio de esquina suroeste se ubica el centro de control (CECO) del estadio, desde dónde se gestionan todas las instalaciones.

El CECO posee dos grandes ventanas con visión directa a la pista, dónde se ubica el control de megafonía, vídeo marcadores, marcadores de pista e instalaciones eléctricas y mecánicas.

El CECO cuenta con un gran sinóptico de 6 x 2 m. donde se presenta el estado de funcionamiento de las instalaciones.

4.8.7. Instalaciones de seguridad y contraincendio

La seguridad se garantiza mediante un sistema anti-intrusión, compuesto por detectores de presencia y contactos magnéticos controlados por una central de seguridad.

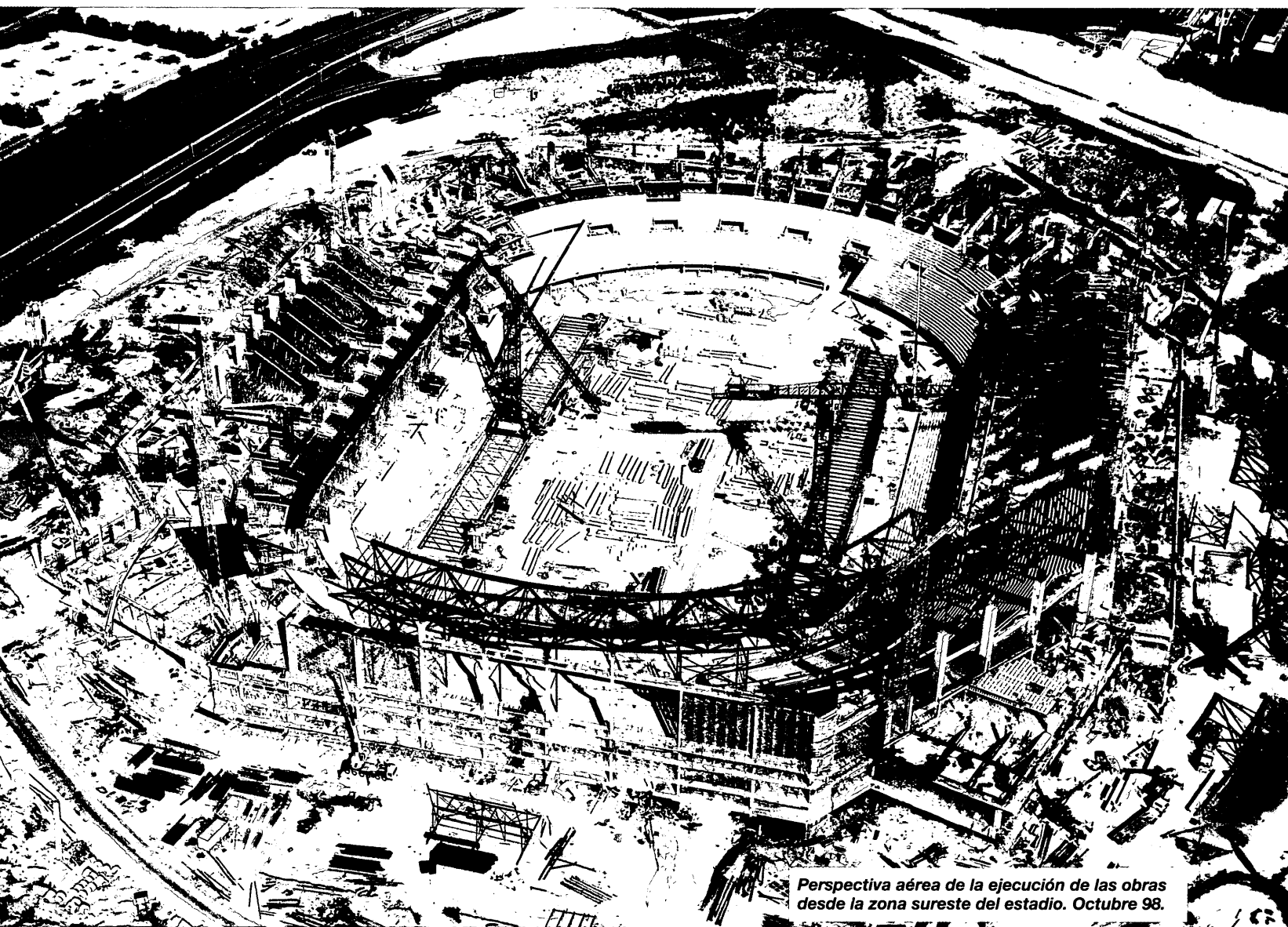
También se incluye un circuito cerrado de TV con 79 cámaras fijas y 10 cámaras móviles, repartidas en interiores, gradas y perímetro exterior.

Se dota al estadio de una red de detectores analógicos direccionables gobernados por una central de incendios integrada en el control centralizado.

También se instala una red de BIES de 25 y 45 mm. repartidas en todo el estadio, conectadas a una red de agua de incendios, alimentadas por un bombeo compuesto por una bomba eléctrica de 24 m³/h y otra diesel de idénticas características.

Para las salas eléctricas se proyecta un sistema automático de detección y extinción con FM/200, incluyendo sistema de aspiración de aire en cuadros eléctricos. Este sistema asegura el mínimo impacto sobre las personas y los bienes protegidos.

Se disponen extintores repartidos por todo el estadio, así como la señalización correspondiente.



Perspectiva aérea de la ejecución de las obras desde la zona sureste del estadio. Octubre 98.

