

Renovación transformadora para un icono arquitectónico: Edificio Metrópolis

A transformative renewal for an architectural icon: Metropolis building

**Roberto Duque Corroto^a, Fernando Bravo Notario^b, Eduardo Romero Rey^c,
Daniel Bianchi Munuera^d**

^a Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. FHECOR. Jefe de Proyectos. rdc@fhcor.es

^b Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. FHECOR. Director Departamento de Edificación. fbn@fhcor.es

^c Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. FHECOR. Director Departamento de Edificación. err@fhcor.es

^d Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. FHECOR. Jefe de la división de Edificación e Industriales. dbm@fhcor.es

RESUMEN

El Edificio Metrópolis, inaugurado en 1911, es uno de los primeros edificios de Madrid en emplear el hormigón. En esta época, donde todavía no existía una normativa específica, se comenzó a usar el hormigón armado en base a unas patentes basadas en conocimientos teóricos básicos. En la primera parte de este artículo se explica el uso del sistema del ingeniero francés François Hennebique en la estructura. En la segunda parte se describen las actuaciones estructurales ejecutadas durante la reforma del edificio encaminadas a mejorar la distribución y funcionalidad para adaptarse a su nuevo uso hotelero y de restauración.

ABSTRACT

The Metrópolis Building, inaugurated in 1911, is one of the first in Madrid to use reinforced concrete, employing patents based on basic theoretical knowledge due to the lack of specific regulations. The first part of the article explains the use of the system by French engineer François Hennebique in the structure. The second part describes the structural interventions carried out during the refurbishment to improve the building's layout and functionality, adapting it to its new use as a hotel and restaurant.

PALABRAS CLAVE: rehabilitación, hormigón, edificio histórico.

KEYWORDS: refurbishment, concrete, historic building.

1 Introducción y uso del hormigón armado

El Edificio Metrópolis, inaugurado el 21 de enero de 1911, es uno de los primeros edificios en Madrid donde se empleó el hormigón armado, combinado con soluciones clásicas de fábrica de ladrillo y piedra, para llegar a ser, hoy en día, un icono arquitectónico de la ciudad de Madrid (ver Figura 1).

Este enfoque innovador permitió una mayor flexibilidad en el diseño y una resistencia mejorada al fuego, en contrapartida de los forjados de madera, lo cual era crucial para la compañía de seguros La Unión y el Fénix, propietaria original del edificio.

Fue diseñado por los arquitectos franceses Jules y Raymond Février, mientras que su construcción fue a cargo del español Luis Esteve Fernández-Caballero.



Figura 1. Vista exterior del edificio, en la confluencia de las calles Alcalá y Gran Vía de Madrid.

El hormigón armado se utilizó en pilares de la alineación interior y en los pilares que conforman el volumen cilíndrico característico de este edificio (ver Figura 2). También se empleó en la totalidad de los forjados, de canto total de 30 cm, conformados por una viga que une los pilares, situados a 3.4m, y nervios que salvan la luz entre esta alineación interior y los muros de fachada, tanto exterior (5.5m) como del patio interior (1.5m). El intereje de estos nervios, de ancho 12/15 cm, es de entre 1.30 y 1.40m con una capa de compresión de unos 6 cm. (ver Figura 3).

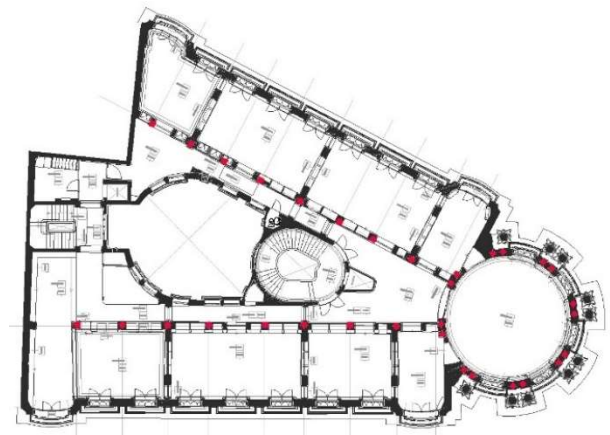


Figura 2 Vista de planta tipo, con los pilares de hormigón marcados en rojo.

