Centro lúdico y comercial "Arenas de Barcelona". Proceso constructivo de la estructura

"Arenas de Barcelona" leisure and shopping centre. Constructive process for the structure

Antonio Tabera García[1] **y Mercedes Madrid Ramos**[2]

Recibido | *Received:* 15-03-2012
Aceptado | *Accepted:* 11-10-2012

Resumen

Importante edificio de Arquitectura e Ingeniería complejas, innovador y vanguardista, que ha integrado en su diseño funcional y moderno la fachada neomudéjar de la antigua plaza de toros "Arenas de Barcelona".

La construcción ha estado condicionada por el mantenimiento de la fachada de fábrica, que una vez restaurada ha aportando una singular imagen emblemática al nuevo edificio.

Otra pieza fundamental de la edificación es la plataforma de 100 metros de diámetro ("Dish"), que cubre el volumen inferior encapsulado por la antigua fachada, está apoyada sobre cuatro singulares soportes "arbóreos" exentos y se cierra superiormente con una cúpula de madera laminada.

En el artículo se exponen las actividades más significativas llevadas a cabo durante la construcción de la cimentación y de la estructura del edificio.

Palabras clave: sustentación de fachada, construcción descendente, compensación de empujes, pilares ramificados ("arbóreos"), plataforma superior ("Dish"), cúpula de madera.

Abstract

Innovative, cutting-edge major building of complex Architecture and Engineering. The construction has integrated into its functional and modern design the façade of the old Arenas de Barcelona neo-Mudéjar bullring.

The construction process was conditioned by the need to preserve the existing masonry façade. Once restored, the old façade has provided a unique iconic image for the new building.

Another significant part of the building is the platform 100 meters in diameter ("dish"), which covers the lower volume bounded by the old façade. It rests on four isolated, original "tree-like" supports and is closed off above with a wooden laminated dome.

This paper outlines the most significant activities carried out during the construction of the foundations and structure of the building.

Keywords: *façade support, downward construction, push-off compensation, branched supports ("tree-like" supports), upper platform (dish), wooden dome.*

(1) Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. DRAGADOS, S.A. (Madrid. España)
(2) Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Civil. (Madrid, España). DRAGADOS, S.A. (Madrid, España)

Persona de contacto / *Corresponding author:* mmadridr@dragados.com

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

1. INTRODUCCIÓN

El edificio Centro Lúdico y Comercial "Arenas de Barcelona" es un claro ejemplo de integración y singularidad que ha sabido combinar la tradición con la modernidad en un emplazamiento emblemático de la ciudad.

El interés despertado por su construcción y el reconocimiento de sus valores arquitectónicos e ingenieriles ha sido recompensado con uno de los galardones otorgados por los "I Premios de Ingeniería de ACHE" (Octubre 2011) a las mejores obras de edificación del momento [1].

El edificio ha sido proyectado conjuntamente por los equipos de arquitectos Richard Rogers S.L. y Alonso-Balaguer y Arquitectos Asociados, S.L. [2], [3]. El proyecto de la cimentación y estructura ha sido redactado por los Expedition Engineering Ltd. (proyecto básico) [4] y por BOMA (proyecto de ejecución) [5].

El objetivo de este artículo es reseñar las actividades más significativas llevadas a cabo durante la construcción de la cimentación y estructura del edificio, sin incluir los aspectos relacionados con la Arquitectura y la Ingeniería de las instalaciones, que aunque no menos importantes, se considera que ya han sido extensamente expuestos en otras publicaciones.

En primer lugar, para establecer el marco global en el que se ha desarrollado la construcción, se describen someramente la ubicación y las principales características geométricas del edificio para pasar, a continuación, a analizar las circunstancias técnicas externas que han condicionado el proyecto y la ejecución de la obra.

La parte fundamental del artículo corresponde a los apartados que, siguiendo la secuencia temporal de la ejecución, van describiendo las diferentes actividades constructivas, su encadenado y los aspectos más sobresalientes de su desarrollo.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL

El Centro Lúdico y Comercial "Arenas" ocupa una manzana completa del Ensanche de Barcelona, haciendo esquina con la céntrica Plaza de España, rodeado por las calles Gran Vía de Les Corts Catalanes, Tarragona, Diputació y Llançà. La superficie de la parcela está próxima a los 12.500 m^2. La manzana se encontraba ocupada desde principios del Siglo XX por la Plaza de Toros "Arenas de Barcelona" y una serie de dependencias anexas, vinculadas al uso de la plaza.

El diseño del nuevo Centro decidió combinar tradición y modernidad, integrando la fachada de la plaza en un edificio innovador y de vanguardia. La fachada, aunque carece de un elevado valor arquitectónico, sí representa una imagen emblemática de esa zona de la ciudad desde hace más de un siglo.

El nuevo edificio (Figura 1) se desarrolla bajo rasante ocupando la totalidad de la parcela, con cinco sóta-

1. INTRODUCTION

The "Arenas de Barcelona" Leisure and Shopping Centre building provides a clear example of uniqueness and integration, showing how to combine tradition and modernity at one of the city's key locations.

The great interest that its construction aroused and its architectural and engineering value was recognised with one of the honours at the First ACHE Engineering Awards (October 2011) to the best recent building construction works [1].

The building was jointly designed by the teams of architects at Richard Rogers S.L. and Alonso-Balaguer y Arquitectos Asociados S.L. [2], [3]. The foundations and structure project was developed by Expedition Engineering Ltd. (basic design) [4] and BOMA (building design) [5].

The purpose of this paper is to outline the most significant activities undertaken during the construction of the building's foundations and structure, without covering any issues related to the Architecture or engineering of the building services, which, although no less significant, are considered by the authors to have been described extensively in other publications.

First of all, in order to establish the overall context of the construction, an overview of the location and principal geometrical characteristics of the building is given, followed by an analysis of the external technical constraints for the design and execution of the works.

The core of this paper are the sections devoted to describing how the various construction tasks were undertaken and sequenced in time, highlighting the most noteworthy features of their development.

2. GENERAL DESCRIPTION

The "Arenas de Barcelona" Leisure and Shopping Centre occupies a full block in the Ensanche area of the city of Barcelona, giving onto a corner of the central Plaza de España and bounded by the streets Gran Vía de Les Cortes Catalanes, Tarragona, Diputació and Llançà. The area of the plot is approximately 12,500 m^2. The block had been occupied since the early twentieth century by the Arenas de Barcelona bullring and related adjoining buildings.

The design of the new complex opted to combine tradition and modernity, integrating the façade of the old bullring into an innovative, cutting-edge building. Although the architectural value of the old façade is not especially high, it has represented an iconic image of this part of the city for over a century.

Below ground, the new building (Figure 1) occupies the entire plot, with five basement levels to a depth of 20 metres below the perimeter sidewalks or 25 metres below the level

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

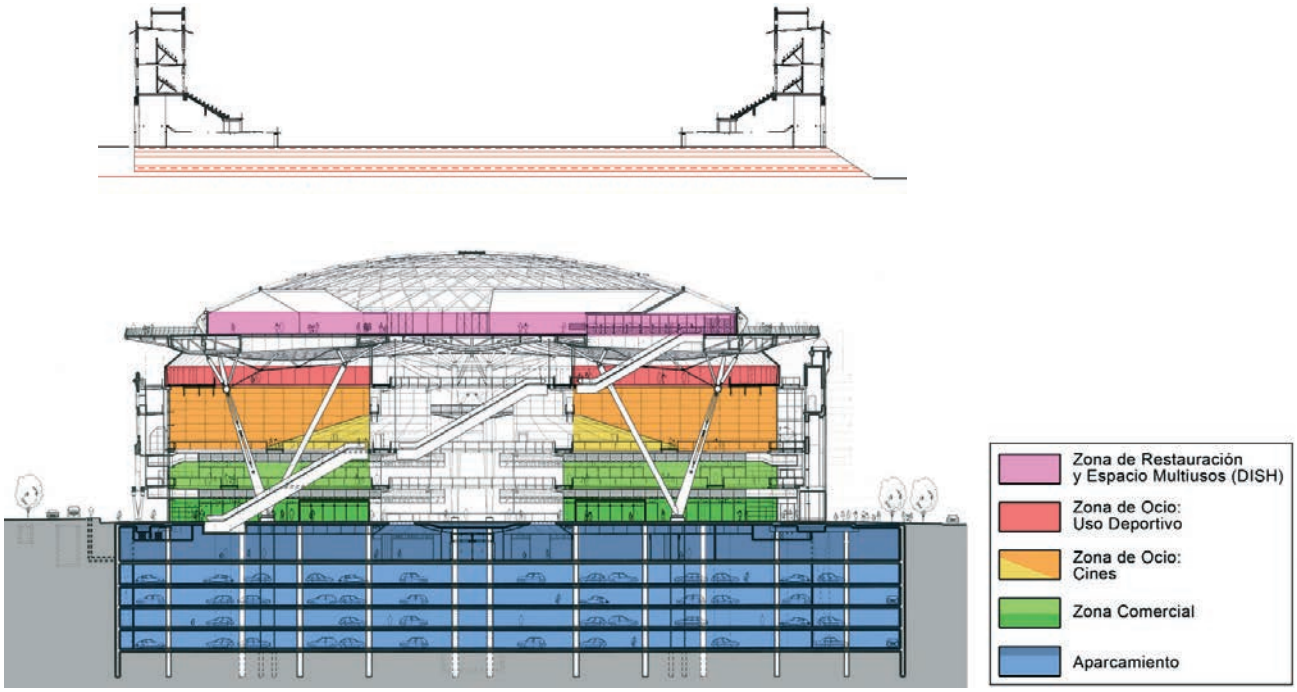


Figura 1. Sección comparativa
Figure 1. Comparative cross-section

nos que descienden 20 metros con respecto a los niveles de las aceras perimetrales y unos 25 metros si se toma como referencia el nivel de la plaza, ya que ésta se encontraba elevada con respecto a los viales. La ocupación de la totalidad de la parcela por los sótanos, más allá de los límites de la antigua fachada, ha supuesto un importante reto para la sustentación provisional de la fachada y para todas las actividades de construcción realizadas bajo la misma.

La construcción sobre rasante, sin embargo, queda contenida en el "tambor rojo" de la antigua fachada y se desarrolla en Planta Baja, cuya altura coincide con la diferencia de cota entre las aceras y la antigua plaza, y en 4 plantas elevadas. Finalmente, la edificación se remata con una plataforma superior de 100 metros de diámetro, cubierta en su círculo central por una importante cúpula rebajada.

Dentro de la manzana, el edificio circular está acompañado por un edificio exento de ocho plantas, destinado a oficinas, y una torre de comunicaciones para acceso exterior a la plataforma superior del edificio principal.

3. CONDICIONANTES TÉCNICOS

El desarrollo del proyecto y la construcción del edificio han estado técnicamente condicionados por una serie de circunstancias:

1. La conservación e integración de la fachada de la antigua plaza de toros.

2. Las características geotécnicas del terreno afectado por la construcción.

of the old bullring, which was higher than the surrounding streets. The occupation of the entire plot by the basement levels, beyond the limits of the old façade, posed a significant challenge when it came to temporarily supporting the façade, as well as for all the construction work done beneath it.

The area built above ground, however, lies within the "red drum" of the old façade, consisting of a ground floor, the height of which coincides with the difference in level between the sidewalks and the old bullring, plus four upper floors. Finally, the building is finished with a top platform 100 metres in diameter, the central circle of which is covered by a large shallow dome.

The circular building shares the plot with a detached eight-storey office block and a communications tower for exterior access to the top platform of the main building.

3. TECHNICAL CONSTRAINTS

The development of the design and construction of the building was affected by a number of conditioning factors:

1. *The need to preserve and integrate the façade of the old bullring.*

2. *The geotechnical characteristics of the terrain affected by the construction work.*

3. *The underground structures outside the plot, which limited certain activities and works units.*

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

3. Las construcciones subterráneas exteriores a la parcela, limitadoras de determinadas actividades y unidades de obra.

3.1. La plaza de toros

La construcción de la plaza "Arenas de Barcelona" se inició en 1899 y finalizó al siguiente año. Su inauguración tuvo lugar en junio de 1900 (Figura 2). Durante 90 años se celebraron en ella innumerables espectáculos y acontecimientos populares, no solo taurinos, sino deportivos, artísticos, políticos, etc., hasta el cese definitivo de actividades en 1989, permaneciendo abandonada desde entonces hasta el año 2000.

El coso taurino, propiamente dicho, ocupaba un círculo de 94 metros de diámetro, ligeramente desplazado del centro de la manzana, hacia las calles Tarragona y Diputació. Este cuerpo principal estaba rodeado de construcciones anexas, que desde los orígenes o a lo largo de su existencia se habían adosado.

La plaza estaba situada sobre una plataforma elevada de 4 a 5 metros con respecto al nivel de las calles circundantes, salvándose este desnivel con muros y taludes.

La cimentación era directa y muy somera, a base de un conglomerado de ladrillos y cascotes aglutinados con cal, como se pudo observar en las catas de reconocimiento previas a la construcción (Figura 3), y se corroboró posteriormente durante la obra.

La fachada, única parte conservada, es de estilo neomudejar, muy frecuente en las plazas de toros de la época. Tiene un desarrollo de unos 300 metros y un espesor



Figura 2. Imagen original de la plaza
Figure 2. Image of the original bullring

3.1. The bullring

Construction of the Arenas de Barcelona bullring began in 1899 and was completed the following year. It was opened in June 1900 (Figure 2). For 90 years it was the venue for numerous popular performances and events, not limited to bullfighting, but also sporting, artistic and political events, etc. After closing in 1989, it was left in a state of abandonment until 2000.

The bullring proper occupied a circle 94 metres in diameter, sited slightly off-centre from the central point of the plot and skewed towards Tarragona and Diputació streets. This main body was surrounded by adjoining annexes, added on at different times over the course of the bullring's existence.

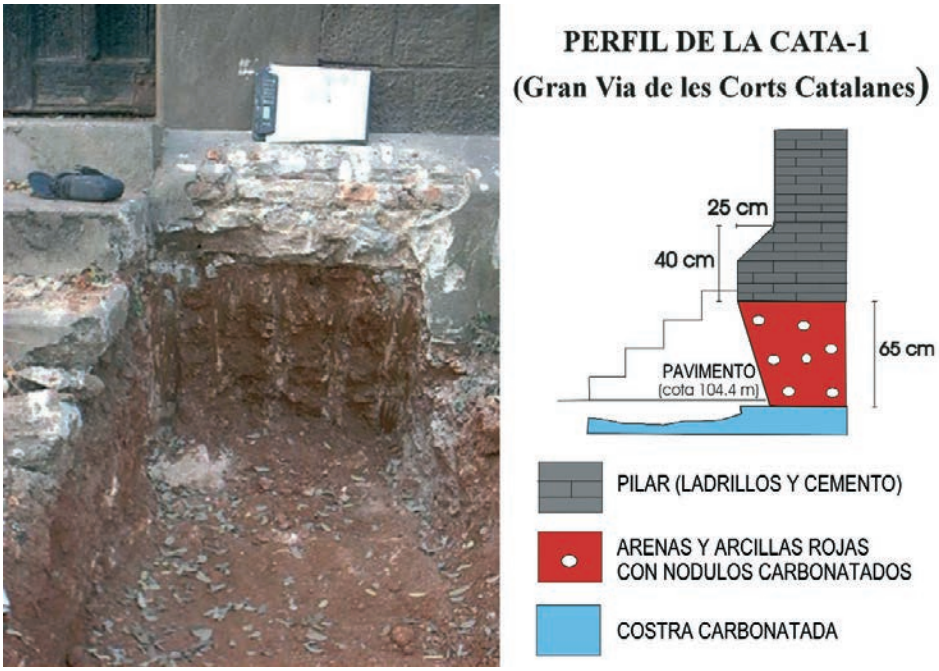
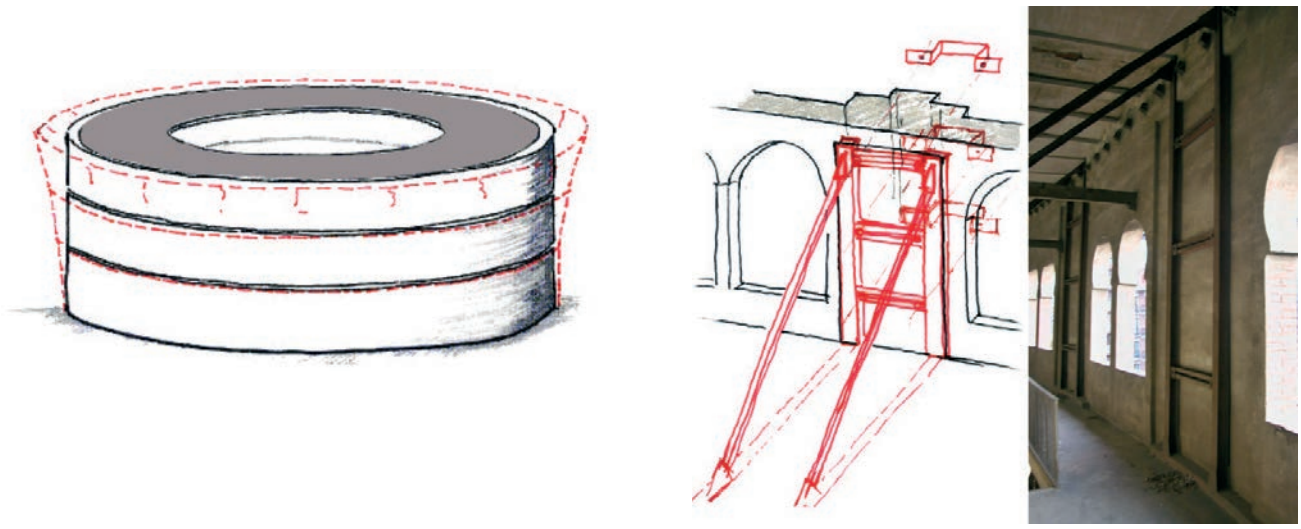


Figura 3. Cata de la cimentación de la fachada
Figure 3. Sampling the foundations of the façade

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026



Figuras 4 y 5. Deformaciones y grietas históricas y refuerzos de las pilastras superiores de la fachada
Figures 4 & 5. Historical deformation and cracking and reinforcement of the upper supports of the façade

entre 40 y 60 centímetros. La organización estructural de la fachada responde a una combinación de mampostería y fábrica de ladrillo; en la parte superior existía un remate en forma de almenado de piedra.

El estado de conservación del edificio, particularmente de la fachada como pieza a mantener, no era especialmente bueno. Las dimensiones de la construcción y su carencia de juntas de dilatación habían ocasionado que las deformaciones de origen térmico desplazaran la parte superior de la fachada con respecto a la parte inferior, ocasionando desplomes y grietas.

El transcurso de los años y, fundamentalmente, el progresivo deterioro durante la etapa de abandono, habían ocasionado que las deformaciones y agrietamientos se incrementaran de forma muy evidente. Esta degradación obligó a reforzar la fachada mediante una estructura metálica interior y al empresillado de las pilastras para asegurar su estabilidad, dado el evidente desplome. El remate almenado de la cubierta también se encontraba afectado por la caída o desmontaje de algunas de las partes (Figuras 4 y 5).

3.2. El terreno de cimentación

El reconocimiento del terreno se realizó por la empresa especialista GEOTEC 262, S.L. [6] en una doble campaña de investigación geotécnica. En la primera fase (diciembre 2003) se realizaron 7 sondeos con longitudes de perforación de 30 a 40 metros y en la segunda campaña (marzo 2004) se efectuaron otros 3, con profundidades de 25 a 36 metros. Los sondeos se realizaron a rotación y percusión con batería y extracción de testigo continuo.

En todos los sondeos se realizaron SPT y toma de muestras inalteradas, para los posteriores ensayos de laboratorio; a fin de ampliar el conocimiento del terreno se realizaron 11 ensayos presiométricos (dilatóme-

The bullring lay on a platform raised 4–5 m above the level of the surrounding streets, with walls and embankments staggering the difference in height.

The foundations were very shallow footings, based on a mix of bricks and rubble bound with whitewash, as can be seen from the surveys carried out before construction began (Figure 3), and subsequently confirmed during the works.

The façade, the only part of the old bullring to be preserved, is in the neo-Mudéjar style that was frequently used for bullrings of the same period. It is approximately 300 m long and 40–60 cm thick. The structural arrangement of the façade consists of a combination of stonework and brickwork; the top rim is finished with stone battlements.

