

Edificio Multifuncional en la Calle Fúcar nº6 y Costanilla de los Desamparados nº15 (Distrito Centro) Madrid.

Multifuntinal Building in 6 Fúcar Street and 15 Costanilla de los Desamparados (Centro District) Madrid

Eduardo Romero Rey^a, Daniel Jiménez Nuero^b y Álvaro Hernandez López^c

^a Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Fhecor Ingeniero Consultores. Director de Departamento de Edificación. err@fhecor.es

^b Ingeniero de Edificación. Jefe de Equipo Fhecor Ingeniero Consultores. Departamento de Edificación. djn@fhecor.es

^c Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Fhecor Ingeniero Consultores. Ingeniero de Proyecto. ahl@fhecor.es

RESUMEN

El Ayuntamiento de Madrid promueve la construcción de un nuevo edificio multifuncional destinado a variados usos de carácter dotacional, ubicado en el histórico Barrio de las Letras de Madrid. Las instalaciones suman 18.000 m² construidos y se reparten en once alturas sobre y bajo rasante. De las varias singularidades estructurales que componen el edificio destacan por su complejidad tres de ellas: el vaciado y contención de tierras de la parcela, el forjado mixto que soporta la plaza pública y sirve de techo al pabellón deportivo, y la estructura de hormigón armado y postesado sobre la que se sustenta el bloque de la piscina.

ABSTRACT

The Madrid City Council develops the construction of a new multifunctional building dedicated to an array of public uses, located in the historic Barrio de las Letras in Madrid. The facilities cover a total floor area of 18,000 m² spread over eleven floors both above and below ground. Of the various structural singularities that make up the building, three of them stand out for their complexity: the excavation and earth retaining system, the composite slab that supports the public plaza and covers the sports center, and the reinforced and post-tensioned concrete structure that supports the swimming pool block.

PALABRAS CLAVE: multifuncional, dotacional, público, vaciado, mixta, postesado

KEYWORDS: multifunctional, public, excavation, composite, post-tensioning

1. Introducción

En el Barrio de las Letras de Madrid se ubica el Nuevo Edificio Multifuncional en la calle Fúcar nº6 y Costanilla de los Desamparados nº15, promovido por el Ayuntamiento de Madrid. Este complejo dotacional tiene fachada a ambas calles y se compone de dos edificios o volúmenes sobre rasante que se unen en su parte subterránea, generando unas instalaciones para

uso público de aproximadamente 18.000 m² construidos.

El edificio ha sido proyectado por Alfonso Murga de Mendoza, Director General de Arquitectura y Conservación del Patrimonio del Área de Gobierno de Obras y equipamientos del Ayuntamiento de Madrid. Fhecor Ingenieros Consultores ha realizado el

trabajo de coordinación en fase de proyecto, dimensionando tanto el conjunto de las estructuras como las instalaciones, así como desarrollando los sistemas de envolventes y acabados. Durante la fase de construcción también ha estado asesorando a la Dirección Facultativa y Constructora.

Las obras fueron adjudicadas a CYOPSA-SISOCIA,S.A. empezándose a construir en 2020 y previéndose su finalización en marzo de 2025.

Se presenta a continuación una descripción general del edificio para detallar posteriormente las peculiaridades estructurales que posee.

2. Descripción del edificio

Se trata de un edificio dotacional, donde los distintos usos del edificio se reparten en once alturas. Los tres niveles inferiores albergan un aparcamiento de 6.197 m² de superficie y 200 plazas de automoviles, así como 100 plazas para motocicletas y 100 plazas para bicicletas. Adicionalmente se genera un nuevo cantón de limpieza para el almacenamiento y mantenimiento de vehículos y equipos de limpieza urbana con una superficie de 1.509 m². Completan la distribución de superficies bajo rasante unas salas de actividades deportivas colectivas y una gran pista polideportiva, con un total de 826 m²

Sobre rasante, el volumen con fachada a la calle Costanilla se destina a un centro de día de

2.432 m² que se especializará en el cuidado de personas mayores. Por su parte, el volumen con fachada a la calle Fúcar albergará en su planta inferior una escuela infantil de 1.081 m² con siete aulas y capacidad para 100 niños de cero a tres años. Sobre ésta se sitúa una piscina cubierta de dimensiones homologadas, dotada de los servicios e instalaciones perceptivos, con una superficie de 1.013 m². Ambos volúmenes quedan conectados en sus plantas bajas por una plaza pública de libre acceso tanto desde la calle Costanilla como desde la calle Fúcar, situada directamente sobre el polideportivo.

