

Segunda fase del Proyecto y Construcción de la Nueva Sede del Banco Popular en Madrid

Second phase of the New Headquarters Popular Bank Building. Project and Construction.

Ángel VIDAL VACAS

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

MC2 Estudio de Ingeniería

Ingeniero

angel.vidal@mc2.es

Álvaro SERRANO CORRAL

Ingeniero de Caminos Canales y Puertos

MC2 Estudio de Ingeniería

Director Técnico

alvaro.serrano@mc2.es

RESUMEN

La construcción de la Nueva Sede del Banco Popular en Madrid se ha desarrollado en dos fases. Una primera en la que se proyectó y construyó el nuevo edificio para el Centro de Proceso de Datos, junto a la Nacional II de Madrid, entrando en uso en enero de 2013. La segunda fase actualmente tiene ejecutada la totalidad de la estructura y está prevista su finalización completa en junio de 2017. Siguiendo la tipología de volúmenes con una superficie construida de 125.000 metros cuadrados que es aproximadamente el triple que la primera, incorpora una gran variedad de soluciones estructurales a un proyecto arquitectónico singular y de gran valor representativo.

ABSTRACT

The construction of the New Headquarters Popular Bank building has been developed in two phases. At first, it was designed and built the new Data Processing Center building next to Nacional II road in Madrid, coming into use at January 2013. Currently the entire of the second phase structure is finished and it is planned its whole completion in June 2017.

This second phase, with a constructed area of 125,000 square meters, that is approximately three times the first, incorporates a great variety of structural solutions to a unique architectural project with a great representative value.

PALABRAS CLAVE: Pantallas perimetrales, núcleo, losa postesada, estructuras mixtas.

KEYWORDS: Retaining walls, concrete core, prestressed concrete slab, composite structures.

1. Antecedentes

En el mes de Octubre de 2008 el Banco Popular convocó un concurso para el proyecto de su nueva sede en Madrid, a desarrollar en dos parcelas separadas, situadas a ambos lados de la Autovía A2 en su salida de Madrid. La primera parcela situada en la calle Abelias, en el margen norte de la carretera, albergaría en un único edificio el nuevo Centro de Proceso de Datos (CPD) del banco y oficinas [4]. La segunda fase se desarrollaría en la parcela resultante de la unión de aquella en la que se situaban el antiguo CPD del Banco Popular, en el margen sur de la autovía, y

la parcela contigua donde se encontraban los talleres de rotativas del diario ABC, en la calle Luca de Tena.



Figura 1. Localización del desarrollo de la nueva sede

De los siete equipos que se presentan al concurso, resulta ganador el equipo dirigido por el estudio madrileño Arquitectos Ayala, del que MC2 Estudio de Ingeniería forma parte para el desarrollo del proyecto de estructuras y la posterior asistencia técnica de estructuras a la Dirección de Obra.

La ejecución de la primera fase se realiza entre enero de 2010 y diciembre de 2012, continuándose simultáneamente con el desarrollo del proyecto de la segunda. El verano de 2013 da comienzo la ejecución de las primeras pantallas perimetrales en la parcela de la fase 2, quedando los elementos principales de la estructura concluidos en septiembre de 2015. La finalización de la sede se realizará en junio de 2017, entrando a partir de ese momento en servicio.



Figura 2. Edificio del Centro de Proceso de Datos en la calle Abelias (fase 1)

2. Planteamiento arquitectónico

Una característica significativa del desarrollo del proyecto, que determina el diseño de las soluciones arquitectónicas y estructurales, es el fluido trabajo conjunto de los equipos de arquitectura y estructura desde el comienzo del proyecto y hasta el desarrollo de los últimos detalles. Partiendo sobre la base del concepto arquitectónico seleccionado por la Propiedad, se desarrollan conjuntamente diseños particulares que integran requerimientos arquitectónicos, funcionales, estructurales y constructivos.

2.1. Base conceptual arquitectónica del planteamiento de la sede

La parcela tiene forma rectangular, con su lado mayor, de unos 315 metros de longitud paralelo a la autovía A2, Madrid-Barcelona. La dimensión perpendicular es de unos 96 metros, que se escalonan en el borde noroeste contiguo al edificio actual de la redacción y sede del diario ABC.