The condition of the building, and particularly that of the façade to be preserved, was not particularly good. The size of the structure and its lack of dilation joints had caused thermal strain to shift the upper part of the façade with respect to the lower part, resulting in partial collapses and cracking.

The passage of time, and mainly the steady deterioration that occurred during the years when the building was abandoned, had caused the deformation and cracking to worsen considerably. This made it necessary for the façade to be strengthened with an interior metal structure and battening of the pilasters to assure its stability, given its evident partial collapse. The roof battlements had also been affected by the collapse or dismantling of some of their parts. (Figures 4 and 5).

3.2. Ground conditions

The geotechnical design requirements and works were done by the specialist firm Geotec 262 S.L. [6] over a double geotechnical- survey. In the first phase (December 2003) seven bore holes 30–40 m deep were drilled, followed in the second phase (March 2004) by a further three, with depths of

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

tros). En dos sondeos se instalaron piezómetros para controlar la evolución del nivel freático y además se realizaron dos ensayos Lefranc de carga variable para caracterizar la permeabilidad de los materiales situados por debajo del nivel freático.

Con los resultados de la investigación se elaboró el siguiente perfil (Figura 6):

– Superficialmente, rellenos antrópicos heterogéneos formados por arenas limosas, arcillas con gravas y fragmentos de ladrillo y hormigón, con un espesor máximo de 1,2 metros.

– Bajo los rellenos se encuentran los sedimentos del cuaternario antiguo: arenas y arcillas rojas con nódulos y niveles carbonatados importantes; su máximo espesor es de 5 metros.

– A continuación aparece la parte superior del Plioceno de Barcelona a base de intercalaciones lenticulares con frecuentes cambios laterales de arenas limpias o limosas más o menos cementadas y de consistencia firme a muy firme. Entre ellos se han detectado dos niveles de gravas con carbonatación importante, con potencias de 0,2 y 0,8 metros

– Por debajo y dentro de los mismos depósitos pliocenos, se han diferenciado los niveles de margas verdes bastante litificadas y margas negras, ambas muy compactas.

A pesar de los cambios laterales característicos de los depósitos de abanicos detríticos pliocenos, de cara al comportamiento geotécnico el terreno puede considerarse como muy homogéneo, y en cualquier caso se considera firme a muy firme, incluso no teniendo en cuenta las intercalaciones cementadas de consistencia rocosa.

Los parámetros geotécnicos asignados a los diversos materiales se obtuvieron tanto a partir de los ensayos

25–36 m. The bore holes were rotary and percussion drilled with a pipe and continuous core-sample extraction.

SPTs were performed in all the bore holes and unaltered samples were obtained for subsequent laboratory testing. With a view to learning more about the terrain, 11 pressure-meter (dilatometer) tests were performed. Piezometers were installed in two bore holes to monitor the evolution of the water table, and two Lefranc variable-load tests were carried out to characterise the permeability of the materials located below the water table.

The following profile was prepared based on the results of the investigation (Figure 6):

– *Superficially, heterogeneous anthropic backfill composed of silty sand, clay with gravel and fragments of brick and concrete, with a maximum thickness of 1,2 m.*

– *Beneath the backfill, old Quaternary sediment: sand and red clay with significant carbonated nodules and levels; the maximum thickness is 5 m.*

– *The upper part of the Barcelona Pliocene then appears, consisting of lenticular interleaves with frequent lateral changes of clean or silty sand with varying degrees of cementation and a firm to very firm consistency. Between them two layers of highly carbonated gravel were detected, with thicknesses of 0,2 and 0,8 m.*

– *Below, and as part of the same Pliocene deposits, a layer fairly well-lithified green marl and another of black marl, both highly compact, can be distinguished.*

Despite the characteristic lateral changes of the deposits of Pliocene detritus fans, in terms of the geotechnical behaviour of the terrain it can be considered to be very homogeneous, and in any case as firm to very firm, even without taking into account the cemented interleaves of rocky consistency.

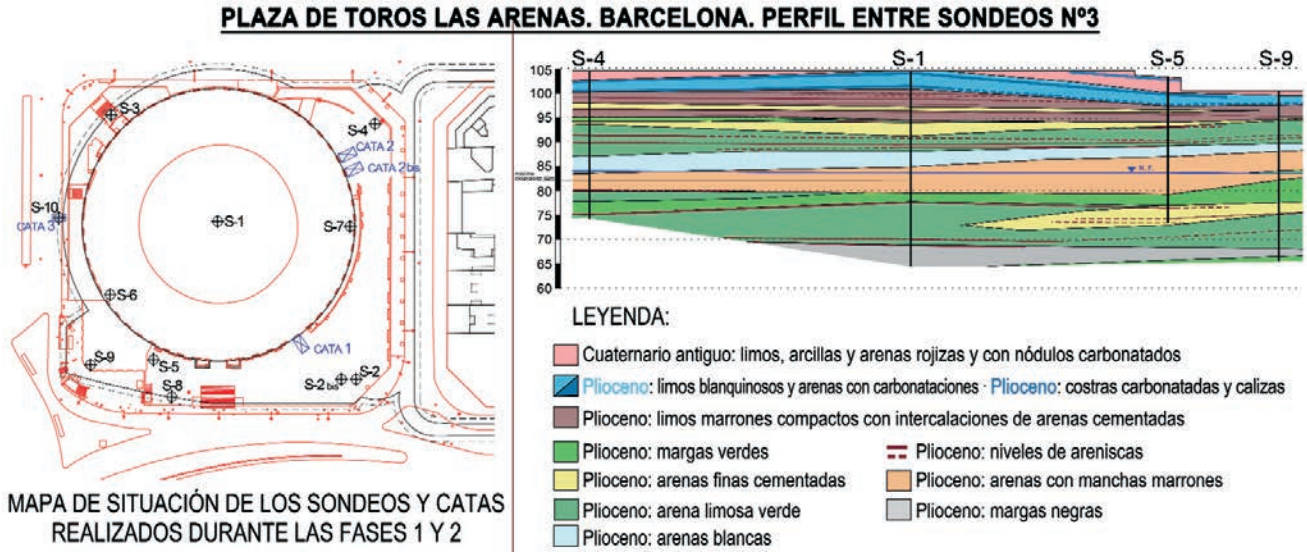


Figura 6. Emplazamiento de los sondeos y perfil geotécnico tipo
Figure 6. Positioning of bore holes and standard geotechnical profile

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

Tabla 1. Parámetros geotécnicos considerados
Table 1. Geotechnical parameters considered

Unidades geotécnicas *Soil levels*	Profundidad *Depth*	Módulo de deformación E (MPa) *Young´s Modulus E (MPa)*		Coeficiente de Balasto (x 10^3 kN/m^3) *Subgrade reaction moduli (x 10^3 kN/m^3)*		Resistencia al corte *Shear strengths*	
		Según UPC *By UPC*	Según Presiómetros y ensayos SPT *By Pressuremeter and STP tests*	Según UPC By UPC	Según Presiómetros y ensayos SPT *By Pressuremeter and SPT test*	Φ	c (kN/m^2)
Limos y arenas marrones *Brown silt and sand*	De 0 a 5 m	100	332	437,5	1 460	31°	50
Arenas cementadas *Cemented sands*	De 5 a 8 m	300	274	1.320	1.200	17° a 35°	80 a 90
Limos y arenas marrones *Brown silt and sand*	De 8 a 26 m	60	57-225	264	85-1.122	31° a 36°	30 a 50
Arenas cementadas inferiores *Lower cemented sands*	De 26 a 30 m	500	225-3.780	2.200	1.120-16.630	-	-
Margas negras *Black loam*	> de 30 m	100	104	440	440	21°	75

realizados en los sondeos como de los valores propuestos por la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) en base a las prospecciones y obras recientes. Finalmente, se consideraron los valores recogidos en la Tabla 1.

El nivel freático se detectó entre 16 y 17 metros de profundidad respecto al nivel de las calles, es decir, unos 4 a 5 metros por encima del fondo de excavación.

3.3. Construcciones subterráneas del entorno

Otro de los condicionantes durante la construcción ha sido el gran número de infraestructuras subterráneas que existen en las proximidades del solar (Figura 7).

Los túneles de dos líneas del Ferrocarril Metropolitano de Barcelona, incluso parte de una estación, discurren paralelos a dos laterales del edificio. Interfiere no sólo la presencia física de los túneles, sino las zonas de restricción y servidumbre definidas en su entorno, imposibilitando o limitando la intervención en ellas e imponiendo estrictas condiciones a la deformación del terreno.

Otra construcción importante es un depósito de almacenamiento del agua de tormentas con su correspondiente canal de descarga. De menor importancia por sus dimensiones, pero no por su número, son las redes de servicios de agua, gas y electricidad que a diferentes niveles recorren todo el perímetro.

The geotechnical parameters assigned to the various materials were obtained both from the bore-hole tests carried out and from the values proposed by the Polytechnic University of Catalonia (UPC), based on recent surveys and works. Finally the values shown in Table 1 were considered.

The water table was detected at 16–17 m below street level, i.e. 4–5 m above the bottom of the excavation bed.

3.3. Existing underground structures

Another constraint during construction was the large number of underground infrastructures in proximity to the plot (Figure 7).

The tunnels of two Barcelona Metro lines, including part of a station, run parallel to two sides of the building. The works were hindered not only the physical presence of these tunnels, but also by the restricted areas and easements defined around them, which interfered with work there or even made it impossible, while imposing strict conditions on ground strain.

Another significant structure is a storm-drain tank and its discharge channel, plus – smaller in terms of size but significant in number – the water, gas and electricity mains that run at different levels around the whole perimeter.

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

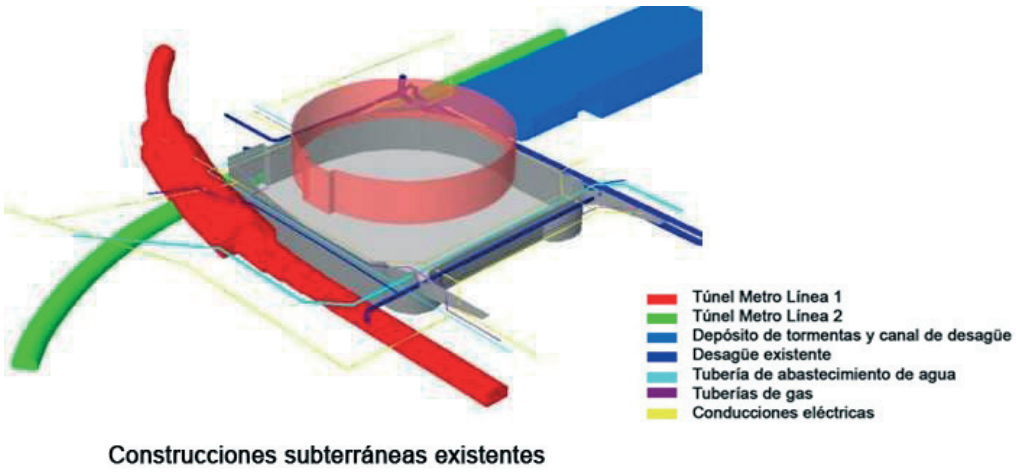


Figura 7. Imagen 3D con los túneles y otras construcciones subterráneas
Figure 7. 3D image with tunnels and other underground structures built

4. DEMOLICIÓN

Con la excepción de la fachada, la antigua plaza de toros se demolió completamente. Estos trabajos pueden catalogarse como de "deconstrucción", pues en ellos se esmeró la recuperación y selección de los materiales para su posterior reciclaje selectivo.

Primero se demolieron los edificios anexos a la plaza, liberando los terrenos que ocupaban para crear en ellos la plataforma de trabajo para la construcción de la cimentación profunda exterior del nuevo edificio.

La edificación del interior de la plaza, graderíos y pasillos de las plantas superiores, se demolieron en varias etapas. Inicialmente se demolieron los graderíos y los elementos que no colaboraban en la estabilidad de la fachada, respetando la estructura de los pasillos perimetrales. Ésta, despojada de todos los elementos estructuralmente inactivos para minimizar las cargas, formaba con la fachada un pórtico capaz de mantener estable el conjunto temporalmente (Figura 8).

La demolición de la crujía perimetral no se acometió hasta que un estabilizador provisional exterior remplazó su función. Si en general la demolición se realizó con precaución máxima, aún fue mayor la de los pasillos, pues su vinculación con la fachada hacía necesario evitar daños en la fábrica. La viguería metálica de los pasillos se desmontó pieza a pieza, cortando con soplete los extremos de las viguetas empotradas en la fábrica, y manteniendo estos muñones de los perfiles hasta muy avanzada la obra. Finalmente, cuando se acometió la restauración de la fachada, los muñones se extrajeron manualmente y uno a uno, macizando y retacando los huecos dejados en la fábrica hasta restablecer su monolitismo.

5. MUROS Y CIMENTACIÓN PROFUNDA

Una vez que el terreno exterior a la fachada fue liberado de construcciones, se excavó hasta igualar su

4. DEMOLITION

The old bullring was completely demolished except for its façade. Rather than simple demolition, this work can be classed as "deconstruction", as special care was taken in the recovery and selection of materials for subsequent selective recycling.

First of all, the buildings adjoining the bullring were demolished, thereby clearing the land that they occupied to create the work platform so that the exterior deep foundations of the new building could be built.

The structures inside the bullring, the bleachers and walkways of upper levels were demolished in stages. Initially, the bleachers and other parts that did not affect the stability of the façade were demolished, leaving the structure of the perimeter walkways intact, as, once cleared of all the structurally inactive parts to minimise loads, it formed a temporary frame with the façade to keep the unit stable (Figure 8).

The demolition of the perimeter frame was not undertaken until a provisional exterior stabiliser took over its role. Great caution was taken with all the demolition work, but especial-



Figura 8. Deconstrucción manteniendo la estructura del anillo adosado a la fachada
Figure 8. Deconstruction maintaining the ring structure adjoining the façade

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

nivel con el de las aceras circundantes, manteniendo exclusivamente una berma junto a la fachada para no afectar a su cimentación. Desde esta plataforma de trabajo se acometió la construcción del muro pantalla perimetral y los pilotes-pilar de la zona exterior a la fachada (Figura 9).

5.1. Muro pantalla

El muro de los sótanos tiene una altura de casi 20 metros entre el nivel de aceras y el de máxima excavación (Figura 10). Esta profundidad y las fuertes limitaciones de deformabilidad durante la excavación determinaron la adopción de varias soluciones:

– Muro pantalla continuo (espesor 0,60 metros).

– Tramos de pantalla con bataches en T (contrafuertes interiores y exteriores en los laterales de Tarragona y Gran Vía).

– Empotramiento importante bajo el nivel de excavación (clava media de 7 metros). Además, para aumentar la estanqueidad del vaso bajo el nivel freático, el pie de pantalla se empotra al menos 3 metros en las margas impermeables.

– Construcción descendente de la estructura de los sótanos (anillos completos para la compensación de empujes).

– Anclajes activos al terreno (limitados a zonas en las que la ausencia de construcciones subterráneas exteriores lo permitían; en Llançà se dispusieron hasta 4 niveles, mientras que en Tarragona y Gran Vía tan solo se utilizó uno, bajo los túneles del metro).

– Mantenimiento local de pequeñas bermas en la parte más profunda de la excavación que no se retiraron hasta que la estructura superior no estuvo terminada.

En la excavación de la pantalla se utilizó bentonita para asegurar la estabilidad de las paredes, pero no

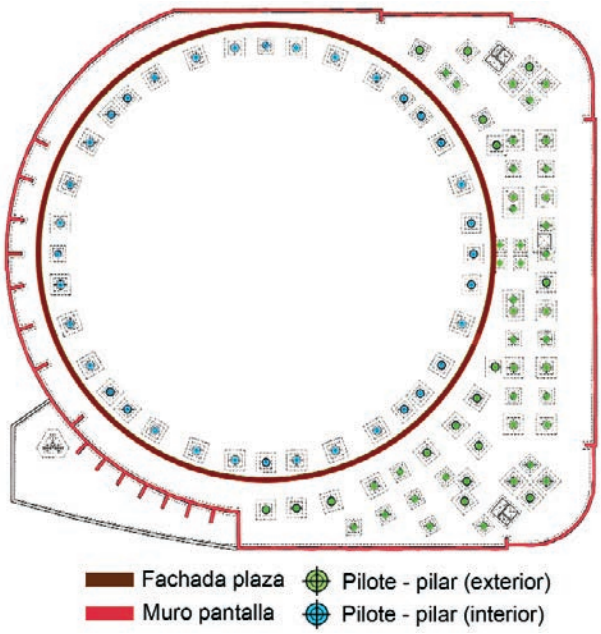


Figura 9. Planta de muro pantalla y cimentación profunda (pilotes-pilar)
Figure 9. Plan of retaining wall and deep foundations (plunge columns)

ly in the elimination of the walkways, because their connection with the façade made it necessary to avoid damaging the brickwork. The metal beams of the walkways were dismantled piece by piece, using a blowtorch to cut off the ends of the girders embedded in the brickwork, and leaving the stumps in place until the work was considerably advanced. Finally, when the restoration of the façade began, the stumps were removed manually one by one, filling in and stemming the gaps left in the brickwork until its integrity as a single continuous block was restored.

5. WALLS AND DEEP FOUNDATIONS

Once the land outside the façade was clear of buildings, it was excavated down to the level of the surrounding sidewalks, maintaining only a berm next to the façade so as not to affect its foundations. From this work platform the construction of the perimeter retaining wall was begun, together with the plunge columns in the exterior area of the façade (Figure 9).

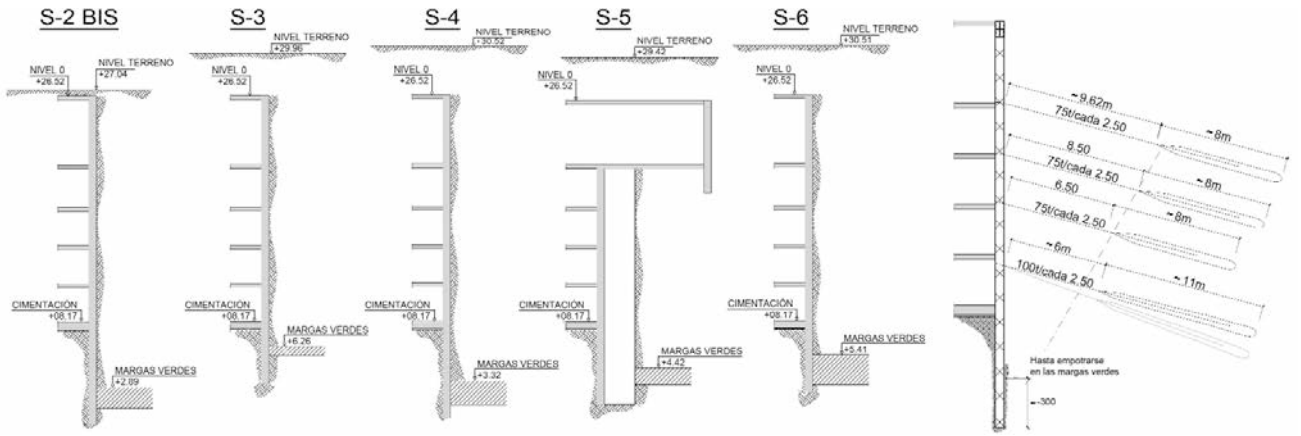


Figura 10. Secciones tipo de muro pantalla (acodaladas, con contrafuertes, ancladas)
Figure 10. Standard retaining wall cross-sections (jointed, buttressed, anchored)

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

se usaron herramientas de perforación especiales. La cucharas pudieron atravesar las capas cementadas de mayor espesor y dureza, que el informe geotécnico había detectado y el proyecto había previsto que se ejecutaran con "preforos" (perforaciones con pilotadoras en los extremos de cada batache).

Además de los muros principales descritos, existen otros muros pantalla y convencionales de menor altura para adaptarse a la menor profundidad de algunas zonas de los sótanos, de las rampas de acceso, etc.

5.2. Cimentación profunda (pilote-pilar)

Desde la plataforma de trabajo exterior se ejecutó la cimentación profunda de los pilares de sótano localizados entre la fachada y el perímetro de la pantalla.

Es un conjunto de 57 pilotes, con separaciones entre ellos de unos 10 metros, de diámetros variables entre 2.000 mm y 1.200 mm y con una longitud de perforación de 40 metros (hinca por debajo del nivel de máxima excavación de 20 metros). Los pilotes se armaban y hormigonaban exclusivamente en los 20 metros inferiores. En el interior de estas perforaciones se alojaron los pilares metálicos, que descendían desde el nivel de la Planta Baja hasta alrededor de 4 metros por debajo del nivel de máxima excavación.