El uso del hormigón estaba dando sus primeros pasos, empleando soluciones técnicas que provenían de sistemas patentados comerciales, ya que no existía normativa dedicada. Las primeras se redactaron en Alemania (1904) y Francia (1906), mientras que en España fue en 1939.

Por lo tanto, el armado del hormigón empleado en este edificio tuvo que ser el resultado de la aplicación de alguno de estos sistemas patentados [1]. Tras la catas realizadas y el estudio de la armadura de algunas viguetas y pilares que necesitaron ser demolidos durante los trabajos de la reforma, se ha deducido que se empleó el sistema patentado por François Hennebique (1842-1921), ingeniero francés que desarrolló un sistema de pilares, vigas y viguetas de hormigón (ver Figura 4), introducido en España por Ribera [3].



Figura 3. Vista de un forjado de hormigón del edificio Metrópolis.

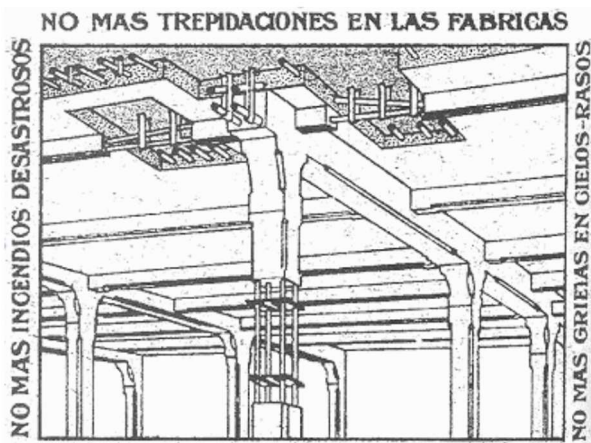


Figura 4. Publicidad de la época sobre el sistema de forjado y pilares de hormigón armado patentado de Hennebique [1].

Una característica destacada de este sistema para la armadura longitudinal de los nervios y vigas fue el aprovechamiento de la armadura de positivos levantando dicha armadura hacia la cara superior de la viga al acercarse a los apoyos para emplearla como armadura de negativos (ver Figura 5, Figura 6 y Figura 7). De esta forma se conseguía que la misma barra contribuyera a la resistencia frente al momento positivo en el centro de vano y frente al momento negativo en apoyos, proporcionando continuidad en los nervios.

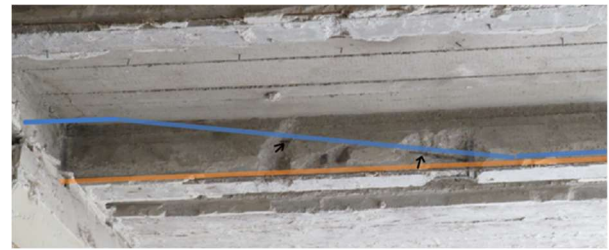


Figura 5. Disposición de la armadura longitudinal de un nervio tras las primeras catas.



Figura 6. Disposición de la armadura longitudinal de un nervio tras la demolición de un nervio.

En cuanto a la armadura de cortante de los nervios y vigas, se usaron flejes metálicos que permitían pequeños radios de doblado para atar las barras longitudinales (ver Figura 8). Se han encontrado dos tipos de flejes, de 19x1mm y de 30x2mm.