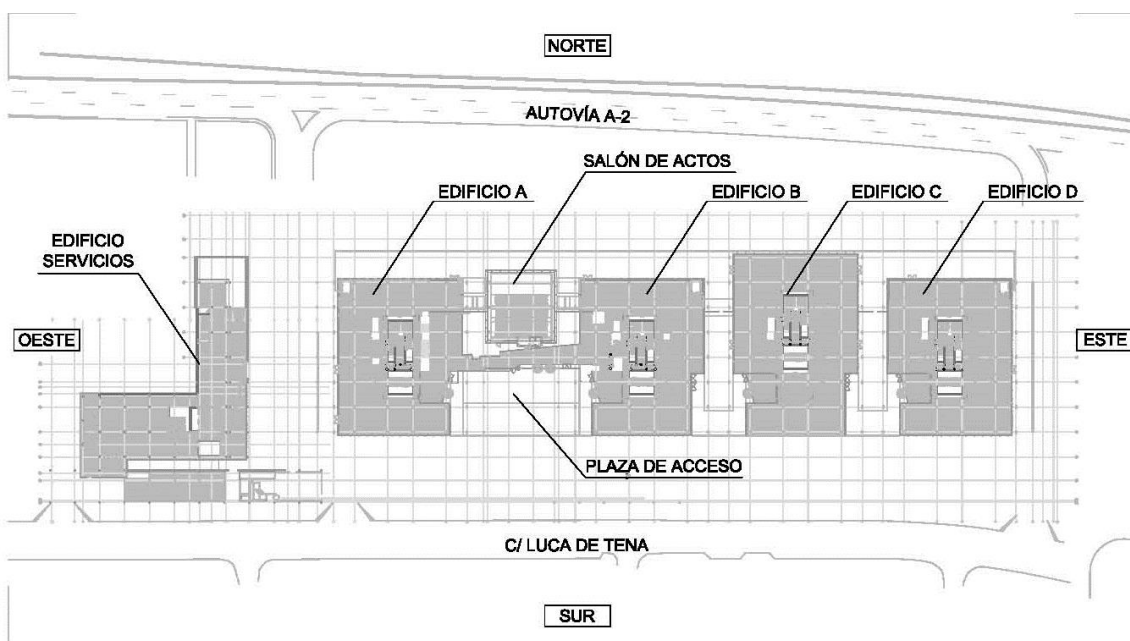


Figura 3. Planta general de la sede

La disposición de la sede se forma por tanto en torno de un gran rectángulo edificado, que se divide en cuatro módulos o bloques (A-D) que recogen el cuerpo principal de oficinas. En el extremo oeste aparece un edificio de configuración diferenciada destinado a albergar servicios varios para el complejo, y de acceso público: centro comercial, sucursales, etc.

Entre los bloques se abren patios que permiten la entrada de luz natural a la práctica totalidad de la superficie de las plantas, disponiéndose en el centro de cada uno de estos bloques el núcleo de comunicaciones con escaleras y ascensores.

El bloque C avanza hacia la autovía, mientras que el bloque A se separa hacia el oeste ampliando el “patio” hasta convertirlo en una gran plaza de acceso que recibe a los visitantes y empleados, recogiéndolos en un entorno protegido por las fachadas transparentes de los bloques a los lados, un juego de niveles descendentes en la planta del forjado y la zona del salón de actos en frente, recubierta también de vidrio transparente.

Los bloques tienen 5 niveles sobre la rasante de la calle Luca de Tena, situándose en la planta cuarta la zona presidencial, que al igual que la planta quinta de cubierta se extiende conectando

entre sí los cuatro bloques en los frentes de fachada. De este modo se formalizan grandes voladizos y “puentes” entre bloques en estos niveles cuarto y quinto.