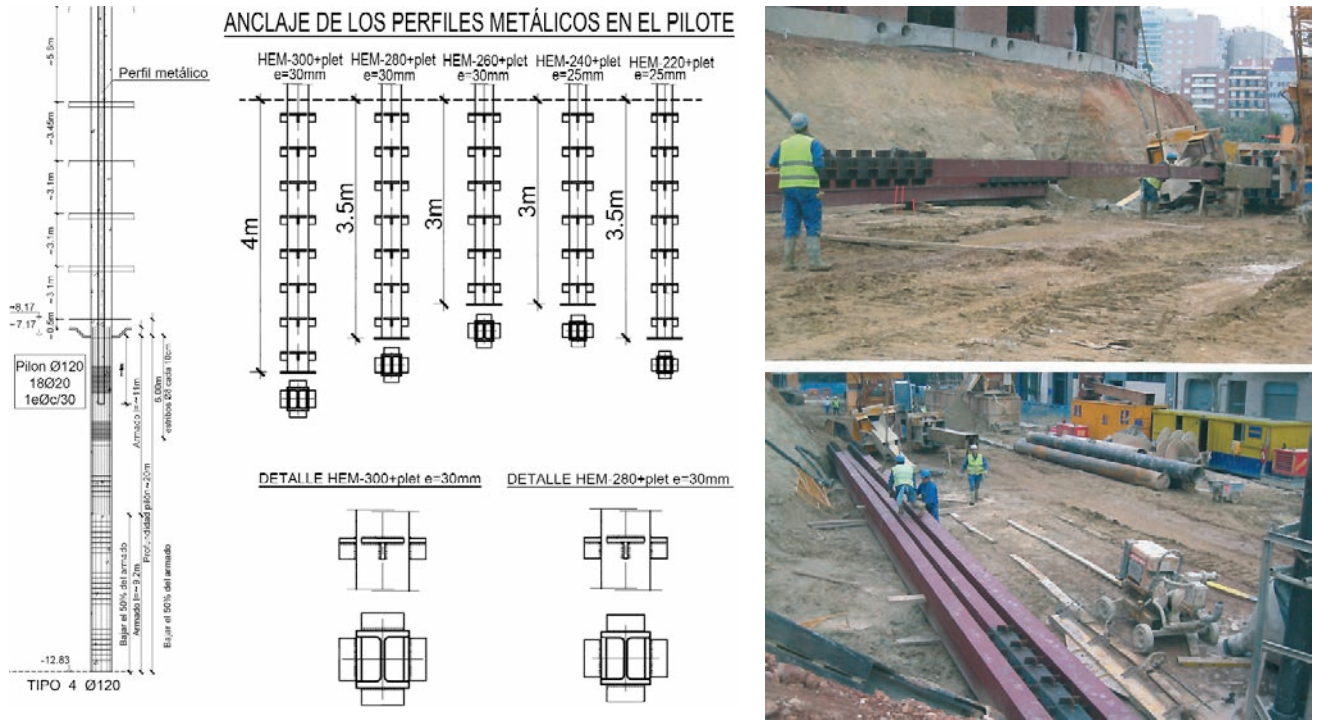
Los pilares metálicos son perfiles HEM (calibres entre 300 y 220), reforzados con chapas de 25 mm o 30 mm. La longitud de empotramiento en los pilotes (4 metros) lleva soldados conectadores rígidos en T para transferir la carga del pilar al pilote (Figuras 11 y 12). La parte

5.1. Retaining wall

The wall for the basement levels is almost 20 m high between sidewalk level and the base of the excavated area (Figure 10). This depth and the major deformability limitations during excavation led to the adoption of several different solutions:

- *Diaphragm wall (0.60 m thick).*
- *Sections of retaining wall with T panels (interior and exterior abutments on the Tarragona and Gran Vía streets).*
- *Considerable embedding below the excavation level (average height 7 m). Also, to increase the watertightness of the vessel below the water table, the retaining wall base is embedded at least 3 m into the impermeable marl.*
- *Top-down construction of the basements structure (full rings for earth pressure compensation).*
- *Active anchorage into the ground (limited to areas allowed by the absence of any exterior underground structures; on Llançà street up to four levels were laid out, whereas on Tarragona and Gran Vía streets only one was used, below the metro tunnels).*
- *Keeping of small berms in the deepest part of the excavation, which were not removed until the upper structure was completed.*

For the excavation of the retaining wall, bentonite was used to ensure the stability of the walls, although no special drilling tools were employed. The diggers were able to cut through the thickest, hardest cemented layers detected in the Geotechnical Design Report, which were planned in the design to be executed with "preforos" (drill holes with pile drivers at the ends of each foundation trench).



Figuras 11 y 12. Croquis de pilote-pilar y vistas de pilares metálicos
Figures 11 & 12. Plunge columns and views of steel supports

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

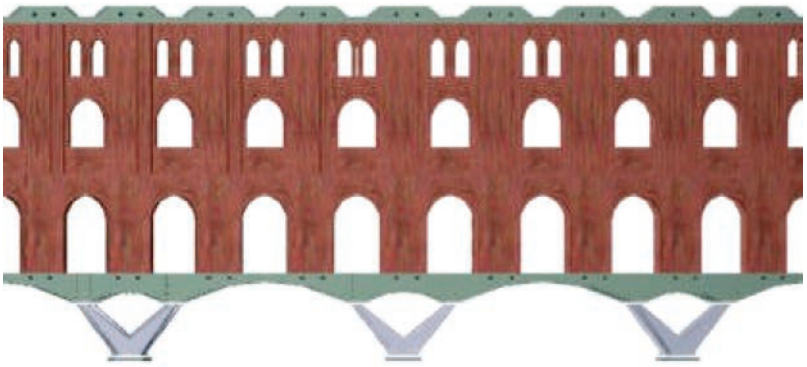


Figura 13. Alzado de fachada sobre viga-arco y pilares definitivos
Figure 13. Elevation of façade on arch beam and final supports

superior de los pilares lleva soldado un amplio capitel metálico, conformado por chapas rigidizadas, para apoyo de la estructura de hormigón de planta baja.

Los pilares se introducían en las perforaciones de los pilotes provistos de unas guías, en cabeza y a lo largo del fuste, para asegurar su verticalidad y replanteo, principalmente durante el hormigonado de los pilotes.

El hueco que quedaba en las perforaciones entre la superficie y el tramo inferior hormigonado se rellenó de mortero pobre para asegurar provisionalmente la estabilidad transversal de los pilares al entrar en carga, facilitando la posterior eliminación del relleno durante la excavación de los sótanos.

6. CONSERVACIÓN DE LA FACHADA

Una de las mayores singularidades técnicas de la construcción del edificio ha residido en la necesidad de conservar la fachada de ladrillo de la antigua plaza, manteniéndola exenta y suspendida sobre la excavación de los sótanos durante un largo periodo de tiempo.

Las operaciones de sustentación y de estabilización provisional de la fachada se desarrollaron en paralelo, y cuando estuvieron construidos los nuevos apoyos es cuando se inició la demolición de la crujía perimetral de la plaza que se había mantenido.

6.1. Sustentación provisional de la fachada

De acuerdo con el diseño arquitectónico, la fachada debía conservar su elevación con respecto al nivel de aceras y este espacio hueco debía alojar una estructura soporte de la fachada que permitiera permeabilizar el paso al interior del edificio proporcionando acceso peatonal a la planta baja. La estructura consta de un potente dintel anular de hormigón visto, formado por una sucesión de vigas-arco de luces alternas larga-corta, y unos pilares metálicos en V (Figura 13).

Después del rebaje del terreno exterior de la plaza, la cimentación y la fachada continuaban apoyadas

Besides the main walls described, other lower retaining walls and conventional walls were built to adapt to the shallower depth of some parts of the basements, access ramps, etc.

5.2. Deep foundations (plunge columns)

From the exterior work platform the deep foundations were built for the basement piers located between the façade and the perimeter of the retaining wall.

This consists of a set of 57 piles, about 10 m apart, varying in diameter from 2 000 mm to 1 200 mm and with a drilling length of 40 m (i.e. jacked 20 m beneath the maximum excavation level). Only the bottom 20 m of the piles was reinforced and cast. Metal piers were housed inside these drill holes, running from the ground-floor level to approximately 4 m below the maximum excavation level.

The metal piers are HEM sections (calibre 300–220), reinforced with 25 mm or 30 mm plates. Rigid T-joints were welded to the embedding length in the piles (4 m) to transfer the load from the pier to the pile (Figures 11 and 12). A broad metal column cap is welded to the top of the piers, consisting of stiffened plates, to support the ground-floor concrete structure.

The piers were inserted into the drill holes using guides, at the cap and along the shaft, to assure their verticality and positioning, mostly while the piles were being cast.

The gap left in the drill holes between the surface and the concreted section below was backfilled with lean mortar to temporarily ensure the transversal stability of the supports under the load, thereby facilitating the subsequent removal of the backfill when the basement levels were being excavated.

6. CONSERVATION OF THE FAÇADE

One of the most striking technical features of the construction of the building was the need to conserve the brick façade of the old bullring, isolating it from and suspending it above the excavation of the basement levels over a lengthy period of time.

The operations to provisionally shore and stabilise the façade were carried out in parallel. Once the new supports

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

sobre el terreno, aunque protegidas por una berma exterior. La construcción de un sistema de sustentación provisional permitió la posterior eliminación de dicho terreno.

En primer lugar se hormigonaron unas vigas-arco pareadas, por el exterior e interior del pie de la fachada y a lo largo de los 300 metros del perímetro, abrazando el arranque de las pilastras de ladrillo (Figuras 14 y 15). Para la construcción se utilizaron unas pequeñas cimbras de madera, apoyadas directamente sobre el terreno, y se encofraron lateralmente con paneles fenólicos para lograr un acabado de hormigón visto.

Las vigas se conectaron con las pilastras mediante potentes pasadores tubulares que atraviesan la fábrica y con barras pretensadas alojadas en ellos, que al tesarse introducen un esfuerzo de compresión en el contacto hormigón-ladrillo. Durante la construcción se observó que las pilastras no eran macizas, sino formadas por dos hojas de ladrillo de 15 cm de espesor cada una, con una cámara intermedia, por lo que fue necesario rellenar con hormigón el hueco de la parte inferior de las pilastras.

Las barras de pretensado se protegieron con inyección de lechada de mortero en el interior de los tubos; la inyección se realizó después del tesado de las barras pero antes de que las vigas-arco pasaran a soportar las cargas de la fachada.

Para el apoyo provisional de la fachada y de las vigas-arco se realizó un recalce mediante micropilotes, situados en el hueco entre las dos vigas-arco de hormigón y coincidiendo con el centro de los arcos de la fachada. Los micropilotes (tipo TITÁN 73/56) eran autoperforantes, constituidos por un tubo de acero roscado por el exterior y en los que se realiza la inyección del terreno mediante lechada de cemento a través del hueco interior. El diámetro de la cabeza de perforación era de 200 mm.

Cada uno de los puntos de recalce estaba formado por un conjunto de cuatro micropilotes, creando una espe-

were built, the demolition of the perimeter frame of the bullring, which had been maintained, could begin.

6.1. Provisional shoring of the façade

In accordance with the architectural design, the height of the façade with respect to the sidewalks level had to be preserved, with the hollow space being used to house a support structure for the façade that would allow passing through to the interior of the building for pedestrian access to the ground floor. The structure has a strong bare-concrete annular lintel, composed of an array of arch beams, with alternating long and short spans, and V-shaped metal supports (Figure 13).

With the terrain outside the bullring lowered, the foundations and façade still rested on the ground, although protected by an outer berm. A provisional support system was built that later allowed this earth to be removed.

First, paired arch beams were cast on the outer and inner sides of the foot of the façade and along the 300 m perimeter, embracing the base of the brick pilasters (Figures 14 and 15). Small timber falsework was used to build these, resting directly on the ground, using phenolic formwork side panels to achieve an exposed-concrete finish.

The beams were joined to the pilasters with strong tubular battens that pass through the brickwork and house prestressed bars, which when tensioned generate a compression force at the concrete–brick interface. During construction these pilasters were found not to be solid, but rather composed of two rows of brick each 15 cm thick, separated by an air chamber, making it necessary to backfill the gap at the bottom of the pilasters with concrete.

The prestressing bars were protected by injecting mortar grout into the tubes after the bars were tensioned but before the arch beams began to bear the loads of the façade.

In order to provisionally support the façade and the arch beams, they were underpinned with micropiles, positioned in the gap between the two concrete arch beams and coinciding with the centre of the arches of the façade. The





Figuras 14 y 15. Viga-arco de pie de fachada
Figures 14 & 15. Arch beam at foot of façade

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026




Figuras 16 y 17. Micropilotes y estructura de suspensión entre vigas-arco
Figures 16 & 17. Minipiles and suspension structure between arch beams

cie de torreta o castillete metálico. La capacidad de carga de cada uno de estos castilletes era de unos 1.000 kN, soportando globalmente los 40.000 kN que pesa la totalidad de la fachada. Esta capacidad de carga de los castilletes sólo era posible para limitadas longitudes libres de los micropilotes (unos 80 centímetros) o cuando los micropilotes quedaban rigidizados por una estructura metálica que triangulaba el conjunto de los 4 micropilotes con un paso no mayor de 60 centímetros.

Para transferir las cargas de la fachada y de las vigas-arco a los micropilotes se construyeron unas estructuras metálicas con forma de yugos y travesaños que servían para suspender el conjunto; por una parte, se soldaron a chapas embebidas y ancladas en las vigas de hormigón y, por otro lado, apoyaban en placas y tuercas roscadas directamente al tubo de los micropilotes (Figuras 16 y 17).

Aunque inicialmente se había previsto que la entrada en carga de los castilletes se realizara mediante gatos, finalmente se comprobó que las deformaciones diferenciales entre castilletes no comprometían la integridad de la fachada, por lo que no se llegaron a utilizar los gatos y se acortó el tiempo de ejecución.

La localización de los castilletes de micropilotes presentaba una variante en la zona de la calle Diputaciò, donde la fachada de la plaza arrancaba sobre un muro de mampostería que salvaba la diferencia de niveles entre el interior de la plaza y la acera. Para evitar que los micropilotes tuvieran que perforar la mampostería, que se disgregaba, y quedaran embebidos en el muro se duplicaron los castilletes, situándolos a ambos lados de las vigas-arco. La estructura metálica encargada de la transferencia de carga tuvo que ser diseñada expresamente para que hiciera de puente apoyado en los dos castilletes (Figura 18).

Otro caso particular de la sustentación de la fábrica corresponde al potente cuerpo de la puerta de acceso

micropiles (TITÁN 73/56 type) were self-drilling, consisting of a steel tube threaded on the outside, into the hollow interior of which cement grout was then injected. The diameter of the drilling head was 200 mm.

Each of the underpinning points consisted of a set of four micropiles, creating a kind of metal tower or turret. The load capacity of each of these turrets was approximately 1.000 kN, with all of them bearing the total 40.000 kN weight of the façade. This load capacity of the turrets was only possible for limited free lengths of the micropiles (approximately 80 cm) or when the micropiles were stiffened with a metal structure that triangulated the set of four micropiles with a gap of not more than 60 cm.

To transfer the loads of the façade and arch beams to the micropiles, yoke-shaped metal structures with crossbars were built to suspend the unit; these were welded to embedded plates anchored onto the concrete beams and also rested on plates and bolts screwed directly onto the minipile tube (Figures 16 and 17).

Although it had been initially planned to use jacks to transfer the load to the turrets, it was subsequently found out that the differential deformation between the turrets did not compromise the integrity of the façade, so no jacking was necessary, thereby shortening the completion time.

The positioning of the micropile turrets varied somewhat in the Diputaciò street area, where the façade of the bullring lay on a stonework wall that covered the difference in level between the interior of the bullring and the sidewalk level. In order for the micropiles not to have to drill though this stonework, which tended to break up leaving them embedded in the wall, the turrets were doubled, positioning them on each side of the arch beams. The metal structure responsible for transferring the load had to be specially designed to act as a bridge that rested on the two turrets (Figure 18).

Another notable feature of the shoring of the brickwork was how the large Gran Vía entrance was dealt with. This structure is a large arch on two hollow pylons, with a small arcade on the upper floor (Figure 19). To provisionally

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026





Figuras 18 y 19. Castilletes, exterior en calle Diputaciò, y bajo la puerta principal
Figures 18 & 19. Turrets, exterior on Diputaciò street, and beneath the main entrance

desde la Gran Vía, formado por un gran arco sobre dos pilonos huecos y una pequeña arquería en la planta superior (Figura 19). Para soportar provisionalmente este elemento, además de dar continuidad a la viga-arco general de la fachada, se construyeron otras vigas de hormigón abrazando la fábrica por el exterior y por el interior de los pilonos, apoyadas sobre un denso conjunto de castilletes de micropilotes.

6.2. Estabilización provisional de la fachada

La otra intervención sobre la fachada consistió en dotarla de un estabilizador provisional exterior que sustituyera a la crujía interior de la antigua plaza, que no se había demolido hasta ese momento. El estabilizador se mantuvo hasta que se arriostró la fachada con la nueva estructura que se construyó en el interior.

Esta estructura provisional debía ser capaz de resistir las acciones horizontales a las que podía verse sometida la fachada exenta, bien de origen externo (viento) o interno (excentricidad debida a la falta de verticalidad de la fachada). Para ello se montó un entramado metálico modular que a través de los arcos de la fachada abrazaba los tres niveles de pilastras de fábrica y mediante triangulaciones horizontales y verticales lograba la rigidización del conjunto fachada-entramado (Figura 20).

El estabilizador tenía dos líneas de apoyo, por una parte arrancaba de las vigas-arco construidas en la base de las pilastras y recalzadas con los micropilotes, y por otra apoyaba sobre la coronación del muro pantalla o sobre la cabeza de los pilares metálicos exteriores más próximos, cuando el muro pantalla se encontraba a excesiva distancia de la fachada.



Figura 20. Estabilizador exterior de fachada
Figure 20. Exterior façade stabiliser

support this structure and provide continuity for the general arch beam of the façade, further concrete beams were built to embrace the brickwork on the outer and inner sides of the pylons, resting on a dense array of micropile turrets.

6.2. Provisional stabilisation of the façade

The other action undertaken on the façade was to equip it with a provisional exterior stabiliser to replace the interi-

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026



Figura 21. Caballón de apoyo de la fachada (vista desde el interior)
Figure 21. Ridge to support the façade (viewed from the interior)

6.3. La fachada suspendida

Una vez construidas las estructuras de soporte y estabilización de la fachada ya fue posible acometer las últimas actividades que hacían posible dejarla "flotando en el aire", durante un tiempo significativo del desarrollo de la construcción.

En primer lugar se procedió, con las máximas precauciones, a la "deconstrucción" de la crujía interior de la plaza, mantenida como elemento estabilizador. Seguidamente se rebajaron los casi 5 metros del terreno del interior del cilindro hasta igualarlo con el nivel del exterior, pero preservando un estricto caballón de terreno sobre el que todavía apoyaba la fachada (Figura 21).

Por último, se procedió a la excavación del caballón de forma escalonada. En primer lugar se retiró, casi manualmente, el terreno coincidente con los castilletes, por bataches en rebajes sucesivos de un máximo de 80 cm para evitar el pandeo de los micropilotes y permitir arriostrarlos cada 60 cm mediante triangulaciones metálicas entre los mismos, lo que aseguraba su estabilidad y capacidad de carga para mayores alturas libres; sin lugar a dudas, se trató de una operación lenta que exigió un notable consumo de plazo. Finalmente, mediante medios mecánicos se excavaron los tramos del caballón que quedaban entre los castilletes, lo que dio lugar a la definitiva transferencia de las cargas de la fachada a los micropilotes de recalce provisional (Figuras 22 y 23).

Esta supresión del caballón dejó la totalidad de la fachada suspendida, dando lugar a unas espectaculares imágenes que producían la falsa impresión de

or frame of the old bullring, which had not previously been demolished. The stabiliser was kept in place until the façade was supported by the new structure built inside.

This provisional structure had to be able to withstand the horizontal forces that the isolated façade would potentially be subjected to, of either external (wind) or internal origin (eccentricity owing to the façade's lack of verticality). To achieve this, a modular metal grid was erected, which, via the arches of the façade, embraced all three levels of brickwork pilasters and, by means of horizontal and vertical triangulations, stiffened the façade-grid unit (Figure 20).