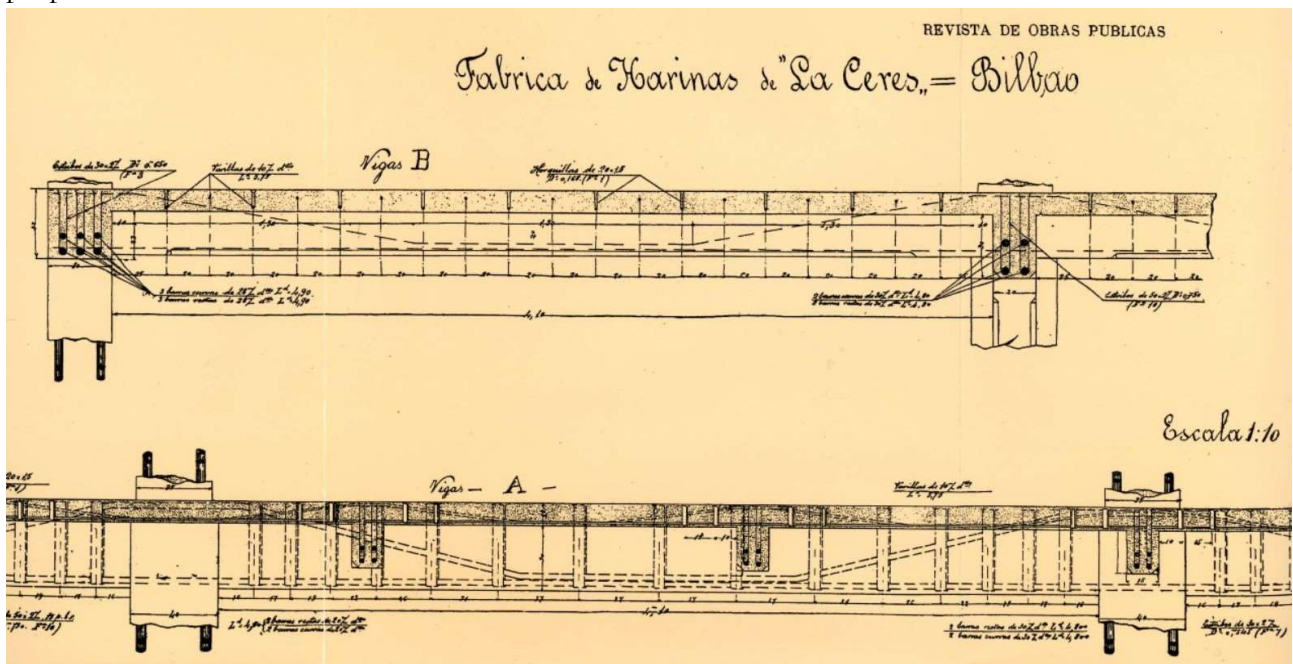


Figura 7. Plano con la disposición de la armadura en nervios y vigas, de otro edificio de la época, según este sistema patentado [2].

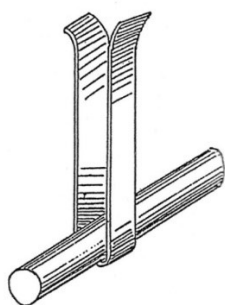


Figura 8. Esquema de los flejes metálicos que emplea este sistema patentado [2]

La separación de estos flejes no era uniforme a lo largo del nervio; la distancia entre cercos se reducía a medida que se acercaba al apoyo, optimizando así la capacidad estructural (ver Figura 6 con los flejes situados a menor distancia a medida que se acerca al apoyo, situado a la derecha).

Las vigas también empleaban estos flejes. Como eran individuales, cada barra longitudinal disponía de un conjunto de flejes, generando una sucesión de armados tipo de nervio (ver Figura 9).



Figura 9. Disposición de la armadura longitudinal y flejes de cortante de una viga tras la realización de una cata.

En cuanto a los pilares, la armadura longitudinal se ubica en las caras y queda atada por una única barra que abraza todas las barras (ver Figura 10)



Figura 10. Disposición de la armadura de atado en un pilar tras su demolición.

Previo al comienzo del proyecto de reforma se realizó un estudio de la estructura existente, incluyendo la realización de ensayos para caracterizar los materiales estructurales, como el hormigón y el acero pasivo.

Se extrajeron una serie de testigos para determinar la resistencia característica del hormigón a compresión. También se extrajeron muestras de acero pasivo liso para obtener el límite elástico, resultando el mayor valor para la barra de diámetro 12mm (331 MPa), y el menor valor para la barra de diámetro 31mm (303 MPa). En ambos casos se aplicó el Anejo D, apartado D7.2, del Eurocódigo 0 para obtener la resistencia característica estimada. Los datos y resultados se muestran en la Tabla 1 y en la

Tabla 2.

Tabla 1. Resultados de resistencia a compresión del hormigón.