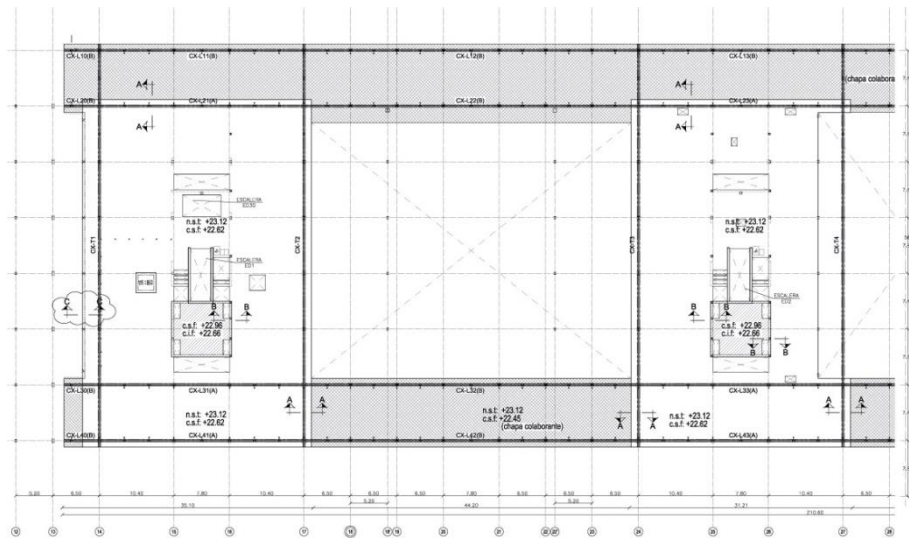


Figura 4. Nivel de planta cubierta (quinta). Mitad oeste.

La geometría de cada uno de los bloques se construye a partir de módulos de 7.80 m en dirección norte-sur, que determina la cuadrícula de soportes. En dirección este-oeste la primera luz más próxima a la cara de los núcleos es de 10.50 m, mientras que el segundo vano es de 7.80 m. No obstante esta última línea de apoyos se dispone por fuera de la fachada, de manera que la unión debe atravesarla. Ya exteriores los soportes se definen metálicos y se comparten con la estructura metálica exterior de las escaleras de evacuación contra incendios.

2.2. Resumen de parámetros arquitectónicos de mayor influencia en la estructura

El planteamiento arquitectónico del conjunto, las condiciones geométricas del entorno y los requerimientos funcionales, fijan los parámetros que condicionan el desarrollo de la estructura. Los principales son:

- Contención perimetral que debe integrar parte de los muros existentes de los edificios anteriores.
- Descompensación de empujes (dos niveles) entre la calle Luca de Tena y la Nacional II.
- Longitud de forjados bajo rasante en torno a 300 m.
- El cambio del módulo geométrico sobre rasante al impuesto por las plazas y circulaciones de aparcamiento bajo rasante impone apeos de soportes de los edificios con gálibos estrictos. Por la misma razón se presentan apeos de partes de muros de hormigón de los núcleos de comunicaciones.
- La zona del salón de actos presenta geometría singular, con una grada en voladizo de fondo plano visto y altos soportes para apoyo de la cubierta.
- Importante estructura de cubierta, con vanos próximos a los 50 m de luz y voladizos de 7.8 m, con apoyos sobre soportes de que conducen cargas de hasta 37 000 kN hasta la cimentación.
- Estructura metálica exterior que recoge las escaleras de evacuación contra incendios y los soportes perimetrales de los bloques, debiéndose coordinarse el apoyo a través de la fachada.

3. Soluciones estructurales

3.1. Contención Perimetral

3.1.1. Descripción general

El perímetro contenido tiene una longitud de 810 m, con vaciados de entre 15.20 m (calle Luca de Tena) y 7.90 m de profundidad (lado Nacional II).

La importante repercusión técnica y económica que el empuje hidrostático impone en el diseño, llevo a que se estudiasen con trabajos adicionales los siguientes aspectos:

- Estabilidad de los niveles, para estudiar posibles variaciones por recarga en invierno. Para ello se realizaron mediciones en pozos durante algo más del año completo anterior.
- Estudio de caudales de filtración bajo las pantallas.
- Se dispusieron pozos de medición adicionales.

A partir de los resultados anteriores el estudio comparativo técnico-económico entre soluciones de pilotes secantes y de pantalla continua, que revisó distintas distribuciones de anclajes y espesores de pantalla, concluyó como óptima la solución de pantallas continuas de hormigón armado, de 0.45 y 0.60 m de espesor, ejecutadas por batches de hasta 3.00 m. El sostenimiento se realizó mediante anclajes al terreno provisionales inyectados.