The stabiliser had two support lines: one starting at the arch beams built at the base of the pilasters and underpinned with the micropiles, and another one at the top of the retaining wall or on the head of the nearest outer metal piers, when the wall was too far away from the façade.

6.3. Suspension of the façade

Once the structures to support and stabilise the façade were in place, the final tasks could be carried out to leave it "floating in the air" for significant time during the building development.

First, the interior frame of the bullring, which had been kept as a stabilising element, was "deconstructed" with



Figuras 22 y 23. Excavación del caballón y arriostramiento de los micropilotes
Figures 22 & 23. Excavation of the ridge and shoring of the minipiles

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026



Figura 24. Fachada apoyada sobre castilletes
Figure 24. Façade resting on turrets

que todo el conjunto había sido izado sobre el terreno situado al nivel de las aceras (Figura 24).

7. CONSTRUCCIÓN BAJO RASANTE

La excavación de los sótanos, con una profundidad de 20 metros, estaba condicionada por el mantenimiento de la fachada sobre sus apeos provisionales y por la necesidad de proporcionar varios niveles de apoyo horizontal a las pantallas perimetrales, en las que resultaba inviable la ejecución de anclajes activos al terreno en su mayor parte.

Se optó por una solución combinada de excavación-construcción descendente, que afectaba a una corona perimetral adyacente a las pantallas, y de excavación-construcción ascendente convencional en la zona central del edificio (círculo de 83 metros de diámetro).

La construcción descendente del anillo perimetral permitió proporcionar un nuevo sistema de apoyo a la fachada, y la forma anular de las partes de forjado construidas en cada sótano creó unos potentes diafragmas horizontales, que dieron apoyo a las pantallas compensando los empujes enfrentados y obviando la necesidad de disponer anclajes temporales al terreno.

La excavación se realizó de forma simultánea en la corona perimetral y en el círculo interior, en fases escalonadas para permitir la construcción de los forjados perimetrales y la ejecución de los anclajes que fueron posibles. La rampa de obra, para la extracción

great care. Then the almost 5 m of terrain on the interior of the cylinder was lowered to the same level as the exterior, while maintaining a strict earth ridge on which the façade continued to rest (Figure 21).

Finally, the ridge was excavated in stages. First, the terrain coinciding with the turrets was removed, almost by hand, and foundation trenches were successively lowered to a maximum of 80 cm to prevent the micropiles from buckling and enable them to be supported every 60 cm with metal triangulations between them, to assure their stability and load capacity for greater free heights. This was an extremely slow operation to which much of the available completion time had to be devoted. Finally, the remaining sections of the ridge between the turrets were excavated by mechanical means, whereupon the loads of the façade were definitively transferred to the provisional underpinning micropiles (Figures 22 and 23).

The removal of the ridge left the entire façade suspended, giving rise to spectacular images that give the false impression that the whole unit had been hoisted onto the ground at pavement level (Figure 24).

7. CONSTRUCTION BELOW GROUND

The excavation of the basement levels, down to a depth of 20 m, was affected by maintaining the façade on its ancillary shoring and the need to provide various levels of horizontal support for the perimeter retaining walls, where for the most part it was not viable to build active anchorages into the ground.

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

de las tierras se situó adosada a la pantalla de la calle Llançà, que estaba anclada al terreno.

7.1. Excavación y construcción descendente de la corona perimetral

Una vez igualado el nivel interior de la plaza con el del exterior, los pesados equipos de pilotaje accedieron al interior de la plaza y se completó la cimentación profunda de la corona perimetral construyendo 36 pilotes-pilar dispuestos sobre una circunferencia de 88 metros de diámetro. Las características geométricas y resistentes de los pilotes-pilar eran similares a las de los ya construidos en el exterior de la plaza. Los pilares interiores y exteriores, conjuntamente con los muros pantalla, proporcionaron los necesarios apoyos a los forjados de la corona perimetral.

Aunque el proyecto contemplaba realizar una primera fase de excavación hasta el nivel del sótano -1, para que éste forjado fuera el primero en ser hormigonado, se vieron notables ventajas en modificar el orden de ejecución y se optó por acometer en primer lugar la construcción de la planta baja sobre el terreno, a nivel de calle. Esta anticipación permitía reducir el desplazamiento de la cabeza de las pantallas y aumentar el ritmo de la construcción al evitar que la excavación de los 5 metros de altura del primer sótano se viera frenada por una ejecución escalonada para el arriostramiento de los micropilotes que soportaban la fachada.

El forjado de planta baja tiene una geometría compleja con diversos cambios de nivel impuestos por la arquitectura y está resuelta con una losa maciza de hormigón de 40 cm, reforzada por una serie de vigas de cuelgue radiales que van desde los pilares interiores a los exteriores o a la pantalla y dan apoyo a una viga anular, en la vertical de la fachada, conformando la urdimbre sobre la que arranca el sistema de sustentación definitivo de la antigua fachada.

Las vigas radiales de refuerzo son de hormigón pretensado, mientras que la losa es armada. Esta estructura se construyó directamente sobre el terreno, sobre una capa de mortero autonivelante forrado con tablero fenólico, garantizando un acabado visto del hormigón.

Las vigas de refuerzo, anular o radiales, coincidían con los castilletes de micropilotes y se maclaban y conectaban con ellos de forma que al pretensar las vigas radiales las cargas de la fachada pasaban a ser soportadas por el sistema de vigas. Los tramos de micropilotes situados bajo las vigas quedaban liberados de su misión resistente, eliminando la necesidad de efectuar la siguiente fase de excavación por pequeñas rebanadas para arriostrar los micropilotes; al no tener carga alguna, los micropilotes se pudieron cortar y eliminar durante la excavación, facilitando ésta de una manera significativa.

A combined solution was opted for, with excavation and top-down construction, affecting a perimeter crown adjacent to the walls, and excavation and bottom-up construction in the central part of the building (circle 83 m in diameter).

The cut and cover construction of the perimeter ring provided a new support system for the façade, and the ring shape of the slab parts built on each basement level created strong horizontal diaphragms that supported the walls, offsetting the earth pressures suffered and avoiding the need to fit temporary anchorages into the ground.

The excavation of the perimeter crown and inner circle were done simultaneously, in staggered stages so that the perimeter slabs and any possible anchorages could be built. The site ramp used to extract the earth was positioned adjoining the Llançà street retaining wall, which was anchored into the terrain.

7.1. Excavation and top-down construction of the perimeter crown

Once the interior and exterior levels of the bullring had been equalled, the heavy pile-driving equipment could be brought into the interior of the bullring and the deep foundations of the perimeter crown completed, by building 36 plunge columns arranged around a circumference 88 m in diameter. The geometric and resistance characteristics of the plunge columns were similar to those of the ones already built outside the bullring. The inner and outer piers, together with the walls, provided the necessary support for the slabs of the perimeter crown.

Although the original design planned for an initial excavation phase down to the level of basement –1, in view of which this slab was the first to be cast, a change to the order of execution was found to have several advantages, so it was opted to begin by building the ground floor on the terrain, at street level. By bringing this task forward, it was possible to reduce the displacement of the head of the retaining walls and increase the work rate, as the excavation of the 5 m height of the first basement would no longer be held up by staggered building to allow for the micropiles supporting the façade to be strutted.

The ground-floor slab has a complex geometrical design with various changes in level imposed by the architecture. It was designed with a 40 cm concrete slab, reinforced with a set of radial hanging beams running from the inner supports to the outer ones or to the retaining wall and supporting an annular beam, on the vertical of the façade, to create the warp where the final support system for the old façade begins.

The radial booster beams are made of prestressed concrete, while the slab is made of reinforced concrete. This structure was built directly on the ground, on a layer of self-levelling mortar lined with phenolic decking to assure an exposed-concrete finish.

The annular or radial booster bars coincided with the micropile turrets and were plugged and joined to these in such a way

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

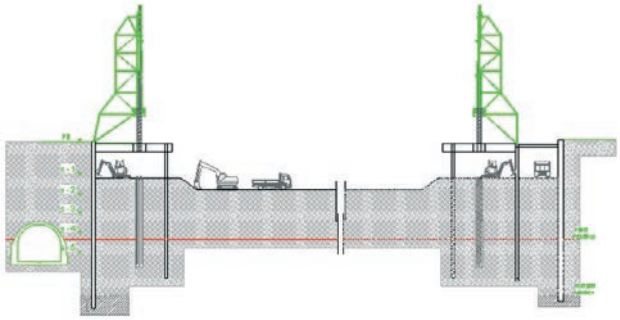


Figura 25. Croquis de la fase inicial de la construcción descendente
Figure 25. First stage of top-down construction





Figuras 26 y 27. Vistas de la excavación bajo la estructura de planta baja
Figures 26 & 27. Views of excavation below the ground-floor structure

La construcción de la corona perimetral continuó en sentido descendente siguiendo la secuencia de actividades siguiente:

– Excavación hasta el nivel del sótano -1 (desmontando los tramos de micropilotes y eliminando el mortero envolvente de los pilares metálicos) (Figuras 25, 26 y 27).

– Regularización y preparación del encofrado sobre el terreno, montaje de crucetas metálicas en los pilares y hormigonado de la losa correspondiente al sótano -1 (espesor 40 cm).

– Excavación hasta el nivel del sótano -3, que dejaba un gálibo cómodo para el movimiento de la maquinaria de excavación y de transporte de tierras (Figuras 28 y 29).

– Hormigonado de la losa correspondiente al sótano -3, repitiendo las mismas operaciones de preparación realizadas en la losa del sótano -1.

– Excavación hasta el nivel inferior de la losa de cimentación del sótano -5, dejando también un gálibo cómodo para la excavación (Figura 30).

– Las losas de los sótanos -2 y -4 se hormigonaron

that when the radial beams were prestressed the loads of the façade were taken over by the beam system. The micropile sections beneath the beams were released from their withstanding mission, thereby eliminating the need for the following excavation stage to be staggered in order to allow the micropiles to be strutted; since they no longer bore any load, the micropiles could be cut and removed during the excavation work, which was made much easier as a result.

The building of the perimeter crown continued with a top-down construction, following this sequence:

– *Excavation down to the level of basement –1 (dismantling the micropile sections and removing the mortar from around the metal supports) (Figures 25, 26 and 27).*

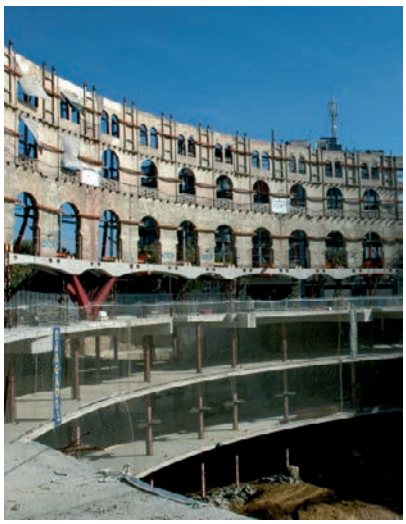
– *Regularisation and preparation of the formwork on the ground, assembly of metal crosspieces on the piers and casting of the slab for the –1 basement level (40 cm thick).*

– *Excavation down to the level of basement–3, leaving ample headroom for manoeuvres by the digging and earth-transport machinery (Figures 28 and 29).*

– *Casting of the slab for basement–3, repeating the same preparatory operations as for the basement –1 slab.*

– *Excavation down to the lower level of the basement –5 foundation slab, also leaving ample headroom for the excavation work (Figure 30).*

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

Figuras 28 y 29. Fases de excavación descendente hasta sótanos -3 y -5, respectivamente
Figures 28 & 29. Top- down excavation stages to basement levels –3 and –5, respectively.

sobre encofrados apuntalados sobre la planta -3, una vez lograda la capacidad de carga suficiente, y sobre el sótano -5.

También en sentido descendente se fueron reforzando las secciones resistentes de los pilares metálicos, recreciéndolos con una camisa de hormigón armado, autocompactable, que mediante una conexión con pernos en toda la altura pasaron a transformarse en secciones mixtas.

– *The slabs for basements –2 and –4 were cast on shuttered formwork on level –3, once sufficient load capacity had been achieved, and on basement level –5.*

Also working downwards, the resistant sections of the metal supports were reinforced by increasing them with a sleeve of self-compacting reinforced concrete, which became composite steel and concrete structures via a bolted connection at full height.

7.2. Cimentación

Al alcanzar con la excavación la máxima profundidad se procedió a completar la cimentación profun-

7.2. Foundations

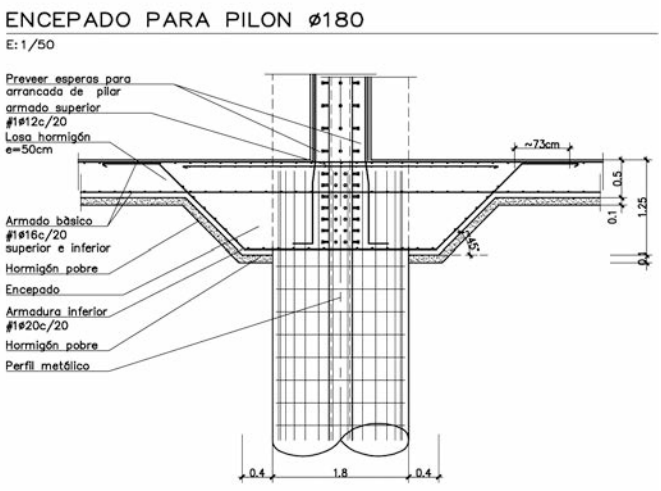
When the excavation had reached its maximum depth, the deep foundations of the perimeter crown were completed



Figura 30. Vista general en la fase de máxima excavación
Figure 30. General view during the maximum-excavation stage

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026





Figuras 31 y 32. Detalle de cabeza de pilote y arranque de pilar, y croquis de encepado
Figures 31 & 32. Detail of pile cap and support base, and diagram of pile cap

da de la corona perimetral y acometer la cimentación de las estructuras del círculo central.

Bajo la corona perimetral se descubrieron y descabezaron los pilotes-pilar, realizando ensayos de integridad "cross-hole" de los pilotes y comprobando directamente el arranque de los pilares metálicos. En algunos casos se detectaron pequeñas anomalías por discontinuidades locales en el hormigón de los pilotes o por excentricidades de los pilares que exigieron una comprobación de las condiciones reales de seguridad, tanto de los pilotes como de los pilares, resultando normativamente válidos todos ellos.

Se construyeron encepados en las cabezas de los pilotes con la finalidad de reforzar la conexión con el arranque de los pilares metálicos (colocación de pernos conectadores), de anclar en ellos las armaduras de la sección de hormigón de los pilares mixtos y de establecer la continuidad con la losa general del fondo de la excavación (Figuras 31 y 32).

La losa de fondo, con un espesor de 50 cm, proporciona una rigidización y encadenado de los pilotes y de la pantalla perimetral y constituye un elemento de resistencia ante la subpresión, asegurando la estanqueidad cuando se recupere el nivel freático.

En la cimentación de los soportes de la zona central hay que considerar dos grupos muy diferentes:

– Cuatro macizos de arranque de dobles fustes de hormigón, que además de soportar los forjados de los sótanos y la planta baja, sirven de apoyo a los pilares que soportan la gran plataforma de cubierta. La carga sobre cada uno de estos macizos se estimó en algo más de 30.000 kN.

– Cimentación de los pilares intermedios con cargas mucho más modestas, cuya separación media es de unos 10 metros y sólo reciben las cargas de los sótanos y de planta baja.

and the foundations of the central-circle structures were built.

Beneath the perimeter crown the plunge columns were uncovered and their caps were removed, carrying out cross-hole tests of the integrity of the piles and directly checking the bases of the metal piers. In some cases minor anomalies were detected, caused either by local discontinuities in the concrete of the piers or by the eccentricity of the piers, and calling for the actual safety conditions of both the piles and the supports to be confirmed. All were found to be compliant with the applicable regulations.

Pile caps were built to strengthen the joint with the base of the metal piers (by fitting connecting bolts), to anchor onto them the reinforcement of the concrete section of the composite supports and establish continuity with the main slab of the excavation base (Figures 31 and 32).

The base slab, 50 cm thick, stiffens and links the piles and the perimeter retaining wall, acting to resist uplift while assuring watertightness when the water table is recovered.

The foundations of the supports in the central area can be clearly differentiated into two groups:

– *Four base blocks of twin concrete walls, which, besides supporting the slabs of the basement levels and ground floor, also serve to support the piers that bear the large roof platform. The load on each of these blocks was estimated as being somewhat greater than 30.000 kN.*

– *Foundations of the intermediate supports with much lighter loads; their average separation is approximately 10 m and they bear only the loads of the basements and ground floor.*

For these blocks the project design called for deep foundations with eight piles 1.200 mm in diameter, with superficial footings for the intermediate supports. However, owing to the very high ground resistance at the level of the foundations and the major release of the load caused by the exca-

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

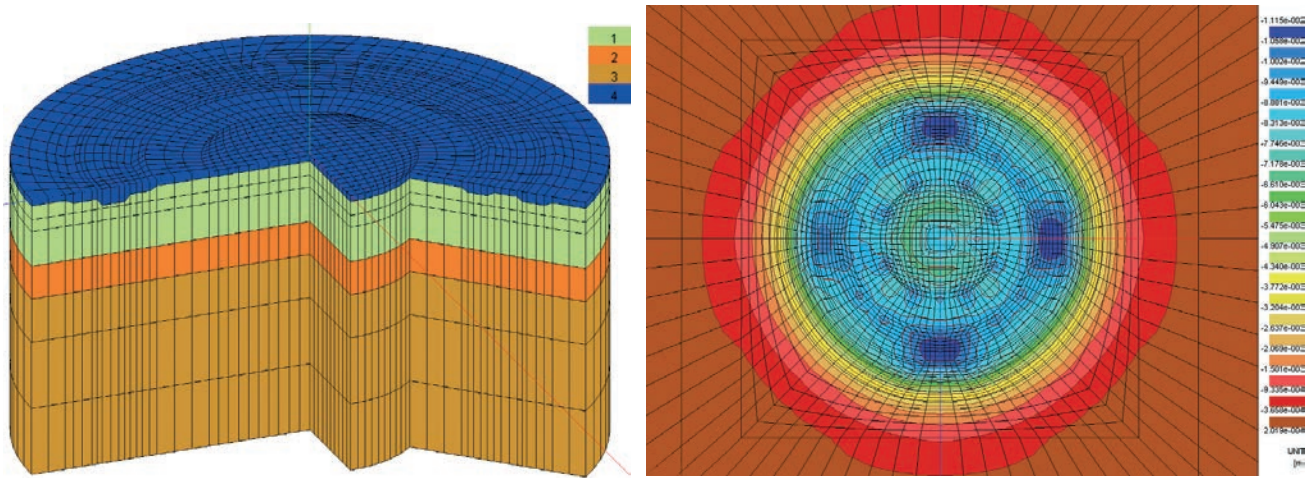


Figura 33. Imágenes de discretización de la losa y el terreno y distribución de tensiones verticales
Figure 33. Images of EFM of slab and ground and distribution of vertical stresses

El proyecto definía para los macizos una cimentación profunda con 8 pilotes de 1200 mm de diámetro y para los pilares intermedios una cimentación directa superficial. Sin embargo, la muy firme resistencia del terreno al nivel de la cimentación y la importante descarga producida por la excavación, de alrededor de 25 metros, dieron pie a analizar la viabilidad de cimentar el conjunto de forma directa.

Se realizaron ensayos presiométricos adicionales, coincidentes con el emplazamiento de los cuatro macizos, así como algunas placas de carga. Con la información obtenida se modelizó el terreno y la cimentación directa en 3D (Z Soil 3D) y siguiendo el proceso evolutivo de excavación, construcción de la cimentación y aplicación gradual de la carga de los pilares, se obtuvieron las tensiones y deformaciones del terreno y del cimiento, [7] (Figura 33).

El análisis se realizó para dos hipótesis diferentes, con y sin presencia de la subpresión producida por el nivel freático situado 4 metros por encima de la cimentación. La evaluación de las tensiones y de las deformaciones se realizó a partir de la hipótesis "sin subpresión", que proporcionó valores más elevados, arrojando las siguientes conclusiones:

– Las máximas tensiones (0,38 MPa) no superarían las iniciales del terreno antes de la descarga (0,45 MPa).

– Los asientos serían elásticos, en un ciclo de recarga, con valores máximos de unos 12 mm.