Para dar cabida a todos estos usos, el proyecto ha tenido que adaptarse a una parcela de superficie disponible limitada y geometría irregular, enclavada dentro del histórico Barrio de las Letras. El proyecto busca mantener y potenciar el carácter de la manzana cerrada perimetralmente por edificación y dotada de espacios libres en su interior, configurados como zonas verdes abiertas al público.

Destaca asimismo su enfoque a la neutralidad energética y sostenibilidad ambiental, al integrar sistemas de calefacción y refrigeración por intercambio geotérmico, captación solar térmica y reutilización del agua de lluvia, entre otros.

Con la finalidad de facilitar la coordinación entre disciplinas y la integración de los diferentes usos del edificio, el proyecto, redactado entre 2018 y 2019, se realizó mediante la metodología BIM.

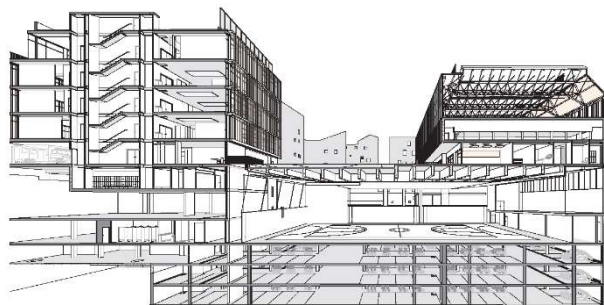
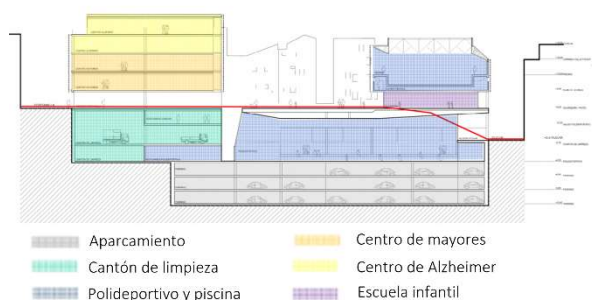


Figura 1. Sección del edificio y usos previstos

3. Descripción de la estructura

3.1 Principales condicionantes y tipologías estructurales elegidas

Los principales condicionantes en la definición de la estructura del edificio son los siguientes:

- La parcela, de dimensiones reducidas y planta irregular, está rodeada de edificaciones existentes de carácter histórico. Está enclavada en el centro de Madrid, en un barrio de calles estrechas con acceso complicado.
- Por necesidades arquitectónicas se requiere salvar luces importantes sin apoyos intermedios, tanto en la cubierta del polideportivo sobre la que se da cabida a una gran plaza pública, como en todas las plantas del bloque de la piscina (de 25,00 m y 20,00 m, respectivamente). Además, las cargas de estas zonas son elevadas al tratarse de una plaza con espacios verdes y por tanto volúmenes de tierra importantes, y de una gran masa de agua en la zona de la piscina, así como de las instalaciones de mantenimiento asociadas.
- Se trata asimismo de espacios con alturas libres grandes que complican la ejecución con sistemas convencionales.
- El resto de la estructura presenta luces más reducidas de entre 5,00 y 9,00 m, que se puede resolver con tipologías convencionales.
- La geometría definida por el arquitecto y el ambiente agresivo de piscinas ha condicionado la solución estructural de este cuerpo, habiéndose tenido en consideración de cara a la durabilidad de la estructura.

En base a estos condicionantes se han definido las siguientes tipologías estructurales para los distintos elementos del edificio:

- Contención y vaciado: se ejecuta una pantalla discontinua de pilotes. Para minimizar los riesgos de afección a los edificios

medianeros, y dada la profundidad de la excavación, de hasta 20 metros en algunas zonas, se opta por acodalamientos provisionales con celosías metálicas. Las distancias entre pantallas a arriostrar son importantes, llegando hasta los 45 m.