3.1.2. Interacción con muros existentes

En el frente de la calle Luca de Tena se habían mantenido protegidos por una berma de rellenos provisionales durante la demolición de la nave de rotativas de ABC, sendos tramos de muro que sostenían la calle, con una altura media de 7.50 m desde la rasante a la cara superior de la cimentación.

Teniendo en cuenta la no afección a la calle Luca de Tena, se plantearon las siguientes soluciones:

- Muro existente de hormigón. A medida que avanza el vaciado se ejecutan anclajes en el cuerpo del muro que permiten compensar la retirada de la berma de rellenos, siendo además dimensionados para el sostenimiento en la fase final del vaciado. Llegados a la zapata de cimentación, de 1.20 m de canto, se procede a la demolición de ésta por batches, ejecutándose a continuación y por delante, los batches de una pantalla continua de hormigón armado que bajan hasta la profundidad final. La viga de coronación de la nueva pantalla delantera se cose con armadura a posteriori al muro previo, en el canto de la zapata demolida, consiguiendo con ello una extensión del muro hasta empotrar en el terreno lo suficiente para ejecutar el vaciado.
- Muro existente de fábrica. El pequeño espacio de retranqueo entre este muro y el límite de la parcela permitió incorporar un tramo de muro de micropilotes tangentes, de 200 mm de diámetro, como sostenimiento provisional mientras avanzaba el vaciado y demolición del propio muro. La extensión en profundidad se realizó en continuidad, del mismo modo que en el caso del muro de hormigón, sosteniendo provisionalmente con el sistema general de anclajes.

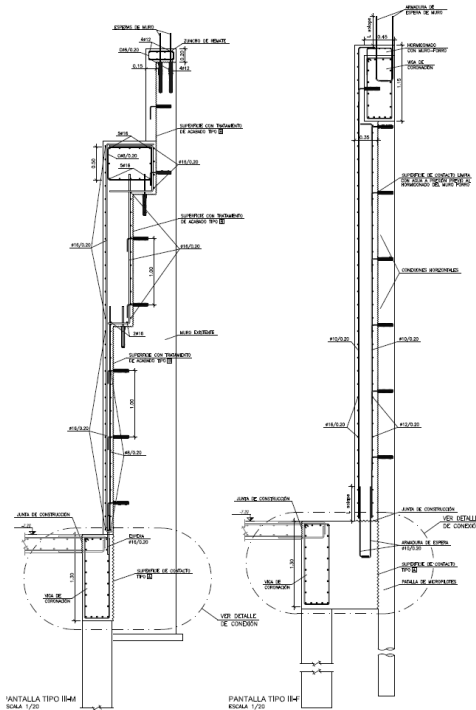


Figura 5. Muro de sostenimiento de la calle Luca de Tena, conectado a pantalla inferior y forro final.

3.2. Estructura Bajo Rasante

3.2.1. Estructura horizontal

Los niveles bajo rasante, destinados en su mayoría a uso de aparcamiento, se resuelven con losas armadas macizas de 0.30 m y 0.35 m de espesor, según luces de 7.80 o 10.50 m.

Los niveles S02 e inferiores cubren toda la parcela. La gran longitud en la dirección mayor (314 m) requiere el planteamiento de soluciones para reducir la incidencia de deformaciones impuestas de retracción y temperatura o bien su análisis y armado. Dada la partición funcional existente entre bloques, cada uno de los cuales presenta un núcleo de gran rigidez en su centro, se diseña la disposición de dos juntas de dilatación intermedias.

El nivel S01 se dedica a uso exclusivo de aparcamiento, sin embargo se encuentra a nivel superior al de la rasante del terreno en el lado de la autovía A2. Este forjado se interrumpe en la línea de cara de los núcleos de los bloques. Se resuelve con losas de la misma tipología que los forjados inferiores.