– Los mayores asientos diferenciales entre los soportes no superarían el valor L/1000.

En base a este análisis se adoptó la solución de cimentación directa, eliminando los pilotes y las grandes dificultades asociadas al acceso de los equipos de perforación hasta el fondo de la excavación.

La cimentación construida consiste en una losa general (losa de subpresión) con incremento de canto

vation (approximately 25 m), the viability of using shallow foundations for the unit was explored.

Further pressure-meter tests were carried out, coinciding with the location of the four blocks, as well as some load plates. The data obtained was used to 3D-model the terrain and shallow foundations (Z Soil 3D). By following the evolutionary process of excavating, building the foundations and gradually applying the load from the supports, the stresses and strains of the terrain and foundations were obtained [7] (Figure 33).

The analysis was done for two different hypotheses: with and without the presence of the uplift caused by the water table located 4 m above the foundations. Evaluation of the stresses and strains was based on the "no uplift" hypothesis, which gave higher values. The following conclusions were drawn:

– *The maximum stresses (0,38 MPa) did not exceed the terrain's initial stresses prior to unloading (0,45 MPa).*

– *Settlements would be elastic, in a reloading cycle, with maximum values of approximately 12 mm.*

– *The greatest differential settling between the supports would not exceed the value L/1.000.*

Based on this analysis, the shallow foundations solution was adopted, eliminating the piles and the major great difficulties involved in providing access for the drilling equipment down to the bottom of the excavation.

The foundations built consist of a main slab (uplift slab) whose thickness increases to 2,50 m at the support blocks of the main walls, thickening to 1,50 m at the two annular rings and beneath the central supports and also increasing at the edge of the joint with the perimeter-ring slab (a pin-based joint to create a pin bearing that provides a certain degree of freedom of rotation) (Figure 34).

7.3. Bottom-up construction of the central circle

The structure of the central circle consists of five slabs supported by the eight main piers (elliptical cross-section)

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

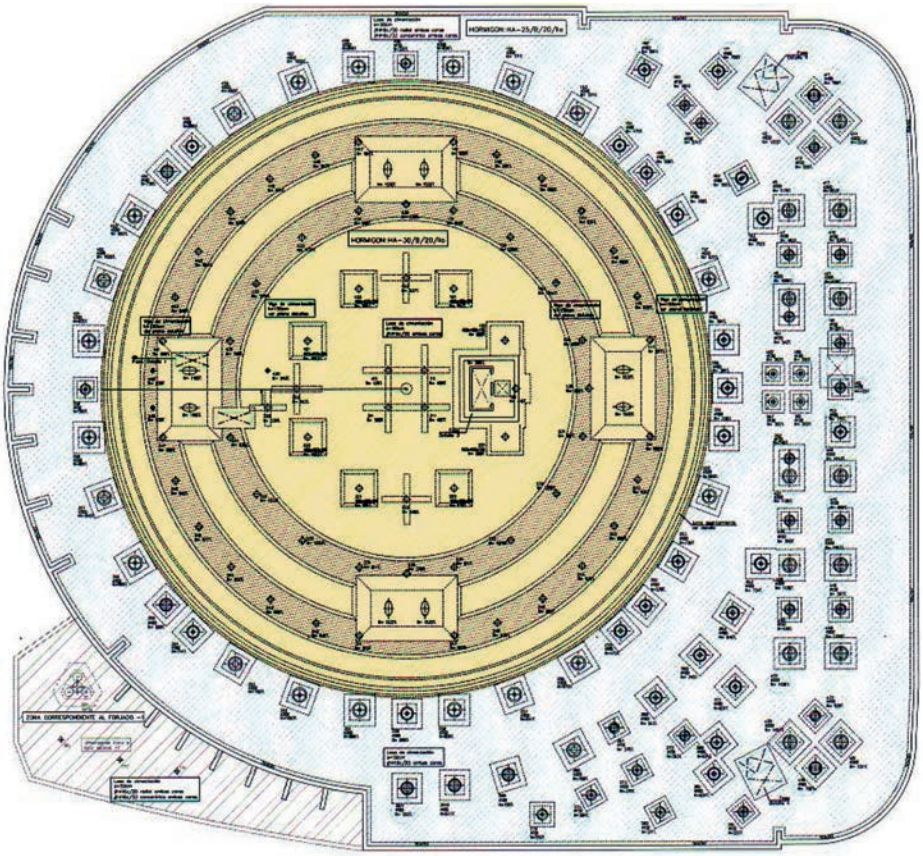


Figura 34. Planta de cimentación, destacando la del círculo central
Figure 34. Plan of foundations, highlighting those for the central circle

hasta 2,50 m en los macizos de apoyo de los fustes principales, regruesamiento hasta 1,50 m en dos vigas anulares y bajo los soportes centrales y aumento también en el borde de conexión con la losa del anillo perimetral (unión ésta realizada con pasadores para crear una rótula que proporciona cierta libertad de giro) (Figura 34).

7.3. Construcción ascendente del círculo central

La estructura del círculo central la forman 5 losas soportadas por las 8 pilas principales (sección elíptica) y 67 columnas, así como por el núcleo resistente de los ascensores de comunicación con los sótanos.

Las 4 losas inferiores son completas, ocupando todo el círculo, con pasos para escaleras y ascensores como únicos huecos que interrumpen su continuidad. Sin embargo, la losa de la planta baja presenta mayor complejidad, con varios cambios de nivel, los fosos inferiores de escaleras y rampas mecánicas y un hueco importante en forma de corona circular, para crear un lucernario sobre el sótano -1 (Figura 35).

La conexión de cada una de las losas con sus correspondientes tramos de la corona perimetral se realizó mediante pasadores metálicos, materializando también una articulación que flexibiliza el comportamiento de la estructura ante los posibles asientos dife-

and 67 columns, as well as by the resistant core of the lifts shaft communicating with the basement levels.

The four lower slabs are complete, occupying the entire circle, with their continuity broken only by the gaps for stairways and lifts. However, the ground-floor slab is more complex, with several changes in level, the lower stair wells and moving walkways and a large circular gap for a skylight over the basement –1 level (Figure 35).

The connection between each of the slabs with its corresponding sections of the perimeter crown was achieved with metal pins, also creating a joint to optimise the structure's flexibility to deal with any differential settlement between the deep-foundations area and the shallow foundations built directly on the ground.

The reinforced-concrete slabs and supports were built traditionally, i.e. upwards, with each being shored onto the one immediately below, although the large size of the surface obliged the work to be divided into sectors and the progress of the building work staggered (Figures 36 and 37).

8. CONSTRUTION ABOVE GROUND

Whereas the construction below ground covers the entire plot (although not all the basements are at the same depth through-

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026



Figura 35. Vista del sótano -1 y de la losa de planta baja con lucernario
Figure 35. View of basement level –1 and the ground-floor slab with skylight

renciales entre la zona de cimentación profunda y la cimentada directamente sobre el terreno.

Las losas y soportes son de hormigón armado y se construyeron de forma tradicional, en sentido ascendente, apuntalando cada una de ellas sobre la inmediata inferior, aunque la gran magnitud de la superficie obligó a una sectorización y al escalonamiento en el avance de la construcción (Figuras 36 y 37).

8. CONSTRUCCIÓN SOBRE RASANTE

Así como la construcción bajo rasante se extiende a la totalidad de la manzana, aunque no en toda ella tienen los sótanos la misma profundidad, la edificación que emerge desde el nivel de calle tiene una menor ocupación en planta y se aglutina en unos elementos claramente diferenciados.

Indudablemente, el de mayor importancia y el que marca el carácter emblemático del conjunto es el edifi-

out), the building above street level covers a smaller area of the plot, consisting of clearly differentiated elements.

Undoubtedly, the most important of these, inasmuch as it marks the iconic status of the complex, is the building delimited by the red cylinder of the old bullring façade. Nevertheless, the eccentric location of the bullring on the plot frees up a significant amount of space towards the Llançà street side, enabling the E-Forum office building to be erected there. The complex is completed by the communications tower and three separate stairways for evacuation from the roof platform of the main building.

The next section of this paper focuses on the circular building, describing the construction of the inner structure and the operations for the final support and stabilising of the old façade. Both the top platform, which covers the circular building, and the tree-like supports on which it rests are each dealt with in a separate dedicated section, owing to their special features and structural independence from the cylindrical unit (Figure 38).





Figuras 36 y 37. Vista general y detallada de la construcción ascendente sectorizada
Figures 36 & 37. General and detailed view of upward construction divided into sectors

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

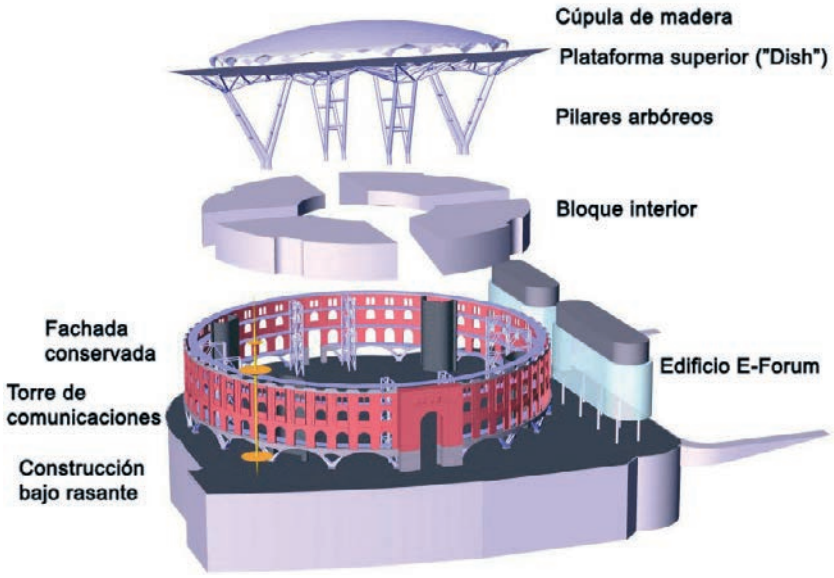


Figura 38. Imagen 3D de las diferentes partes del Centro
Figure 38. 3D image of the various parts of the complex

cio delimitado por el cilindro rojo de la antigua fachada taurina. Sin embargo, la ubicación excéntrica de la plaza en la parcela libera un espacio importante hacia el lateral de la calle Llançà, que ha permitido la construcción en él del edificio de oficinas E-Forum. Completan el conjunto la torre de comunicaciones y tres escaleras exentas para evacuación de la plataforma de cubierta del edificio principal.

El siguiente apartado se centra en el edificio circular, tratando sobre la construcción de la estructura interior y sobre las operaciones de sustentación y estabilización definitivas la antigua fachada. Tanto la plataforma superior, que cubre el edificio circular, como los pilares arbóreos que la sustentan, son tratados en otro apartado específico, dada su singularidad e independencia estructural con respecto al bloque cilíndrico (Figura 38).

8.1. Edificación interior

El edificio cilíndrico aloja en su interior un bloque con cuatro alturas, organizado en planta con un gran hueco central abierto hacia arriba, creando un amplio atrio circular que evoca la arena del antiguo coso taurino. En sentido radial, también se crean discontinuidades importantes para alojar las escaleras mecánicas, haciendo que el bloque se encuentre dividido en cuatro cuadrantes independientes, únicamente interconectados por pasarelas anulares ligeras que vuelan sobre el atrio.

La altura total del bloque coincide con la de fachada, quedando la planta 4 enrasada con la coronación. Las dos plantas inferiores constituyen una especie de basamento de hormigón sobre el que arrancan las plantas superiores destinadas a salas de cine, resueltas con estructura metálica.

8.1. Interior building

The interior of the cylindrical building houses a unit with four levels, laid out on the ground plan view with a large central opening towards the top, creating a large circular atrium that is reminiscent of the sand-covered arena of the old bullring. There are also several large radial gaps to house the escalators, which divide the unit into four separate quadrants, interconnected only by light annular walkways running over the atrium.

The total height of the unit is the same as that of the façade, with level 4 at the same level as the crown. The two lower floors make up a kind of concrete base for the upper floors, intended for cinema theatres and resolved with steel structure.

The architectural layout of the first floors is simple and their structure is also simple and conventional. They rest on composite steel and concrete columns, extensions of those that rise from the basement levels. They are resolved with reinforced-concrete slabs, with some local prestressed reinforcement as a result of the spans and loads to be borne locally. The building process for this concrete podium was traditional, using formworks shored with props.

The two upper levels of the unit, as far as the top of the old façade, house a 12-screen cinema multiplex (three screens in each quadrant) and associated spaces (Figure 39). The lower level of the screens and access gallery lie on the slabs of level 2, from where the sloping planes of the auditorium rise up to level 3, where the projection booths are located. The roofs of the theaters, level 4, are intended for sporting and spa use, with the corresponding load-capacity requirements.

Much of the auditoriums and top deck has a considerable cantilever over the floor below, towards the central atrium.

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026



Figura 39. Bloque de estructura que alberga 3 salas de cine
Figure 39. Structural unit housing three cinema screens

La ordenación arquitectónica de las primeras plantas es sencilla e igualmente su estructura es simple y convencional. Apoyan sobre columnas mixtas, prolongación de las que suben desde los sótanos, y están resueltas con losas de hormigón armado, con algunos refuerzos locales de pretensado como consecuencia de las luces y cargas que localmente tienen que soportar. El proceso constructivo de este basamento de hormigón ha sido tradicional, utilizando encofrados apeados con puntales.

Los dos niveles superiores del bloque, hasta la coronación de la antigua fachada, albergan 12 salas de cine (3 en cada cuadrante) y los espacios anexos (Figura 39). El nivel inferior de las salas y la galería de acceso se encuentran sobre las losas de la planta 2 y a partir de él suben los planos inclinados de los graderíos hasta alcanzar el nivel 3, en el que se encuentran las cabinas de proyección. Las cubiertas de los cines, nivel 4,

The curved geometry, limited supports and open space required in the movie theatres resulted in a structure of such complexity that it was considered most appropriate to resolve it with a steel structure.

The structure of each quadrant is laid out as a rigid box with steel truss on the enclosing vertical planes and a number of interior piers, located on the dividers between movie theatres, which support the sloping and horizontal structures (Figure 40). Most of these supports are built as extensions of those below, although in some cases, such as those situated at the base of the auditorium, they rest directly on the concrete slab.

The main beams are located on the radial walls of each quadrant, between the movie theaters and stair cores. They are trusses of variable thickness between the double height of the support area and the height of the single floor at the

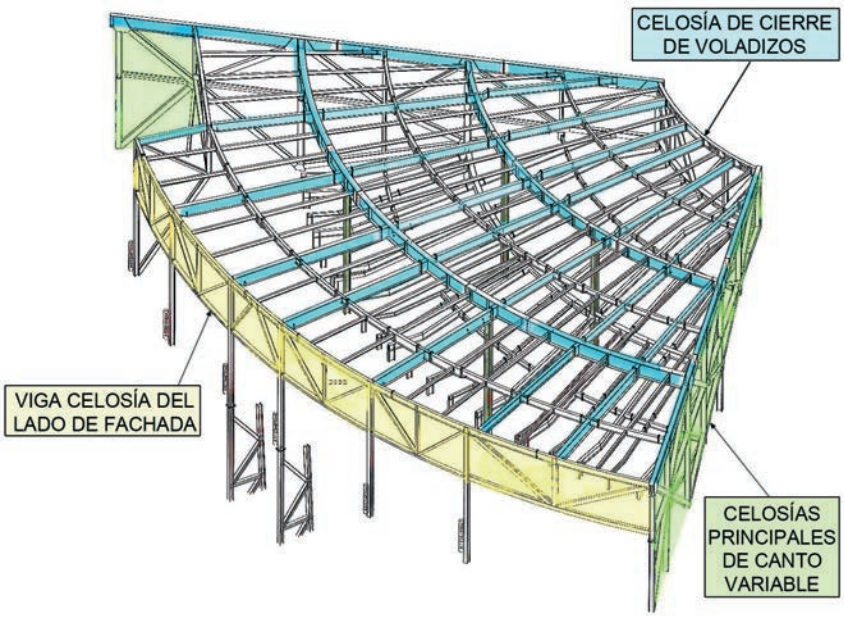


Figura 40. Esquema de la estructura de un bloque de cines
Figure 40. Structure of a cinema unit

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

se destinan a uso deportivo y termal, con las correspondientes exigencias de capacidad de carga.

Una parte importante de los graderíos y la meseta superior están en pronunciado voladizo sobre la planta inferior, hacia el atrio central. La geometría en curva, la limitación de apoyos y la diafanidad requerida en las salas dan lugar a que la estructura tenga una complejidad que se consideró más apropiado resolver con estructura metálica.

La estructura de cada cuadrante está organizada como una caja rígida con celosías metálicas en los planos verticales envolventes y con una serie de pilares interiores, ubicados en las divisorias entre salas, que sustentan las estructuras inclinada y horizontal (Figura 40). La mayor parte de los apoyos se realizan como prolongación de los pilares inferiores, aunque algunos otros, como los situados en el arranque de los graderíos, lo hacen directamente sobre la losa de hormigón.

Las vigas principales están situadas en los cerramientos radiales de cada cuadrante, entre las salas y los núcleos de escaleras. Son celosías de canto variable entre la doble altura de la zona de apoyo y la altura de una sola planta en el extremo volado. Los extremos del voladizo se conectan con otra viga celosía con el canto de una planta e, igualmente, los extremos del lado de la fachada también están unidos con otra celosía, aunque la mayor luz de esta zona exige apoyarse en pilares intermedios.

El resto de la estructura lo forma una retícula de vigas embrochaladas, con secciones en doble T, armadas o laminadas según la magnitud de los esfuerzos, buscando minimizar el canto para no penalizar la altura libre de las salas de proyección. Sobre esta viguería se extiende una losa de hormigón sobre chapa metálica colaborante, dando lugar a secciones mixtas para dotar de una mayor rigidez al conjunto.

La totalidad del acero de esta estructura es de calidad S 355JR. Las uniones y nudos construidos en taller se realizaron mediante soldadura, mientras que en la mayoría de las uniones en obra, para el ensamblaje de las piezas se utilizó tornillería de alta resistencia (calidad 10.9).

El montaje se inició con los pilares y las celosías radiales principales, seguido por las celosías del lado del atrio. A continuación se montó la perfilería de los graderíos y, finalmente, la perfilería del nivel 4 y las celosías de cierre del lado de la fachada. Parte de esta última perfilería tuvo que ser apuntalada durante el hormigonado de la losa para reducir las deformaciones y las tensiones en el estado de carga inicial (Figura 41).

8.2. Sustentación definitiva de la fachada conservada

La construcción sobre rasante también incluye la sustentación definitiva de la fachada de

cantilever end. The ends of the cantilever are connected to another truss with the thickness of one floor and, likewise, the ends of the façade side are also joined to another truss, although the larger span in this area makes it necessary for intermediate piers to be used.

The rest of the structure consists of a grid of spliced beams, with double-T sections, assembled or rolled depending on the stresses to be supported, seeking to minimise the thickness so as not to sacrifice headroom in the projection rooms. On this beam grid a concrete slab rests on metal decking plate, giving rise to composite steel and concrete sections to make the structure more rigid.

All the steel used for this structure is of S 355JR quality. The workshop-made joints and nodes were welded, while for most of the on-site joints heavy-duty bolts (quality 10.9) were used.

Erection began with the piers and main radial trusses, followed by the trusses on the atrium side. Next, the terracing framework was assembled, and finally the framework for level 4 and closure trusses on the façade side were erected. Part of this latter framework had to be shored during the casting of the slab to reduce strains and stresses in the initial load state (Figure 41).