- Cimentación: en el fondo de excavación el terreno que se encuentra es el “tosco” de Madrid con una gran capacidad de carga, lo que ha permitido proyectar cimentaciones directas aisladas.
- Estructura horizontal y vertical: para las zonas de luces convencionales se proyectan forjados de losa maciza apoyados sobre pilares generalmente de hormigón y en algunos casos metálicos.
- Para la cubierta del pabellón deportivo se proyecta una estructura mixta formada por vigas metálicas biapoyadas conectadas a una losa de hormigón armado con prelosa prefabricada.
- El bloque de la piscina completo descansa sobre una estructura formada por vigas principales de hormigón postesado a la que embrochan vigas de hormigón armado. Sobre ésta se sitúa la cubierta de la piscina, para la que se proyecta una estructura de celosía metálica tipo barra-bola.

De las varias tipologías estructurales que componen el edificio destacan por su complejidad tres de ellas, que se describen a continuación en mayor detalle: el vaciado de la parcela, el forjado mixto que soporta la plaza pública y sirve de techo al polideportivo, y la estructura postesada sobre la que se sustenta el bloque de la piscina.

3.2 Contención y vaciado

En la parcela se realiza una excavación al abrigo de pantallas de pilotes en general, para 4 sótanos. El vaciado se ha ejecutado con el sistema tradicional descendente, colocando arriostramientos metálicos provisionales según se excavaba.

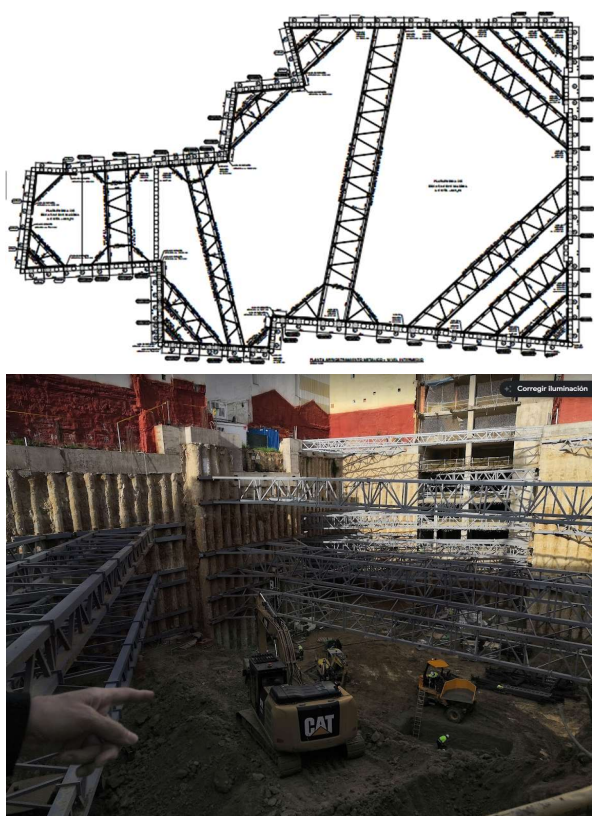


Figura 2. Vaciado de la parcela y sistema de acodalamiento

La geometría irregular de la parcela ayuda a acodalar pantallas medianeras entre sí. Destaca la longitud de los codales centrales, de hasta 45,00 m dada la separación entre pantallas, que obligó a disponer celosías espaciales de mayor canto de las que habitualmente se suelen utilizar, llegando a ser de 2,50 m. y separación de cordones en planta de 4,00 m.

Se ha seguido un riguroso plan de auscultación, comprobando los movimientos de las pantallas y de las medianerías a medida que se ha avanzado con las distintas fases de excavación.

Durante las primeras fases del proceso de vaciado, y tras comprobar que las deformaciones de los pilotes que se estaban obteniendo eran muy superiores a las teóricas calculadas, fue necesario revisar los parámetros de empujes inicialmente considerados e incrementar el número de niveles de arriostramientos previstos para completar el vaciado, pasando de tres a cuatro.