La planta N00 (acceso), llega a abrazar los bloques, quedando limitada en el norte por el borde de los forjados de los bloques sobre rasante. Las cargas son mayores (jardines, viales de vehículos pesados, etc), de modo que para mantener los mismos espesores de losa que el resto de forjados, sin incluir pretensado que dado el carácter continuo de la planta implicaría ventanas de tesado, empalmes y cortes en el hormigonado, se incluyen localmente vigas descolgadas en las zonas que lo requieren. Con ello se mantiene la solución armada. Cuando las vigas reciben el apeo de algún soporte se diseñan mixtas, con perfiles descolgados que facilitan la ejecución, mientras que para el control de flechas en zonas de luces grandes, se diseñan vigas armadas convencionales.

3.2.2. Descompensación de empujes entre pantallas

La mayor altura de la calle Luca de Tena implica la aparición en el diseño de empujes del terreno que no pueden encontrar compensación en el lado de la autovía A2. En este caso (por encima del nivel S02) los empujes son conducidos hasta los núcleos de los bloques a través de los forjados, incorporándose el armado preciso para su funcionamiento como laja en el plano de planta. Este mecanismo incorpora además la necesidad de diseño de detalles especiales para la entrada de cargas en los núcleos.

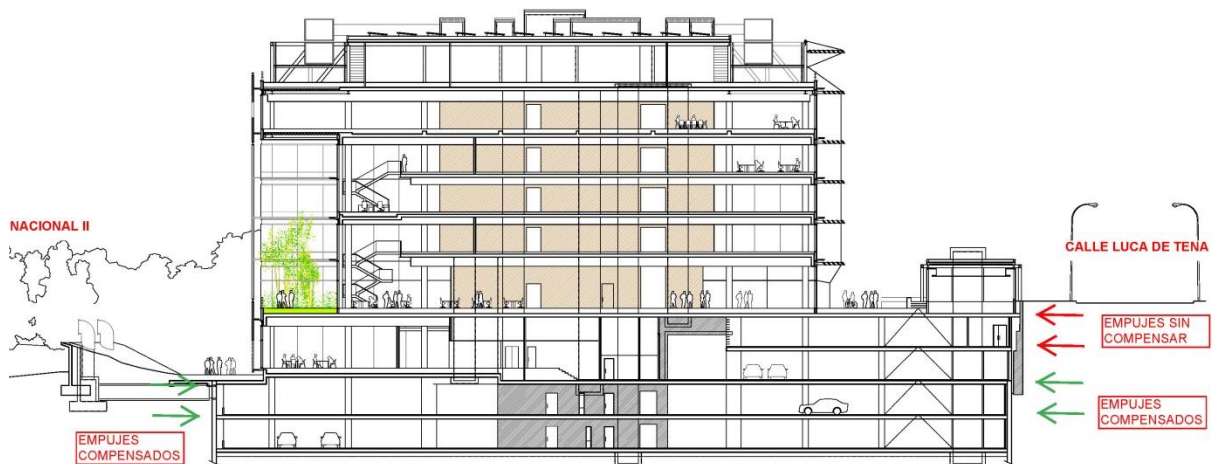


Figura 6. Descompensación de empujes.

3.2.3. Salón de actos

Todo el entorno alrededor del salón de actos entre los bloques A y B, es un entorno de geometría singular, con cambios de niveles en los forjados y movimientos de soportes en todas las plantas entre S02 y N01 que originan la necesidad de apeos.

De nuevo la condición constructiva, unida a condiciones de gálibo estricto, hacen que la solución mixta, hacia la que se puede hacer una transición constructiva suave y natural sin más que incorporar vigas metálicas descolgadas y conectadas a la losa, sea la más adecuada.



Figura 7. Graderío del salón de actos y cubierta sobre vigas mixtas

3.3. Estructura Sobre Rasante

La geometría de los forjados sobre rasante se repite en los cuatro bloques, lo que permite plantear una solución sistemática para todos ellos. Los forjados apoyan en el núcleo central del bloque y avanzan hacia la fachada apoyando en primer lugar y con continuidad en la primera línea de soportes con una luz de 10.50 m. La siguiente línea de soportes se encuentra recuperando el módulo de 7.80 m pero ya por fuera de la fachada.

En estas condiciones se elige la disposición de un pretensado ligero (vainas planas con cables de tres cordones cada metro, de media), entre el apoyo en el núcleo y la fachada. El canto de losa se mantiene en 0.30 m, y los cordones se prevén adherentes, inyectados con lechada, lo que permite el aprovechamiento completo de la armadura activa en ELU más allá de las cargas compensadas con la forma del cable. El extremo activo se dispone en fachada, y el pasivo en el núcleo. La ejecución de éste se realiza con encofrado trepante, de modo que los anclajes pueden disponerse en el espesor del muro y hormigonarse con la losa.