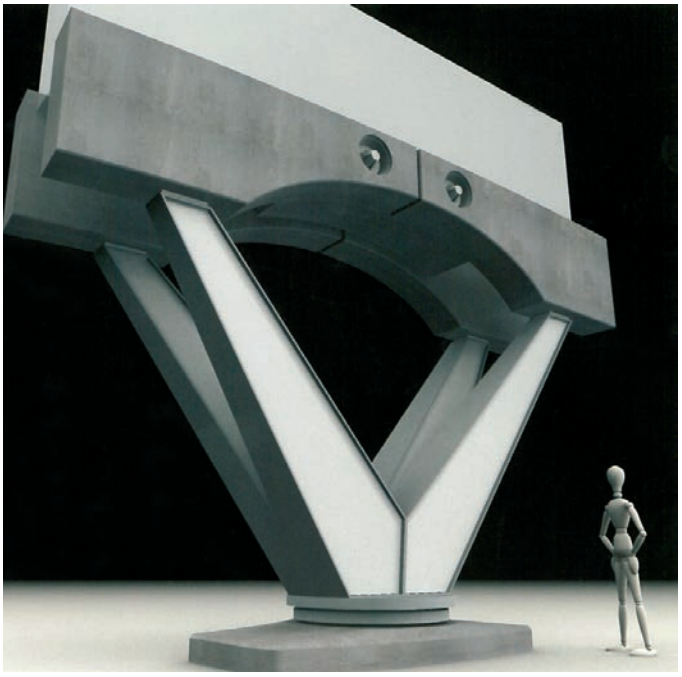
8.2. Final support of the preserved façade

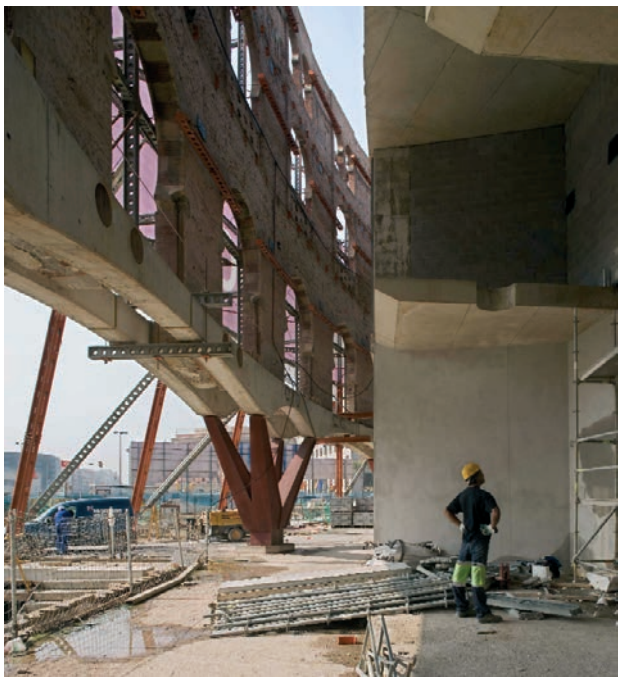
Above, ground-level construction also included the final support for the brick façade, as its support on the micropile turrets and propping by the exterior stabiliser were only temporary solutions. As the construction of the new interior structure progressed, at a certain point it was possible to replace the temporary structures with those that would permanently perform the same task.



Figura 41. Vista general con el nivel 4 ya hormigonado
Figure 41. General view after level-4 concrete was cast

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026





Figuras 42 y 43. Imagen 3D y vista real de pilar tipo para apoyo de fachada
Figures 42 & 43. 3D and real-life image of standard façade support

ladrillo, ya que su apoyo sobre los castilletes de micropilotes y su arriostramiento por el estabilizador exterior constituían una situación provisional. El avance de la construcción de la nueva estructura interior permitió, que a partir de cierto momento, se pudieran sustituir los elementos provisionales por los que definitivamente habrían de remplazarlos en su función.

Los castilletes fueron sustituidos por pilares metálicos y el estabilizador fue retirado al vincular la fachada con la estructura del bloque interior; estas operaciones no fueron coincidentes en el tiempo.

8.2.1. Pilares definitivos para apoyo de la fachada

La sustentación definitiva de la fachada se realiza sobre 22 pilares metálicos y dos potentes pilonos de hormigón emplazados bajo los fustes de la puerta principal de la plaza.

La mayor parte de los pilares (14 unidades) tienen una geometría en doble V, siguiendo las aristas de una pirámide invertida (Figuras 42 y 43). Otros 6 soportes tienen una geometría que responde a la mitad de la pirámide de los soportes tipo, pues sólo disponen de dos de las aristas. Finalmente, en una nueva puerta de acceso al edificio, donde la viga-arco pareada tiene una interrupción, los soportes mantienen la forma en V pero dentro de un plano vertical radial.

En todos los casos las bases de apoyo se encuentran sobre la viga anular de la planta baja y los extremos superiores reciben las cargas de las vigas-arco pareadas construidas en la base de la fachada, coincidiendo su ubicación con los arcos de menor luz.

The turrets were replaced with steel supports and the stabiliser was removed when the façade was connected to the structure of the interior unit. These operations took place at different times.

8.2.1. Final façade supports

The final façade support consists of 22 steel piers and two large concrete columns positioned beneath the walls of the main entrance to the bullring.

Most of the supports (14 units) have a double-V shape, following the edges of an inverted pyramid (Figures 42 and 43). Another six supports have the geometry of half the standard-support pyramid, since they only have two of the edges. Finally, at a new entrance to the building, where the paired arch beam is interrupted, the supports maintain their V shape but within a radial vertical plane.

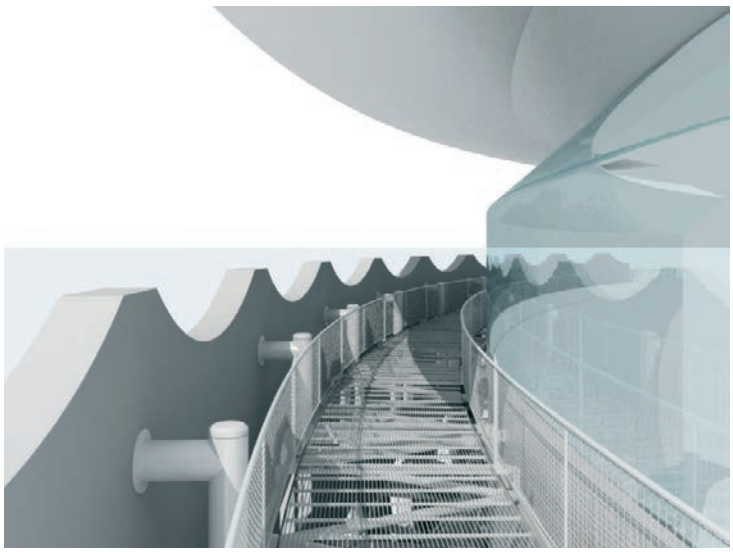
In all cases the support bases rest on the ground-floor annular beam, and the top ends receive the loads of the paired arch beams built at the base of the façade, being positioned to coincide with the arches with the smallest spans.

Each of the arms of the supports presents a box-shaped geometry of varying dimensions, which reduces with the height. They are made of plates of S 355JR steel.

The erection of the first final supports began before the top-down construction was completed and continued until the building of the interior-unit structure was well advanced. Over this extended period, the turrets continued to serve their shoring function, and they were only removed once the structure of the interior unit was practically finished.

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026





Figuras 44 y 45. Vista de pasarela de conexión intermedia e imagen de conexión superior
Figures 44 & 45. View of intermediate connecting walkway and image of upper link

Cada uno de los brazos de los pilares presenta una geometría en cajón de dimensiones variables, que disminuyen con la altura, estando conformados por chapas de acero S 355JR.

El montaje de los primeros soportes definitivos se inició antes de haber concluido la fase de construcción descendente y se prolongó hasta bien avanzada la ejecución de la estructura del bloque interior; durante este dilatado periodo los castilletes siguieron manteniendo la función de sustentación y su retirada se llevó a cabo cuando la estructura del bloque interior estaba prácticamente concluida.

La transferencia definitiva de las cargas de la fachada a los nuevos soportes se hizo reduciendo paulatinamente la rigidez de los castilletes, mediante aplicación de calor sobre los micropilotes, para garantizar un suave flujo de la carga de los castilletes a los pilares metálicos.

8.2.2. Conexión entre la fachada y el bloque interior

De la misma forma que las plantas sobre rasante del bloque interior se abren hacia el atrio central, su radio exterior no llega estrictamente hasta la antigua fachada de fábrica, sino que retranquea su perímetro, dejando una corona anular de unos tres metros de ancho confinada por una especie de doble fachada. En este espacio se desarrolla un sistema de pasarelas que funcionalmente están destinadas a soporte de instalaciones y conductos (nivel 1) y a vía de evacuación de los usuarios de los cines (nivel 2) y de los centros deportivos (nivel 4) (Figura 44).

Estructuralmente, las pasarelas establecen la vinculación de la fachada de fábrica con la estructura del bloque interior, creando el sistema de estabilización definitivo, en sustitución de la estructura metálica

The final transfer of the façade loads to the new supports was carried out by gradually reducing the stiffness of the turrets, applying heat to the micropiles to ensure that the load shifted gently from the turrets to the steel supports.

8.2.2. Connection between the façade and the interior unit

Just as the floors above ground of the interior unit open onto the central atrium, their exterior radius does not strictly reach as far as the old brickwork façade, but rather sets back from its perimeter, leaving an annulus approximately 3 m wide that is confined by a kind of double façade. This space houses a system of walkways that functionally is intended to support building services and conduits (level 1) and provide evacuation routes for the users of the cinema (level 2) and sporting facilities (level 4) (Figure 44).

Structurally, the walkways connect the brick façade with the structure of the interior unit, creating the final stabilisation system to replace the exterior steel structure. They are made of light steel frames with linking mechanisms to address:

- *Horizontal wind and, occasionally, seismic forces.*
- *Major thermal-hygrometric actions as a result of the large size of the building complex, with extreme differential effects between the brickwork façade and interior-unit structure (differences in behaviour between materials and different degrees of environmental exposure).*
- *Collapses and historical irregularities of the brickwork façade.*
- *The restoring of vertical load conditions and horizontal support levels as close as possible to the original state of the façade.*

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

exterior. Están formadas por una perfilería metálica ligera con mecanismos de conexión diseñados para dar respuesta a:

– Solicitaciones horizontales eólicas y, accidentalmente, sísmicas.

– Acciones termo-higrométricas importantes como consecuencia de las grandes dimensiones del conjunto, con efectos diferenciales muy acusados entre la fachada de fábrica y la estructura del bloque interior (diferencia de comportamiento de los materiales y diferente grado de exposición ambiental).

– Desplomes e irregularidades históricas de la propia fachada de fábrica de ladrillo.

– Restablecimiento de unas condiciones de cargas verticales y de niveles de apoyo horizontales lo más próximos al estado original de la fachada.

Para dar respuesta a estos requisitos y minimizar los esfuerzos internos ocasionados por las propias vinculaciones se han dispuesto las conexiones con una pequeña libertad de recorrido y con mecanismos elásticos en flexión horizontal que permiten absorber parte de las deformaciones diferenciales, disipando un porcentaje importante de los esfuerzos y tensiones que se podrían producir.

Por otra parte, para mejorar la capacidad resistente de la fábrica de la fachada ha sido necesario restablecer, al menos, un nivel de cargas verticales próximo al histórico (antes de las demoliciones de la estructura interior de la plaza).

En primer lugar, se anclaron en la coronación de la fachada una serie de piezas prefabricadas de hormigón con sección en L, con un alzado en ondas que replica el almenado original de la plaza; estas piezas se conectaban con el nivel 4 del bloque interior a través de la pasarela superior (Figura 45). Por otra parte, un conjunto de montantes interiores adosados a la fábrica de ladrillo, que van desde la viga-arco inferior hasta la pasarela superior, refieren las cargas gravitatorias de todas las pasarelas al nivel de coronación de la fachada y mediante un ligero pretensado logran incrementar el estado tensional vertical de la fábrica, mejorando su comportamiento a flexión.

9. PLATAFORMA SUPERIOR ("DISH")

El edificio cilíndrico encapsulado por la antigua fachada de ladrillo está protegido superiormente por una plataforma circular ("Dish"), aparentemente despegada de la misma, que exteriormente da un contrapunto de modernidad tecnológica a la imagen histórica inferior. La plataforma, de un diámetro aproximado de 100 metros, con un importante voladizo en su extremo, que supera ligeramente el perímetro de la fachada inferior, es la pieza de mayor interés técnico y constructivo del Centro.

To address these requirements and minimise the internal stresses caused by the links themselves, they have been laid out with a certain amount of play and elastic horizontal-bending mechanisms to allow part of the differential deformation to be absorbed, dissipating a significant amount of the forces and stresses that may occur.

Also, in order to improve the carrying capacity of the brickwork of the façade, it was necessary to restore a vertical-load level that was at least close to the historical one (before the interior structure of the bullring was demolished).

First, a series of L-shaped precast concrete elements were anchored to the top of the façade, with a wave-shaped elevation that replicates the original battements of the bullring; these parts were connected to level 4 of the interior unit via the upper walkway (Figure 45). Also, a set of interior stays attached the brickwork, running from the lower arch beam to the upper walkway, refer the gravitational loads of all the walkways to the level of the top of the façade, and by light prestressing increase the vertical tension of the brickwork, improving its bending performance.

9. TOP PLATFORM ("DISH")

The top of the cylindrical building contained within the old brick façade is protected by a circular platform or "dish", apparently not attached to it, which from the exterior provides a counterpoint of technological modernity for the historic image below. The platform – with a diameter of approximately 100 m and a large cantilever at its end, somewhat overhanging the perimeter of the façade below – is the feature of the complex that is of the greatest interest from and technical and construction point of view.

The dish is not merely the roof for level 4, but constitutes a fifth level for the leisure complex, with an area of 8,000 m^2, intended for various activities for public use. The central circle is covered by a dome that houses restaurants and a multipurpose hall with an area of over 2,200 m^2. In the uncovered part of the platform two rings can be distinguished, one for use as an exterior extension for the restaurants and the other is a spectacular walkway that offers a 360-degree view over the city.

The thickness of the dish gives rise to a large hollow interior space which, competing with the structure, is intended to house the equipment for the installations.

The functional independence of the dish with regard to the lower floors is mirrored by its structural concept, as it was designed independently from the structures below, resting on four special branched supports ("tree-like supports"), which begin on the ground floor and rise through the great central atrium of the building.

9.1. Tree-like supports

The platform's four supports have highly complex geometry. Each is made up of two steel supports with a V-shaped twin

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

El "dish" no es una simple cubierta del nivel 4, sino que representa un quinto nivel del complejo de ocio con una superficie de 8.000 m^2 destinada a variadas actividades de uso público. El círculo central está cubierto con una cúpula que alberga locales de restauración y una sala multiusos de más de 2.200 m^2. En la zona descubierta de la plataforma se diferencian dos anillos, uno destinado a extensión exterior de los restaurantes y otro a un espectacular paseo que posibilita un recorrido visual de 360º sobre la ciudad.

El espesor del "dish" da lugar a un importante volumen hueco interior que, en competencia con la estructura, está destinado al alojamiento de los equipos de instalaciones.

La independencia funcional del "dish" con respecto a las plantas inferiores tiene una réplica en su concepción estructural, ya que se diseñó independiente de las estructuras inferiores, descansando sobre cuatro singulares soportes ramificados (pilares arbóreos), que arrancando en planta baja ascienden por el gran atrio central del edificio.

9.1. Pilares arbóreos

Los cuatro soportes de la plataforma tienen una gran complejidad geométrica. Cada uno está formado por dos pilares metálicos con doble fuste en V, que a determinadas alturas se interconectan y en la parte superior se abren en numerosas ramificaciones ampliando hasta once los puntos de apoyo del "dish" (Figura 46).

Los cuatro soportes no tienen idéntica geometría, sino que se igualan por parejas, ocupando posiciones diametralmente opuestas. Esta diferencia afecta a la sección variable de los fustes de la V que se alejan del centro. Los fustes exteriores más complejos tienen una sección elíptica que modifica la dimensión de sus diámetros principales en altura, uno es decreciente, mientras que el otro aumenta para posteriormente reducirse. Los fustes exteriores de los otros pilares también son de sección elíptica pero con ambos diámetros decrecientes con la altura. Los dos fustes exteriores de cada soporte se conectan entre sí en altura mediante barras articuladas y trianguladas para aumentar la rigidez transversal.

Los fustes exteriores se han resuelto con secciones cruciformes de dobles T, conformadas a base de chapas soldadas de espesores importantes, creando un núcleo resistente que posteriormente se forra con una funda de chapa de reducido espesor para lograr la geometría variable definida por el diseño. Este desdoblamiento del núcleo resistente y la piel ha hecho posible ignifugar mediante un mortero de perlita el perímetro de la sección cruciforme, sin alterar el aspecto visual de los soportes (Figuras 47 y 48).

Los fustes interiores, iguales en todos los pilares, tienen una sección tubular de gran diámetro que está unida a la base del pilar cruciforme mediante una potente rótula.

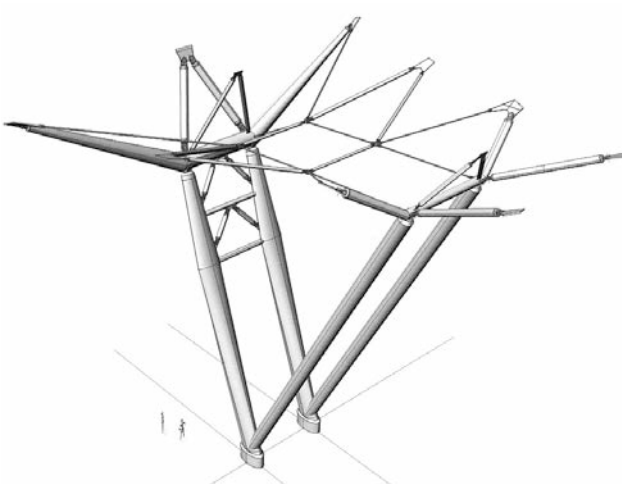


Figura 46. Imagen 3d de uno de los soportes arbóreos
Figure 46. 3D image of one of the tree supports

shaft, which at certain heights interconnect, opening out at the top into numerous branches and extending the number of support points for the dish up to eleven (Figure 46).

The four supports are not geometrically identical but are made up of two equal pairs in diametrically opposed positions. This difference affects the variable cross-section of the shafts of the V that spreads out from the centre. The more complex outer shafts have an elliptical cross-section that alters the size of their main diameters with height: one decreases while the other increases and then decreases again. The outer shafts of the other supports also have an elliptical cross-section but both their diameters decrease with the height. The two outer shafts of each support are connected together at certain height by means of articulated and triangulated struts to increase their transversal rigidity.

The outer shafts were resolved with cruciform double-T cross-sections, made of thick welded plates, to create a robust core that subsequently was lined with a sleeve of thinner plate to achieve the geometry specified in the design. This splitting of the robust core and the skin made it possible to use perlite mortar to make the perimeter of the cruciform section fireproof without compromising the visual appearance of the supports (Figures 47 and 48).

The inner shafts, which are the same for all four supports, have a large-diameter tubular cross-section that is joined to the base of the cruciform pier by means of a large pin bearing.

The tops of the inner and outer shafts are welded to cylindrical or truncated cone tubular-section arms, from which a set of structural tubes and stiffening struts then runs. The support points for the dish are located at the ends of these arms. This branching at the top of the supports is what provides the tree-like layout described (Figures 49–50).