3.3 Cubierta del pabellón deportivo

La cubierta del pabellón deportivo soporta en su mayor parte una plaza pública para la que se proyectan rellenos de tierra de hasta 2,00 m de altura en algunos puntos, que permiten generar superficies verdes y arboladas. Aunque para aligerar el peso se ha sustituido parcialmente la tierra por cajas de drenaje de material muy ligero, las cargas sobre el forjado son importantes. En su extremo más cercano a la calle Fúcar se sitúa sobre este forjado la escuela infantil.

Bajo esta cubierta, la superficie del pabellón, de dimensiones de 45,00 x 25,00 m aproximadamente, debe ser diáfana. La altura libre es de unos 9,00 m.

Para resolver la estructura de este forjado se opta por un forjado unidireccional resuelto mediante vigas mixtas de 25,00 metros de luz espaciadas 5,00 m entre sí. Como cabeza de compresión se proyecta una losa de hormigón armado ejecutada sobre prelosa prefabricada.



Figura 3. Vigas metálicas en fase de construcción

Las vigas metálicas son biapoyadas y descansan sobre vigas de hormigón armado, a su vez soportadas por los pilares y pantallas del edificio, también de hormigón. Son de sección armada variable, en función de las cargas de la plaza y la escuela infantil que también son variables, oscilando su canto entre 0,70 m y 1,70 m.

Dada la altura del polideportivo, para la componente de hormigón del forjado se elige un sistema de prelosa prefabricada que evite un encofrado que tendría que ejecutarse con cimbra. Las prelosas son nervadas, de sección en forma de U y pretensadas. La solución contempla un aligeramiento de poliespán sobre el que se hormigona una capa de compresión. En las zonas cercanas a las vigas se ha prescindido de este aligeramiento, hormigonando el espesor completo para contar con mayor cabeza de compresión y poder disponer el armado de rasante que requiere la estructura mixta.

Para facilitar su transporte y montaje, las vigas se ejecutan en taller divididas en tres partes, empalmándose en obra mediante uniones atornilladas. Para los apoyos se definen placas de anclaje que se dejaron embebidas en las vigas de hormigón.

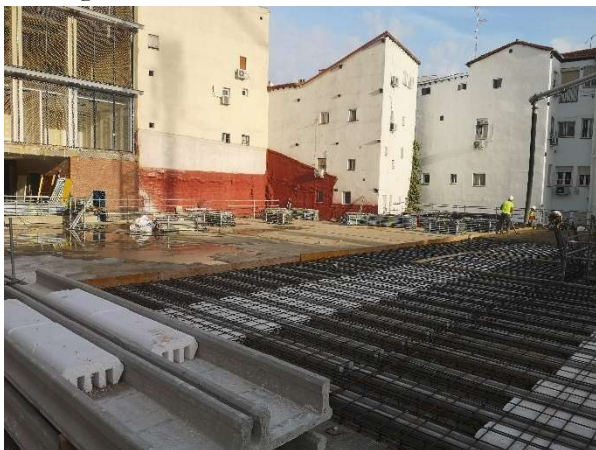


Figura 4. Prelosas antes del hormigonado de la capa de compresión

Durante la fase constructiva, en la que únicamente trabaja la estructura metálica, se hace necesario el apuntalado de las vigas en el centro de vano mediante torres de apeo de grandes cargas. Estas torres se reutilizarán posteriormente en la ejecución de la estructura del bloque de la piscina, que se describe a continuación.



Figura 5. Torres de apeo

3.4 Estructura del bloque de piscina

La complejidad del bloque de la piscina, de forma rectangular y dimensiones aproximadas de 22,00 x 47,00 m, reside en que por necesidades arquitectónicas, se dispone únicamente de cuatro apoyos en forma de pilares apantallados.