En el borde exterior de la losa se coordinan en el diseño de la viga de borde:

- Anclajes activos del pretensado.
- Platabanda metálica y conexión de la losa con el soporte metálico de fachada. La platabanda debe atravesar la fachada, de modo que su replanteo debe estar coordinado con el módulo de fachada.
- Apoyo de la fachada, que incluye la previsión de placas embebidas en el borde de la losa.
- Remate arquitectónico del borde.

3.4. Estructura vertical de núcleos y soportes

3.4.1. Núcleos

Los núcleos de los bloques se forman mediante paredes de 0.25 m de espesor que recogen las escaleras y ascensores en su interior. Su dimensionamiento lo dan las funciones estructurales que se les asignan:

- Recogen las cargas verticales de las losas que apoyan en ellos.
- Recogen las acciones horizontales de viento y de estabilidad de los soportes de los edificios.
- Recogen las acciones horizontales debidas a la descompensación entre empujes de pantallas.
- Recogen los axiles horizontales que en las plantas bajo rasante se transmiten a través de los forjados y que son debidos a las deformaciones impuestas de retracción y temperatura. Los núcleos dada su rigidez, representan puntos fijos frente a esta situación.

La presencia de huecos en la altura de las paredes hace conveniente el estudio por medio de modelos de elementos finitos elásticos de las tensiones en las paredes, estudio que se completa con el análisis por medio de bielas y tirantes de las zonas con mayor singularidad geométrica para disponer el armado.

En el caso del bloque C, que se encuentra desplazado hacia el norte respecto del resto, parte del núcleo invade la vía de circulación del garaje en el nivel S02 e inferiores. Este hecho motiva la necesidad de apeaar parcialmente el extremo del núcleo sobre sendos soportes. Ello supone la localización de fuertes compresiones sobre los soportes de apoyo, y la aparición de importantes esfuerzos cortantes que se recogen en cargaderos mixtos.

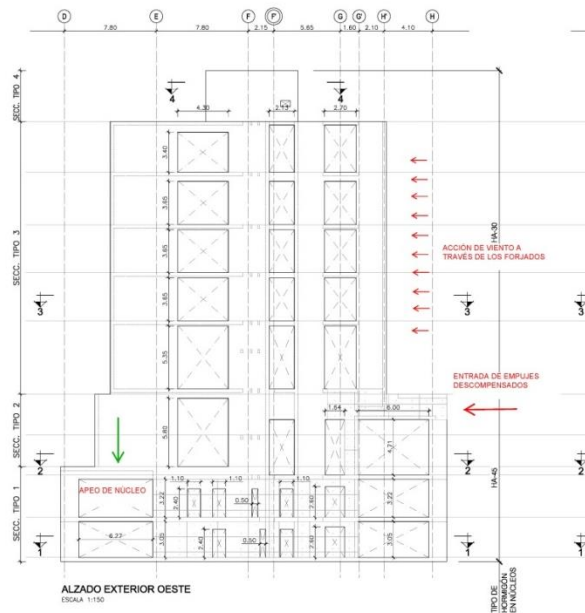


Figura 8. Alzado de pared lateral de muro

3.4.2. Soportes

Los soportes de bloques y bajo rasante son de hormigón armado convencionales, por lo que con carácter general todos los soportes vistos se han unificado a soportes circulares de 0.60 m o de 0.80 m de diámetro.

El diámetro mayor corresponde a aquellos soportes que recogen apoyos de la cubierta metálica del edificio. Sobre la cubierta se sitúan grandes celosías metálicas que recogen voladizos importantes, lo que hace que los soportes deban conducir cargas hasta la cimentación significativamente mayores que las cargas del resto de soportes de los edificios. Para mantener estos soportes fuertemente cargados en el diámetro de 0.80 m ha sido preciso embeber perfiles metálicos que conducen las cargas inyectándolas por adherencia en el resto de estructura de hormigón [5].