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

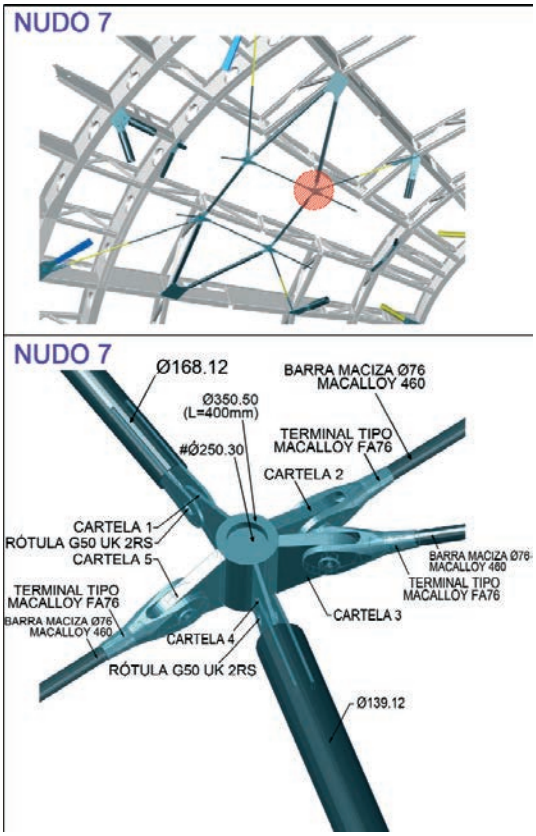


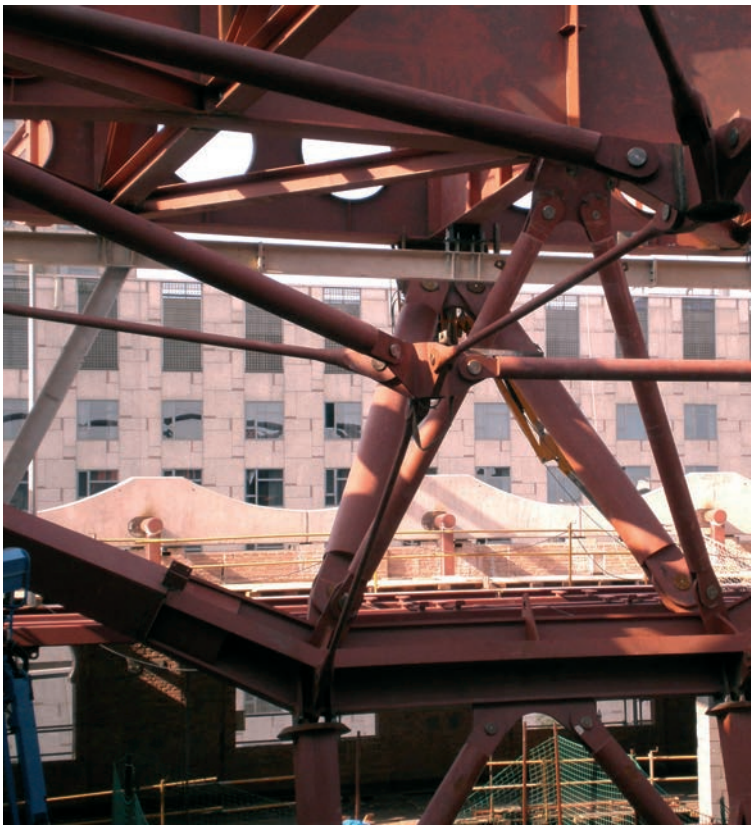


Figuras 47 y 48. Montaje de los fustes exteriores y detalle de arranque de fuste
Figures 47 & 48. Erection of exterior shafts and details of base of shafts.

En los puntos superiores de los fustes, exteriores e interiores, están soldados unos brazos con secciones tubulares cilíndricas o troncocónicas de los que parten articulados un conjunto de tubos y barras estructurales que los rigidizan. En el extremo de los brazos se encuentran los puntos de apoyo del "dish". Esta ramificación de los soportes en su parte superior es la que les proporciona la configuración arbórea (Figuras 49 y 50).

The cross-shaped shafts were pre-assembled on the ground floor and positioned near the concrete bases (elliptical piers) where they begin. The operation to hoist each support was carried out using a moving gantry with a capacity of 1.200 kN situated on level 4, which hoisted the top part, while being assisted from the ground floor by a mobile crane that suspended the shaft from its base. The tubular shafts were joined to the cruciform sections with the base pin bearing





Figuras 49 y 50. Detalle 3D y vista del encuentro de barras (ramas) de pilar arbóreo
Figures 49 & 50. 3D detail and view of the meeting point of tree-support bars (branches)

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

Los fustes cruciformes se premontaron en planta baja y se desplazaron hasta la proximidad de las bases de hormigón (pilas elípticas) de las que arrancan. La maniobra de elevación de cada fuste se realizó con un pórtico móvil de 1.200 kN de capacidad situado sobre el nivel 4, que izaba la parte superior, mientras que desde la planta baja era auxiliado por una grúa móvil que suspendía el fuste por la base. Los fustes tubulares se conectaron a los cruciformes con la rótula de arranque para ser izado su otro extremo por el pórtico móvil superior. Tras el izado de los fustes, éstos se arriostraron y estabilizaron provisionalmente refiriéndolos a la estructura del bloque interior, en espera del montaje de la estructura del "dish" y de las ramificaciones superiores.

El montaje de las zonas arbóreas se realizó una vez terminada la estructura del "dish". Los brazos transversales se premontaron en planta baja, se izaron hasta la parte superior de los fustes y se soldaron a ellos. Las ramificaciones intermedias también se premontaron e izaron, pero en este caso la unión con los brazos se realizó mediante rótulas. Todos los extremos de las ramificaciones que dan apoyo al "dish" se montaron con las correspondientes rótulas incorporadas para garantizar su posicionamiento, al cual contribuyeron los mecanismos de regulación y tesado de las barras estructurales. En la operación final las cartelas de las rótulas se soldaron a la estructura del "dish".

La totalidad de las operaciones de montaje se realizaron con un soporte topográfico muy preciso y después de varias verificaciones y aproximaciones se logró la geometría definitiva.

9.2. Estructura del "Dish"

La estructura del "dish" está contenida en una figura de revolución, aproximadamente, ya que en sentido circunferencial la corona intermedia situada sobre los apoyos principales se interrumpe por cuatro huecos importantes y, además, tiene ligeras variaciones de espesor, mayor sobre las zonas de apoyos y disminuye en los tramos intermedios. En sentido radial el canto también es variable con valores mínimos en el vuelo perimetral y en un anillo interior. Este estrangulamiento intermedio marca la transición al círculo central (platea), que reproduce la imagen del gran atrio inferior sobre el que está situado.

La estructura de acero (calidad S 355J2G3) se organiza a partir de dos familias de vigas principales, radiales y circunferenciales. En sentido radial hay 28 vigas, de las cuales sólo 8 alcanzan el centro de la platea, interrumpiéndose las restantes al llegar a ella; la estructura radial se completa con otras 28 vigas en el borde que dan continuidad a las 56 ménsulas del voladizo perimetral. En sentido circunferencial hay 3 vigas poligonales en la platea y 8 circulares en el anillo principal, 3 de las cuales se interrumpen en los gran-

for the other end to be hoisted by the moving gantry above. Once the shafts were hoisted into position, they were provisionally shored and stabilised, referring them to the interior-unit structure until the dish and upper branching structures were erected.

The tree-like areas were erected once the dish structure was complete. The cross arms were pre-assembled on the ground floor, hoisted up to the top of the shafts and then welded to them. The intermediate branches were also pre-assembled and hoisted, but in this case the joint with the arms was resolved with pin bearings. All the branch ends supporting the dish were erected with the corresponding pin bearings built in, to ensure their correct positioning, helped by the regulation and tensioning mechanisms of the structural beams. In the final operation the pin-bearing bracket plates were welded to the structure of the dish.

All the erection work was done with very precise topographical support, achieving the final geometry after a number of verifications and approximations.

9.2. Dish structure

The dish structure is contained inside a solid of revolution, approximately, because circumferentially the intermediate crown situated on the main supports is interrupted by four large gaps and also has slight variations in thickness, larger on the support areas and slimmer on the intermediate sections. Radially, the thickness also varies, with minimum values on the perimeter overhang and in one interior ring. This intermediate choking area marks the transition to the central circle (called "disc" in this case), mirroring the image of the great interior atrium below.

The steel structure (S 355J2G3 quality) is arranged into two families of main beams: radial and circumferential. Radially, there are 28 beams, of which only eight reach the centre of the disc, with the remainder being interrupted before they reach it; the radial structure is completed with a further 28 beams on the edge, which continue the 56 beams of the perimeter cantilever. Circumferentially, there are three polygonal beams on the disc and eight circular ones on the main ring, three of which are interrupted by the large gaps in the floor. The metal structure is completed by secondary beams to support the slab and diagonals between the main beams to increase the rigidity of the unit as a whole (Figure 51).

9.3. Dynamic study of the dish

Following detailed analysis of the structure's behaviour under various actions that could cause vibration, its original design was modified in terms of its dimensions, the typology of some of its elements and the support conditions. [8]

Although it falls outside the construction-related focus of this paper, a brief description of the dynamic study that led

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

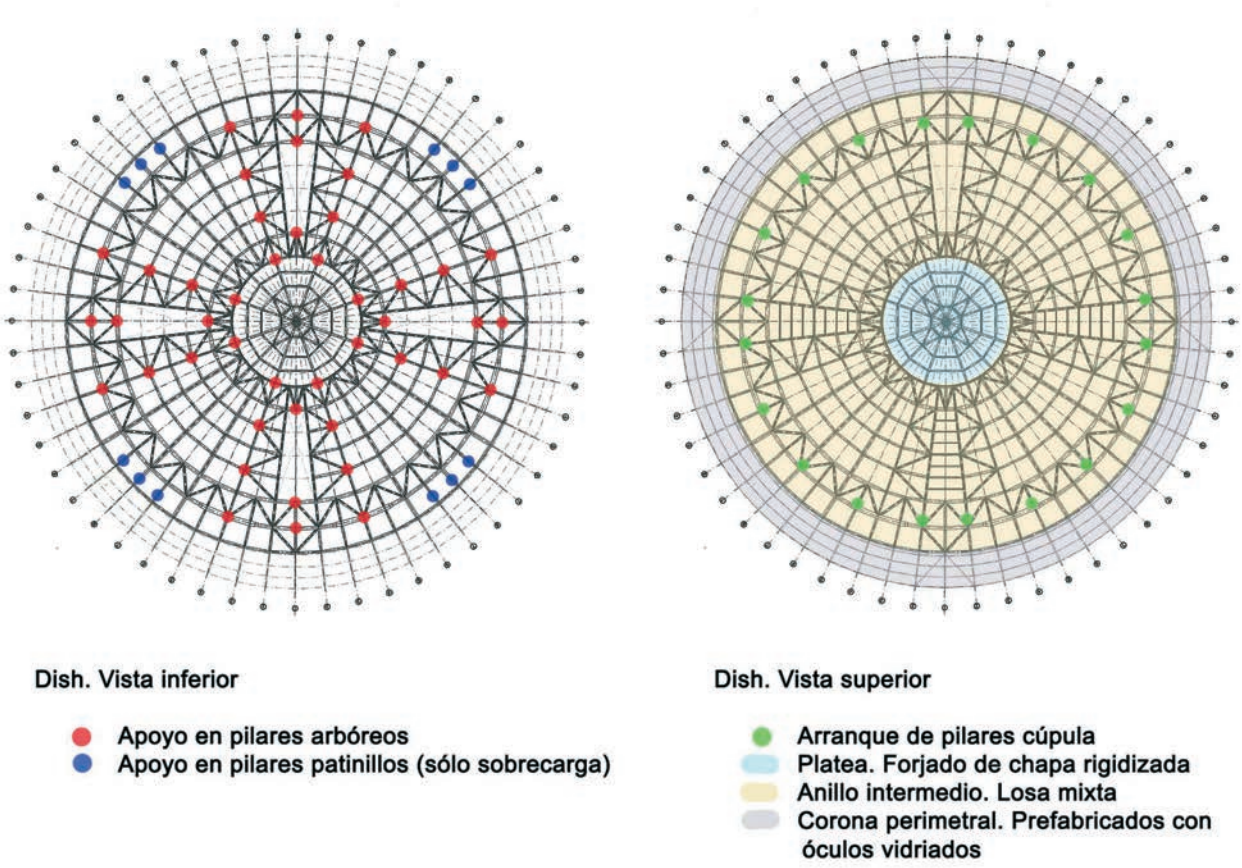


Figura 51. Esquemas inferior y superior de la estructura del "dish"
Figure 51. Base and top diagrams of the dish structure

des huecos de la planta. Completan la estructura metálica las correas para apoyo del forjado y diagonales entre las vigas principales para una mayor rigidización del conjunto (Figura 51).

9.3. Análisis dinámico del "Dish"

La estructura del proyecto original se modificó en sus dimensiones, en la tipología de algunos de sus elementos y en las condiciones de apoyo [8] como consecuencia del análisis pormenorizado de su comportamiento ante las acciones variables capaces de ocasionar vibraciones.

Aunque difiere de la intención básica de este artículo, orientado a los temas de construcción, merece la pena describir brevemente el análisis dinámico que condujo a algunas modificaciones estructurales.

Por un lado, la asimilación del "dish" a un péndulo invertido de gran altura, con una importante masa en su cabeza y vinculaciones horizontales extraordinariamente flexibles y, por otro lado, las limitaciones de rigidez vertical como consecuencia de los cantos reducidos en algunas zonas, de la discontinuidad ocasionada por los huecos y de la flexibilidad de los soportes a causa de la gran inclinación de los brazos arbóreos, aconsejaron que se revisara en profundidad el comportamiento dinámico [9], [10], [11], [12], [13].

to certain structural changes being made is worth being included here.

On the one hand, the dish was similar to an inverted pendulum of great height, with a large mass at its top and extraordinarily flexible horizontal links. On the other hand, the limitations in vertical rigidity as a result of the narrow thickness in some areas, the discontinuity caused by the gaps and the flexibility of the supports owing to the steep slope of the tree arms made it advisable for an in-depth review of its dynamic behaviour to be carried out [9], [10], [11], [12], [13].

The structure's dynamic response is affected by its natural vibration frequencies and the frequency band of any rhythmic, synchronised action. The dish, with its significantly distributed mass and three-dimensional behaviour, is characterised by a broad band of natural frequencies (horizontal and vertical modes) with harmonics that present high contribution in every type of movement. Also, the second and third harmonics of human activities have enough energy to excite the structural modes with similar frequencies (Figure 52).

The first analyses were oriented towards determining the structure's own frequencies, obtaining vibration modes with frequencies that were lower than those advisable for comfortable use of the dish. With a view to increasing the rigidity and raising the frequencies, certain structural

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

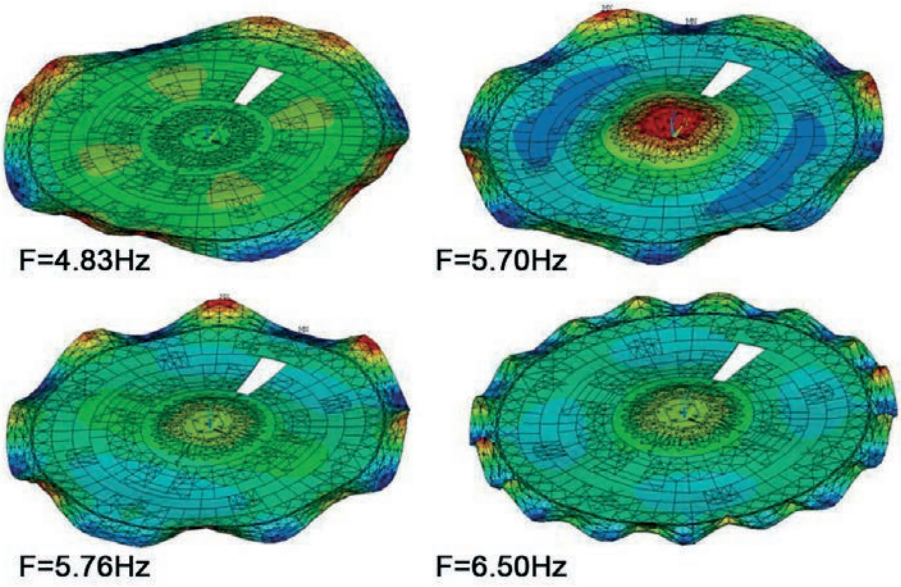


Figura 52. Deformaciones verticales del "dish" para los principales modos de vibración
Figure 52. Vertical deformation of the dish for main types of vibration

La respuesta dinámica de la estructura está condicionada por sus frecuencias naturales de vibración y por la banda de frecuencias de una acción rítmica y sincronizada. El "dish", con una masa muy repartida y con un comportamiento tridimensional, se caracteriza por una amplia banda de frecuencias naturales (modos horizontales y verticales) con armónicos que presentan elevados factores de participación en cada tipo de movimiento. Por otro lado, los segundos y terceros armónicos de las actividades humanas tienen energía suficiente para excitar los modos estructurales con frecuencias próximas a aquellas (Figura 52).

Los primeros análisis se orientaron a determinar las frecuencias propias de la estructura, obteniéndose unos modos de vibración con frecuencias inferiores a las recomendables para un confortable uso del "dish". Con el fin de aumentar la rigidez y elevar las frecuencias se introdujeron algunas modificaciones estructurales, aunque siempre dentro de unos límites respetuosos con la conceptualidad del diseño.

Las modificaciones se orientaron en dos líneas de actuación: la rigidización interna de la estructura del "dish" y la mejora de las condiciones de apoyo.

a) Aumento de canto en el estrangulamiento de la zona de unión con la platea central.

b) Utilización de vigas de alma llena en sustitución de las vigas de celosía, radiales y circunferenciales, más solicitadas, eliminando los problemas de deformación por cortante.

c) Rigidización de algunas ramas y nudos superiores de los pilares arbóreos

d) Apoyos adicionales en el perímetro, 12 pilares embebidos en los patinillos de instalaciones, haciéndolo trabajar sólo para cargas de uso en las últimas fases de construcción para que actúen como apoyos elásticos y añadan un sistema de sustentación horizontal que aumente las frecuencias de los modos horizontales y torsionales.

Se estudiaron otras posibles modificaciones, pero su mayor impacto en el diseño hizo que fueran rechazadas o pospuestas hasta poder verificar el comportamiento real del "dish" mediante ensayos dinámicos a realizar durante las últimas fases de construcción.

Las modificaciones realizadas en la estructura aumentaron las frecuencias a valores suficientemente seguros desde el punto de vista resistente pero todavía no lo suficientemente altos como para asegurar un comportamiento confortable para cualquier tipo de actividad.

Durante el transcurso de las obras se continuó el estudio dinámico, pasando del estudio de campo de las frecuencias al cálculo de las aceleraciones producidas por diversos tipos de actividades (aerobic, baile y baile con saltos)

changes were made, although strictly within limits that would not compromise the design concept.

The changes focused on two areas of action: the internal rigidity of the dish structure and improving the support conditions.

a) Increasing the thickness at the choking of the joint area with the central disc.

b) Use of solid-core beams instead of the radial and circumferential trusses under higher forces, thereby eliminating problems of shear strain.

c) Stiffening certain upper branches and nodes of the tree supports.

d) Additional perimeter supports, with 12 supports embedded into the installations shafts, making them effective in the final stages of construction in order for them to operate for live loads only. Also, this change adds a system of horizontal support that increases the frequencies of the horizontal and torsional modes.

Other possible changes were explored, although their greater impact on the design led to them being rejected or postponed until the actual behaviour of the dish could be verified by means of dynamic tests to be carried out during the final stages of construction.

The changes made to the structure increased the frequencies to values that were sufficiently safe from a resistance viewpoint but still not high enough to assure comfortable behaviour for any kind of activity.

During the course of the works the dynamic study continued, moving on from the field study of the frequencies to the calculation of the accelerations caused by various types of activities (aerobics, dancing and dancing with jumps)

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

dolos efectivos en la fase final de la construcción para que operen exclusivamente para las sobrecargas. Además, esta modificación agrega al sistema un apoyo horizontal que aumenta las frecuencias de los modos horizontales y torsionales.

Se estudiaron otras posibles modificaciones pero su mayor incidencia en el diseño hizo que fueran rechazadas o que quedaran aplazadas a la comprobación real del comportamiento del "dish" mediante pruebas dinámicas a realizar en la etapa final de la construcción.

Las modificaciones de la estructura incrementaron las frecuencias hasta valores suficientemente seguros desde un punto de vista resistente pero insuficientemente elevados para asegurar, sin más, un comportamiento confortable bajo cualquier tipo de actividad.

Durante el transcurso de la obra prosiguió el estudio dinámico, pasando del análisis en el campo de las frecuencias a un cálculo de las aceleraciones producidas por diversos tipos de actividades (aeróbic, baile y baile con salto) con sus correspondientes energías, densidades de personas y frecuencias. Por otra parte, de acuerdo con la bibliografía especializada [14], se consideraron como aceleraciones límites para un uso confortable los valores de 0,05 g y 0,10 g, según la posición del perceptor de la vibración, alejado o próximo al foco que la ocasiona.

De los análisis teóricos se dedujo que el comportamiento de la estructura podía superar los límites de confort bajo determinadas acciones de baile, especialmente con salto. Estas conclusiones fueron confirmadas por los resultados obtenidos a partir de los ensayos dinámicos y mediciones en la superficie del "dish", realizados con la finalidad de comprobar la respuesta real de la estructura ante acciones dinámicas excitadas por el baile y salto de personas.

Finalmente, se estudiaron y propusieron una serie de medidas correctoras para conseguir una respuesta más confortable de la estructura. La Propiedad decidió optar por la mejora proporcionada por la instalación de Amortiguadores de Masas Sintonizadas (TMD) en el centro de la platea, junto con ciertas limitaciones de aforo para las actividades con mayor aportación de energía.

9.4. Proceso constructivo

El montaje de la estructura metálica del "dish" se realizó de diferente forma para las piezas de la zona de platea y para el resto.