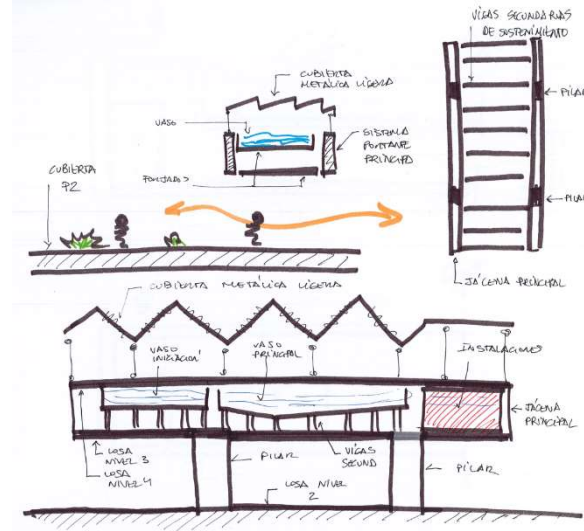


Figura 6. Esquema estructural del cuerpo piscina en fase de predimensionamiento

Sobre esos 4 pilares se deben apoyar los siguientes niveles:

- Planta 3º: sirve de doble fondo a la piscina y alberga los depósitos y vasos de compensación
- Planta 4º: corresponde al vaso piscina y los vestuarios
- Planta 5ª: sobre los vestuarios, que alberga maquinaria e instalaciones
- Cubierta

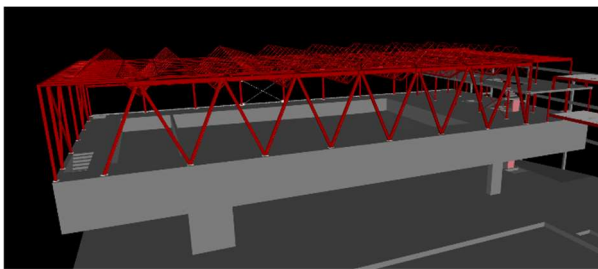


Figura 7. Modelo BIM del bloque piscina (superior) y bloque piscina en fase de construcción (inferior)

Como sustentación de todas estas plantas se proyectan dos vigas principales de hormigón postesado en ambos extremos del bloque. Por la disposición de los apoyos, estas vigas tienen un vano central de unos 25,00 m de luz y voladizos a ambos lados de hasta 11,50 m de longitud.

Se da a estas vigas un canto de 3,30 m, aprovechando así toda la altura libre de la planta

3ª. Se elige un sistema de postensado adherente formado por 5 tendones multitorón con vaina inyectada y trazado parabólico. Cada tendón está formado por 22 cordones de acero de 0,62" de diámetro nominal, con una fuerza de tesado de 209 kN por cordón, lo que equivale a una fuerza total de tesado sobre cada una de las vigas de unos 23.000 kN. Por falta de espacio dada la cercanía de la medianería solo es posible el tesado por un extremo, lo que genera pérdidas importantes dada la longitud de los tendones.

Para adaptarse a las cargas asimétricas, mayores en la zona sur al disponer de una planta adicional con instalaciones así como una mayor longitud de voladizo, se definen cinco cordones para dicho voladizo que terminan anclados en el centro de vano, continuando únicamente tres de ellos hasta el voladizo norte, de menor longitud y carga.

Estas vigas postesadas sustentan vigas de hormigón armado de unos 20,00 m de luz, dispuestas a intervalos variables de entre 2,50 y 4,00 m. Las vigas, que quedan completamente alojadas en la planta 3ª (planta técnica), tienen sección y geometría variable que se adapta a los distintos usos de esta planta. El canto varía entre los 1,65 m en las zonas más bajas de la piscina y los 3,30 m de viga pared en los extremos del edificio.



Figura 8. Viga durante el montaje del postesado

El apoyo entre las vigas armadas y postesadas es a media madera, para mantener la altura libre de los pasillos que discurren paralelos a las vigas postesadas en toda la longitud del bloque.

Bajo el vaso piscina, las vigas son peraltadas y tienen menor canto al verse limitadas por el fondo del propio vaso, reduciéndose éste en los apoyos para para no invadir el pasillo a ambos lados de dicho vaso que permite transitar por la planta técnica. En la zona que alberga los depósitos, las vigas son descolgadas para permitir el paso de conductos y tuberías bajo ellas, con apoyos a media madera igualmente para no invadir el pasillo de comunicación.