Del mismo modo, algunos de los soportes recogen tiros de tracción debidos a la cubierta, que igualmente son transmitidos a través de perfiles metálicos embebidos en los soportes de hormigón. La transferencia se prevé por adherencia, prolongando los perfiles mixtos en este caso sólo hasta el nivel N00, en el cuál las tracciones están holgadamente recogidas por el peso de las losas.

3.5. Estructura exterior de fachadas

Desde los soportes exteriores de los bloques avanza un entramado de pórticos metálicos muy diáfano, que permite el apoyo de las escaleras de evacuación contra incendios y además recoge el apoyo de parasoles y otros elementos secundarios. La característica principal del sistema es su ligereza y flexibilidad, que se traduce en la disposición de puntos de arriostramiento y rigidización estrictos.

Siendo la condición fundamental de diseño la esbeltez, se ha realizado un análisis de segundo orden no lineal del conjunto [3], partiendo de una deformada afín al primer modo de pandeo global. Con ello se han obtenido reacciones para el dimensionamiento de uniones y el aseguramiento de que los elementos de arriostramiento y estabilización eran suficientes.

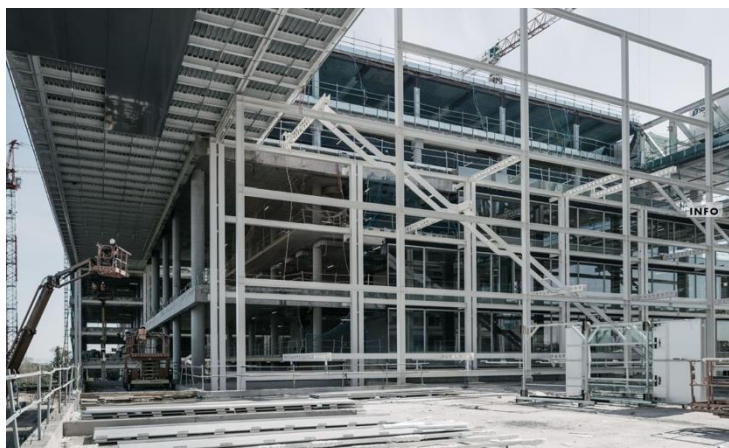


Figura 9. Estructura metálica exterior y escaleras de evacuación

4. Conclusiones

Se han presentado sucintamente las principales características de la estructura de la fase 2 de la Nueva Sede del Banco Popular, en Madrid. Se trata de una realización arquitectónica singular, con un valor representativo de primer orden.

Una característica fundamental en el desarrollo del proyecto es el fluido y eficaz trabajo conjunto de los equipos de arquitectura y estructuras desde las primeras fases del análisis. Éste funcionamiento ha permitido implementar soluciones estructurales que en todos los casos han contribuido al completo desarrollo de la expresión arquitectónica requerida por sus autores, contribuyendo con soluciones técnicas óptimas desde el punto de vista técnico y constructivo.

Participantes

Propiedad: Banco Popular

Diseño arquitectónico y Dirección de Obra: Arquitectos Ayala (Gerardo Ayala, Mateo Ayala y Marcos Ayala)

Diseño de Estructuras y Asistencia Técnica a la Dirección de Obra: MC2 Estudio de Ingeniería (Grupo Tyspa)

Management Contracting: Bovis

Construcción: Constructora San José (Pantallas y vaciado), Dragados (Edificios)

Referencias

- [1] CTE DB SE, Código Técnico de la Edificación. Documento básico: Seguridad estructural, Ministerio de la Vivienda, Madrid 2006.
- [2] Comisión Permanente del Hormigón, Instrucción de Hormigón Estructural EHE-2008, Ministerio de Fomento, Madrid, 2008.
- [3] Comisión Permanente Estructuras de Acero, Instrucción de Acero Estructural EAE, Ministerio de Fomento, Madrid, 2011.
- [4] J.Martínez Calzón, A. Serrano Corral, A. Vidal Vacas, Edificio de la Nueva Sede del Banco Popular en Madrid. Comunicación. V Congreso ACHE. Barcelona 2011.
- [5] J.Martínez Calzón, J.Ortiz Herrera, Construcción Mixta Hormigón-Acero. Ed. Rueda. Madrid 1978.