La estructura de la platea se montó sobre el disco central de planta baja, soldando las diferentes piezas que llegaban del taller de fabricación, y posteriormente se izó hasta su altura final mediante una torre central que la mantuvo estabilizada hasta su unión con el resto de la estructura (Figura 53).



Figuras 53. Montaje de platea mediante torre central y de vigas radiales y circunferenciales sobre cimbra
Figure 53. Assembly of disc with central tower and radial and circumferential beams on falsework

with their corresponding energy levels, densities of people and frequencies. Additionally, according to the available specialist literature [14], values of 0.05 g and 0.10 g were considered as limit accelerations for comfortable use, depending on how far the position of the person perceiving the vibration was from its source.

From the theoretical analyses it was concluded that the behaviour of the structure could exceed the comfortable limits for certain types of dancing, especially those involving jumps. These conclusions were confirmed by the results obtained from the dynamic tests and measurements on the surface of the "dish", which were made to verify the structure's real response to dynamic actions excited by people dancing and jumping.

Finally, a number of corrective measures were studied and proposed with a view to making the structure's response more comfortable. The owners decided to opt for the improvement that would be provided by installing tuned mass dampers (TMDs) in the centre of the disc, together with certain limitations on capacity for certain activities that involve the use of the most energy.

9.4. Construction process

The erection of the metal structure of the dish was carried out differently for the parts in the disc area and for the rest.

The disc structure was assembled on the central part of the ground floor, by welding the parts delivered from the manufacturing workshop and then hoisting it up to its final position by means of a central tower, which kept it stable until it was joined to the rest of the structure (Figure 53).

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026



Figura 54. Montaje de platea mediante torre central y de vigas radiales y circunferenciales sobre cimbra
Figure 54. Assembly of disc with central tower and radial and circumferential beams on falsework

Las vigas radiales y circunferenciales principales se montaron sobre cimbras lineales, a base de torretas, que apoyaban sobre la estructura de cubierta de los cines (nivel 4); en el posicionamiento de las vigas se aplicaron las contraflechas previstas en el proyecto, aseguradas por un riguroso control topográfico (Figura 54). Igual que en la platea, la totalidad de las uniones entre las diferentes vigas y con la platea se realizó mediante soldadura, algunas de las cuales afectaban a chapas de elevado espesor que precisaron de procedimientos específicos de ejecución y de un intenso control de calidad de las mismas (Figura 55).

Una vez montada la estructura metálica del "Dish" se procedió a su puesta en carga, pasando secuencialmente de la situación cimbrada inicial al apoyo definitivo sobre los pilares arbóreos.

En primer lugar se montaron 16 torretas adicionales provistas de gatos hidráulicos (VSL, 1.500 kN/gato de capacidad de carga y 500 mm de recorrido), a continuación se conectó la estructura del "dish" con los pilares arbóreos, soldando las chapas finales de las articulaciones, y se aplicó escalonadamente una carga inicial de 1.000 kN en cada gato, lo que produjo una descarga total o parcial en las torretas de la cimbra de montaje. Seguidamente, se retiraron paulatinamente las torretas hasta que el "dish" quedó exclusivamente apoyado sobre los gatos y sobre los pilares arbóreos. Durante esta

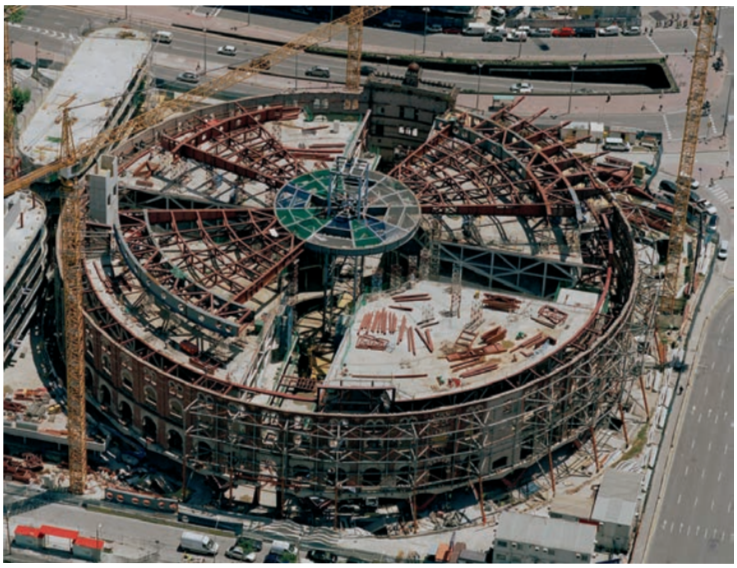


Figura 55. Vista de conjunto con el montaje en diversas fases
Figure 55. View of the unit with assembly at various stages

The main radial and circumferential beams were assembled on linear falsework, based on turrets, which rested on the cinema roof structure (level 4). For the positioning of the beams the deflections specified in the design were applied, backed by stringent topographical monitoring (Figure 54). As with the disc, all the joints between the various beams and the disc were welded. Some welds affected thick plates that called for specific procedures and intensive quality control to be used (Figure 55).

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

operación se realizaron continuas comprobaciones topográficas y de carga en los gatos.

Por último, en fases escalonadas se fue reduciendo la carga de los gatos hasta que la totalidad de la estructura quedó soportada exclusivamente por los pilares arbóreos. A lo largo de todo el proceso se realizó una medición continua de las deformaciones, mediante topografía de precisión, y de las tensiones en los pilares arbóreos, controladas por AMADE (Universitat de Girona), mediante 24 galgas extensométricas.

La superficie superior del "Dish" está forjada, en su mayor parte, con una losa mixta de hormigón sobre chapa plegada colaborante, unida mediante conectadores a las vigas metálicas y a las correas, proporcionando una mayor rigidez al conjunto. La zona de la platea está terminada con un forjado metálico de chapa rigidizada para minimizar el peso propio y el anillo perimetral exterior está forjado con losas prefabricadas de hormigón, perforadas por óculos vidriados, que apoyan directamente sobre la estructura metálica (Figura 56).

9.5. La cúpula de madera

Una parte importante de la superficie del "dish" está cubierta por una cúpula rebajada de 77 metros de diámetro y 8 de flecha. La cúpula está resuelta con un entramado triangular de madera laminada, cuyos empujes se recogen en el perímetro con un gran anillo metálico de tracción, que está soportado por 20 pilares metálicos uniformemente distribuidos.

Los pilares metálicos, que arrancan de la estructura del "dish", responden a un diseño escultural que también adopta forma ramificada en su parte superior proporcionando cada uno de ellos tres puntos de apoyo al anillo. El elemento principal, con un alzado en forma de "L" (boomerang), siguiendo las directrices geométricas de la cúpula, tiene una sección en

Once the steel structure of the dish had been assembled, it was loaded, shifting sequentially from the initial situation supported by falsework to its final resting on the tree supports.

First, 16 extra turrets were erected, fitted with hydraulic jacks (VSL, 1.500 kN/jack load capacity and 500 mm run). The dish structure was then connected to the tree supports by welding the final plates of the joints, and an initial load of 1.000 kN was staggered to each jack in turn, resulting in full or partial load release from the turrets of the assembly falsework. The turrets were then gradually removed until the dish was resting only on the jacks and tree supports. During this operation continuous topographical checks were made, together with loads checks on the jacks.

Finally, the load on the jacks was reduced in stages until the entire structure was supported by the tree supports alone. Deformation was constantly measured throughout the process by means of precision topography, while the stresses on the tree supports were monitored by AMADE (University of Gerona), using 24 strain gauges.

The top surface of the dish is mostly covered by a composite steel decking plate and concrete slab, joined by connectors to the steel beams and struts, providing the unit as a whole greater rigidity. The disc area is finished with a slab of stiffened steel plate to minimise the own weight, while the outer perimeter ring is finished with precast concrete slabs, perforated by glazed portholes, resting directly on the steel structure (Figure 56).

9.5. Wooden dome

A considerable area of the dish surface is covered by a shallow dome 77 m in diameter and 8 m deep. The dome is resolved with triangular grid of laminated wood, the push-off of which is collected at the perimeter of a large metal traction ring, supported by 20 evenly spaced steel supports.

The steel piers, which begin on the dish structure, have a sculptural design that also adopts a branching shape



Figura 56. Losa de hormigón prefabricado con óculos vidriados
Figure 56. Precast-concrete slab with glazed skylights.

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026



Figura 57. Pilar "boomerang" y viga-anillo de tracción de la cúpula. Detalle de gato de nivelación
Figure 57. "Boomerang" support and pull-ring beam of the dome. Detail of levelling jack

cajón de dimensiones variables. Los brazos laterales están articulados en sus extremos, en los puntos de unión con el soporte principal y con el anillo, y tienen una geometría en forma de dobles troncos de cono que unen sus bases en la sección central del brazo; en este mismo punto reciben un puntal circular articulado, que nace en la base del pilar (Figura 57).

El montaje de la cúpula se simultaneó con el hormigonado de la losa mixta del "dish". Las grandes diferencias de deformación de la estructura metálica, unido a unas exigentes condiciones de nivelación para el anillo de arranque de la cúpula, se resolvieron con un sistema de nivelación con gatos hidráulicos en la base de los pilares "boomerang" que permitía ir corrigiendo las deformaciones diferenciales del "dish" a medida que se iban incorporando nuevas cargas por el avance del hormigonado, la incorporación de acabados o el montaje de la cúpula.

El anillo de tracción tiene una sección circular de 450 mm de diámetro y 40 mm de espesor.

La cúpula está formada por un entramado de barras de madera microlaminada de abeto de sección rectangular que se agrupan en una sucesión de anillos concéntricos diagonalizados por las barras principales; el

towards the top, such that each provides three support points for the ring. The main element, with an L-shaped (boomerang) elevation that follows the geometrical guidelines of the dome, has a box-shaped cross-section of varying dimensions. The ends of the side arms are articulated, where they meet the main support and the ring, with a double truncated-cone geometry whose bases meet on the central section of the arm; at this same point they also receive an articulated circular prop, running from the base of the support (Figure 57).

The erection of the dome was carried out at the same time as the casting of the composite slab of the dish. The major deformation differences with the steel structure, together with the demanding levelling conditions for the ring at the base of the dome, were addressed with a levelling system with hydraulic jacks at the base of the boomerang supports described, which enabled any differential deformation in the dish to be corrected as new loads were added while the concrete-casting progressed, finishes were added or the dome was erected.

The tensile ring has a circular cross-section with a diameter of 450 mm and is 40 mm thick.

The dome is composed of a grid of micro-laminated wood-

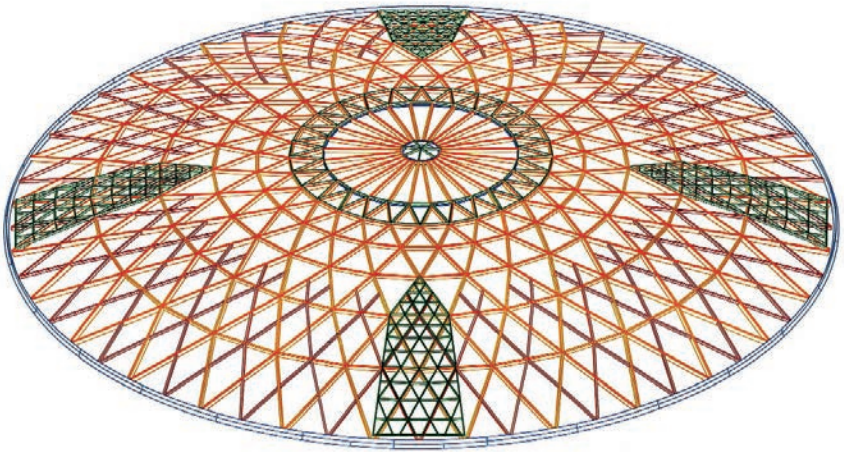


Figura 58. Esquema de barras de la cúpula.
Figure 58. Diagram of dome beams.

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026



Figura 59. Vistas de la fase de montaje de la cúpula de madera
Figure 59. Views of the wooden-dome erection stage



Figura 60. Vistas interior y exterior de la cúpula terminada
Figure 60. Interior and exterior views of the finished dome

círculo central responde a una organización radial de las barras (Figura 58).

La estructura está revestida, en su mayor parte, por un tablero de madera microlaminada (Kerto) que cierra la cúpula y colabora en el arriostramiento. Las zonas no revestidas con madera corresponden a lucernarios cubiertos de vidrio, uno pequeño en el óculo central, otro anular interior y otros cuatro mayores en el perímetro.

El montaje de la estructura de madera se realizó por anillos concéntricos completos, tanto de las barras como del tablero de revestimiento. Para la estabilización provisional se utilizaron puntales y torretas de apeo, situados en los nudos de intersección de las barras, así como un andamio portante para el anillo central. Una vez que la estructura de madera fue suficientemente estable se retiraron, ordenadamente y en pasos escalonados, los andamios y puntales empezando por los más próximos al centro (Figuras 59 y 60).

10. CONCLUSIONES

El Centro Lúdico y Comercial "Arenas de Barcelona" es un singular edificio de Arquitectura innovadora y

en (spruce) beams with a rectangular cross-section, which are grouped in a succession of concentric rings, crossed diagonally by the main beams. The central circle follows the radial layout of the beams (Figure 58).

Most of the structure is lined by micro-laminated (Kerto) decking to close the dome and assist with shoring. The parts not lined in wood correspond to glazed skylights: a small one in the centre, a central annular one, a further inner annular one and four large ones on the perimeter.

The wooden structure was erected in full concentric rings, both for the beams and for the decking. For provisional stabilisation props and shoring turrets were used, located at the nodes of intersecting beams, with load-bearing scaffolding for the central ring. Once the wooden structure was sufficiently stable, the scaffolding and props were carefully removed in stages, beginning with those closest to the centre (Figures 59 and 60).

10. CONCLUSIONS

The "Arenas de Barcelona" Leisure and Shopping Centre is a unique building with an innovative, cutting-edge

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

vanguardista, que ha necesitado un importante esfuerzo de Ingeniería estructural, durante el proyecto y la construcción, para alcanzar con éxito los objetivos establecidos en cada momento.

La construcción de la estructura ha estado condicionada por el mantenimiento de la fachada de fábrica de la antigua plaza de toros "Arenas de Barcelona", de tal forma que las convencionales actividades de demolición y excavación de los sótanos exigieron la incorporación de estructuras provisionales para asegurar la sustentación y estabilidad de la antigua fachada, hasta el montaje de los soportes definitivos.

La circunstancia anterior, unida a la restrictiva utilización de anclajes al terreno, hizo necesaria una ejecución descendente de los sótanos, simultaneando la excavación con la construcción de coronas perimetrales (anillos completos), que compensaran los empujes del terreno.

La cimentación y la estructura de la zona central de los sótanos y de las plantas sobre rasante, tanto de hormigón como metálicas, han sido construidas de forma tradicional, tan solo las estructuras de cines y de conexión con la fachada conservada revisten cierta singularidad.

Una pieza estructural fundamental es la plataforma superior ("Dish"), que cubre la edificación inferior recogida por la antigua fachada. La estructura se compone de un entramado de vigas metálicas radiales y circunferenciales apoyadas sobre cuatro singulares soportes "arbóreos" exentos desde planta baja. La gran flexibilidad de los apoyos y de la propia estructura del "dish" da lugar a un comportamiento vibratorio que ha exigido un profundo análisis dinámico.

En la parte superior una cúpula de madera laminada cubre una amplia superficie de la plataforma.

Architecture, which called for a major effort of structural engineering during both the design and construction stages for the objectives set at each time to be successfully met.

The building of the structure was conditioned by the need to preserve the brick façade of the old Arenas de Barcelona bullring, such that conventional tasks of demolition and excavation of the basement levels required the inclusion of provisional structures in order to ensure that the old façade was properly shored and kept stable until the final supports were in place.

This circumstance, together with the restrictive use of anchorages into the ground, made it necessary to build the basement levels with a top-down construction, excavating and at the same time building perimeter crowns (full rings) to compensate the earth pressures from the ground.

The foundations and structure in the central area of the basement levels and the floors above ground, made of both concrete and steel metal, were built in the traditional way, and only the structures for the cinema multiplex and connection to the preserved façade present any special features worthy of note.

One key structural part is the top platform ("dish"), which covers the lower building bounded by the old façade. The structure is made up of a grid of radial and circumferential steel beams resting on four unique "tree-like" supports stemming from the ground floor. The great flexibility of these supports and of the dish structure itself results in vibration behaviour that required an in-depth dynamics study.

At the top a laminated wooden dome covers a large part of the platform.

REFERENCIAS / REFERENCES

[1] OBIOL, A.; MADRID, M.; TABERA, A. "Centro Comercial y de Ocio "Las Arenas" en Barcelona. Proceso constructivo de la estructura". *Congreso Internacional de Estructuras. V Congreso de la Asociación Científico-Técnica de Hormigón Estructura,* Barcelona 25-27 de octubre de 2011. Madrid: Asociación Científico-Técnica de Hormigón Estructural, 2011. ISBN: 978-84-89670-73-0.

[2] RICHARD ROGERS S.L.; ALONSO-BALAGUER Y ARQUITECTOS ASOCIADOS, S.L. *Proyecto Ejecutivo "Plaza de Toros de Las Arenas"*.

[3] ALONSO, L. *Arenas de Barcelona. Historia de una transformación*. Barcelona: LOFT 2011. ISBN: 978-84-9936-859-7

[4] EXPEDITION Engineering Ltd. *Informe del Proyecto Básico de Ingeniería de Estructuras. Plaza de Toros de Las Arenas. Plaça d'Espanya, Barcelona*. Londres, enero 2003.

[5] BOMA (Brufau, Obiol, Moya & Ass, S.L.) *Proyecto Ejecutivo de Estructura "Plaza de Toros de "Las Arenas"*. Septiembre, 2004.

[6] GEOTEC-262 S.L. *Estudi geotècnic per la construcció d'un edifici a la plaça de toros "Las Arenas, Barcelona"*. Barcelona, diciembre 2003 y marzo 2004.

[7] EPSA. *Cimentación Edificio Plaza de Toros de "Las Arenas" (Barcelona)*. Agosto 2006.

[8] KV CONSULTORES. *Proyecto modificado de "Estructura metálica del Dish y Pilares Arbóreos del Centro Lúdico y de Negocios "Las Arenas" en Barcelona"*.

[9] CEMIM. Centro de Modelado Ingeniería Mecánica. *Respuesta dinámica de la plataforma del Centro de Ocio "Las Arenas" de Barcelona"*.

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

[10] CARA, F.J.; CARPIO, J.; JUAN, J.; ALARCÓN, E. "Computational methods for Identification of vibrating structures". *Proceedings of the Twelfth International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing*, Madeira, 2009.

[11] ALARCÓN, E.; CARA, F.J.; CARPIO, J.; JUAN, J. "Identificación de parámetros en estructuras mediante el estudio de registros temporales". *XXXI Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa*, Murcia, 2009.

[12] FERNANDEZ, J.; HERMANNS, L.; ALARCÓN, E.; CARA, J. "Modelling crowd load for floor vibration analysis". *Congress on Numerical Methods in Engineering*, Coimbra, 2011.

[13] CLOUGH, R. W.; PENZIEN, J. *Dynamics of structures*. McGraw-Hill, Incorporated, 1975. ISBN: 978-0070-1139-23.

[14] *SCI P354. Synchronized crowd activities*. Berkshire: Steel Construction Institute, 2009.

RELACIÓN DE PARTICIPANTES / *LIST OF PARTICIPANTS*

PROMOTOR / *DEVELOPER:*
COMPAÑÍA DE LA NUEVA PLAZA DE TOROS S.L.

PROYECTO / *ARCHITECTURE DESIGN:*
ALONSO, BALAGUER Y ARQUITECTOS ASOCIADOS S.L.
ROGERS, STIRK HARBOUR & PARTNERS

INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS / *STRUCTURAL ENGINEERING:*
BOMA (Brufau, Obiol, Moya y Asociados, Structural Consultants)

INGENIERÍA DE INSTALACIONES / *ENGINEERING OF THE BUILDING SERVICES:*
J.G. & ASOCIADOS S.A.

PROJECT MANAGEMENT / *PROJECT MANAGEMENT:*
BOVIS LEND & LEASE S.A.

EMPRESA CONSTRUCTORA / *CONSTRUCTION COMPANY:*
DRAGADOS S.A.

PROYECTO MODIFICADO DE ESTRUCTURAS /
STRUCTURAL ENGINEERING OF THE MODIFIED PROJECT:
KV CONSULTORES

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026