En la zona de tránsito y aparcamientos de vehículos, se sitúa un sistema de detección de CO., con actuación sobre la ventilación de la zona.

4.8.8. Telefonía

Se dispone en el estadio una red de fibra óptica de cobertura total, que conecta las diferentes dependencias del Estadio Olímpico de Sevilla con una central de datos, que permite el acceso instantáneo a cualquier fuente de datos.

Asimismo, se conecta esta red con la central de telecomunicaciones, para dotar de servicio telefónico. Se cuenta con una centralita digital de líneas RDSI.

La capacidad de la central de telecomunicaciones es variable en función de la importancia del evento a celebrar. Para los servicios propios del estadio se cuenta con 10 líneas exteriores.

4.8.9. Teledistribución

El Estadio Olímpico de Sevilla contará con una red de distribución de TV con canales de producción propia (7 canales), canales terrestres y de TV-sat.

Además se disponen monitores en las diferentes zonas del estadio, para permitir la explotación del sistema con propósitos informativos o publicitarios.

4.8.10. Sistema de limpieza por aspiración

El sistema de limpieza del graderío consiste en una red anillada de tuberías de acero en la que se produce un vacío. Mediante hidrantes de conexión dispuestos a lo largo de las anillas, los operarios pueden ir conectando mangueras de aspiración limpiando los pasillos del graderío consiguiendo un

rendimiento extraordinario. Los desperdicios aspirados se depositan a través de una tolva en contenedores listos para ser retirados.

4.8.11. Megafonía

El sistema de megafonía del Estadio Olímpico de Sevilla se ha diseñado con una calidad excepcional, tanto en nivel de presión sonora como en inteligibilidad de la palabra.

La sonorización del graderío se consigue mediante 22 "clusters" o grupos de altavoces de 450 W y 300 W que barren las frecuencias de 80 Hz hasta 16 KHz con un N.P.S. de 95 dB.

El sistema de sonorización interior del Estadio Olímpico de Sevilla consiste en la disposición estratégica de altavoces de 32 W y 25 W empotradas o de superficie, en todas las zonas de paso y de estancia, consiguiendo una sonorización sobresaliente.

El sistema de megafonía es de "ecualización activa", es decir, se adapta automáticamente al nivel de ruido en cada frecuencia, reforzando las zonas del espectro con más ruido de fondo.

4.9. ACABADOS

Los cerramientos exteriores de las zonas ciegas del edificio hasta la cota 21,40 m se resuelven con paneles prefabricados de hormigón pétreo armado con malla de acero, con superficie lisa por fratasado y pulido mecánico. El resto de la fachada se revestirá con piezas prefabricadas de hormigón armado con fibra de vidrio en su masa.

Las fachadas oeste, norte y este, a partir de la cota 21,40 m se resuelven con piezas prefabricadas de hormigón armado en forma de T invertida, formando una celosía.

Las divisiones interiores se realizan con bloques de hormigón aligerado hidrófugo. Para los cerramientos interiores del estadio se coloca en las zonas de público paneles prefabricados de hormigón pétreo armado con malla de acero, con superficie lisa por fratasado y pulido, y el resto se revestirá con piezas prefabricadas de hormigón armado con fibra de vidrio en su masa.

Los pavimentos de las zonas de acceso y circulación de público se terminan con un tratamiento superficial con áridos de sílice y cuarzo ligados con cemento, coloreado y fratasado mecánicamente. Los núcleos de vestuarios de jueces, árbitros y deportistas se pavimentan con baldosas de gres porcelánico. Las zonas de calentamiento y espacios destinados a usos deportivos y de circulación para salida a pista se terminan con pavimentos prefabricados formados por mezcla de goma sintética, cargas minerales y pigmentos colorantes. ●

FICHA TÉCNICA

Promotor: Sociedad Estadio Olímpico de Sevilla S.A.

Autores del proyecto y dirección de obra:

Cruz y Ortiz arquitectos S.L.

Agua y Estructuras S.A.

Empresa constructora:

ACS proyectos, obras y construcciones

Control de calidad:

Vorsevi S.A.

IACC S.A.

ATISAE S.A.

Presupuesto:

14.577 m/ptas.

Principales unidades de obra:

<i>Excavación:</i>		700.000 m³
<i>Cimentación :</i>	Muros pantalla:	1.000 m
	Pilotes:	29.436 m
	Hormigón:	43.500 m³
	Acero AEH-500s:	2.100 Tm
<i>Estructura:</i>	Hormigón h-250:	75.000 m³
	Acero AEH-500s:	8.000 Tm
	Vigas de graderío:	35.000 m
	Encofrados:	200.000 m²
	Cimbras:	400.000 m³
<i>Cubierta:</i>	Acero A-52:	2.000 Tm
	Acero en cables:	175 Tm
	Membrana:	25.000 m²
	Superficie cubierta:	40.000 m²
<i>Instalaciones:</i>	Evacuación aguas:	18.000 m
	Agua fría y caliente:	20.000 m
	Canalización eléctrica:	24.000 m
	Conductores eléctricos:	162.000 m
	Climatización:	5.600 m
	Detección incendios:	17.500 m
	Extinción incendios:	3.400 m
	Alumbrado deportivo:	600.000 w
<i>Acabados:</i>	Revestimiento fachadas:	38.000 m²
	Acrilamientos:	10.500 m²
	Fábricas de bloques:	80.000 m²
	Falsos techos:	32.000 m²
	Alicatados:	16.300 m²