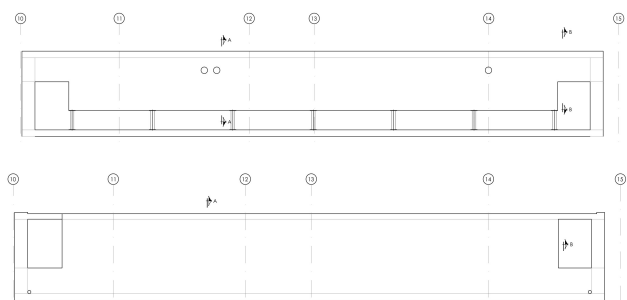


Figura 9. Imágenes de vigas principales y secundarias

En estas vigas apoyan las losas macizas que forman el forjado de las plantas 3ª y 4ª, incluido el vaso piscina. Además, en la zona sur del bloque arrancan sobre ellas pilares metálicos en los que descansan las losas macizas de la planta 5ª y su cubierta. En la zona central y norte, en la que se sitúa la piscina, nacen directamente de la viga postesada pilares metálicos que

recogen la cubierta de la piscina, de celosía metálica tipo barra-bola.

Entre las particularidades de esta estructura de hormigón cabe mencionar:

- Los requisitos de durabilidad a cumplir para el ambiente agresivo que genera la piscina, más condicionantes que las comprobaciones en estado límite último a la hora de definir la estructura postesada
- El encaje de armados entre las vigas postesadas, vigas armadas y losas, que genera nudos muy complejos dadas las juntas entre elementos de dimensiones reducidas y los cruces de barras en diferentes direcciones. Para ello se ha estudiado cada nudo individual con el objeto de aligerarlo al máximo y así facilitar su ejecución, empleando para ello soluciones como placas de anclaje y cajas de espera.



Figura 10. Nudos de unión entre vigas postesadas y vigas armadas

- La definición del sistema de apuntalado en la fase constructiva, al tratarse de una

estructura de hormigón relativamente pesada situada completamente por encima del polideportivo, con alturas libres que no permiten la ejecución de un encofrado convencional. Para ello se ha definido una cimbra de grandes cargas con torres dispuestas a intervalos regulares sobre el forjado mixto de la cubierta del polideportivo. Las vigas metálicas se han apuntalado a su vez en varios puntos con torres de apeo de grandes cargas.

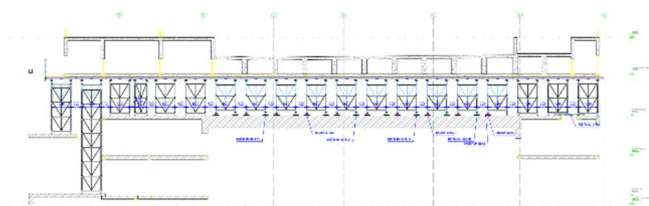


Figura 11. Sección del bloque con torres de cimbra

Por último, cabe destacar la estructura de la cubierta sobre la piscina, que consiste es una celosía metálica de tipo barra-bola que salva una luz de 21,00 m.

Se apoya en su alineación de la calle Fúcar en pilares rectos y en su alineación de la plaza en pilares en forma de V, ambos metálicos de sección circular hueca. Ambas alineaciones arrancan de las vigas postesadas.



Figura 12. Cubierta espacial durante su montaje

4. Conclusiones

El nuevo edificio multifuncional en la calle Fúcar nº6 y Costanilla de los Desamparados nº15 supondrá un aumento considerable en los equipamientos del Barrio de las Letras de

Madrid, aportándole unos 18.000 m² de superficie construida dedicada a diferentes usos dotacionales.

Para dar acomodo a estos usos en una parcela de dimensiones reducidas, planta irregular y rodeada de edificaciones históricas, ha sido necesario diseñar una estructura compleja, cuyas soluciones más singulares corresponden al vaciado de la parcela, el forjado mixto que soporta la plaza pública y la estructura postesada sobre la que se sustenta el bloque de la piscina.