Número de testigos	16
Rango de valores (MPa)	14.2-30.9
Desviación estándar	1.25
Covarianza	0.0495
Resistencia característica $f_{ck,est}$ (MPa)	16.8

Tabla 2. Resultados de límite elástico del acero pasivo.

Número de ensayos	4
Rango de valores (MPa)	303-331
Desviación estándar	1.04
Covarianza	0.0033
Resistencia característica $f_{ck,est}$ (MPa)	284

Con los datos de resistencia de los materiales, las dimensiones de los elementos estructurales, los armados obtenidos en las catas y las cargas de su nuevo uso se realizó un estudio de la capacidad resistente de la estructura existente.

Las conclusiones del estudio reflejaron que la estructura cumplía en general con los requerimientos y ha sido necesario el refuerzo de pilares de hormigón, como se indica en punto 2.1. El refuerzo de un nervio en planta baja que concentraba la carga de los tragaluces del sótano y el refuerzo del forjado en las zonas de sobrecargas más elevadas como la zona de gimnasio de planta quinta mediante la adición de un capa de mortero de 20mm. en la cara superior del forjado.

Además, para cumplir con los requerimientos de protección frente a incendio, debido a los pequeños espesores de los elementos estructurales, ha sido necesario proyectar un mortero de perlita y vermiculita.

2 Descripción de las actuaciones

Desde el punto de vista arquitectónico, un edificio planteado en su origen como uso de oficinas de una empresa de seguros se va a convertir en un edificio de restauración, alojamiento y ocio. Por lo tanto, son necesarias

una serie de actuaciones que den viabilidad al nuevo uso y condiciones normativas.

Las plantas baja, primera y *rooftop* tendrán un uso de restauración; planta tercera y cuarta, las de mayor altura libre, alojamiento; planta quinta, servicios de gimnasio y spa y, por último, en planta sótano 1 sala de ocio. Entre todos estos usos se encuentran las cocinas, almacenes, espacios para instalaciones, etc.

2.1 Nuevo rooftop y refuerzo de pilares

La actuación más destacada consiste en la creación de un nuevo *rooftop* en una cubierta que no había tenido uso anteriormente. Se busca crear un espacio abierto en las bandas que dan a las fachadas principales, se gana espacio de uso sobre el patio interior con un forjado de vidrio y se genera una cubierta en la zona central.

El planteamiento es mantener el forjado existente, donde se colocará la nueva impermeabilización, y se propone una estructura a modo de falso suelo que se apoya sobre los pilares y muros existentes, generando los desniveles necesarios para salvar los techos sobreelevados de la escalera principal y vestíbulo de planta quinta, así como el cierre del patio interior circular mediante una estructura metálica radiada con piso de vidrio. La zona central queda cubierta con una marquesina, apeada sobre la estructura del falso suelo (ver Figura 11).

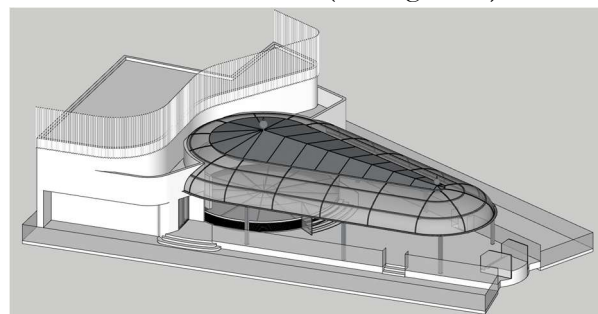


Figura 11. Configuración del nuevo rooftop.

Este incremento de carga se ha analizado y, junto con la elevada esbeltez de los pilares originales, con alturas de más de cuatro metros y dimensiones de 30x20 cm, se vuelve necesario su refuerzo. Éste se realiza recreciendo la sección de hormigón existente para solventar los

problemas de esbeltez, que limitaban el axil máximo. Se arma esta sección y se emplea hormigón autocompactable de árido 12 mm. para facilitar el hormigonado desde la planta superior. La configuración de vigas y nervios del forjado permite que la armadura del pilar sea pasante entre dos plantas a través de las esquinas, dando así continuidad al refuerzo (ver Figura 12).

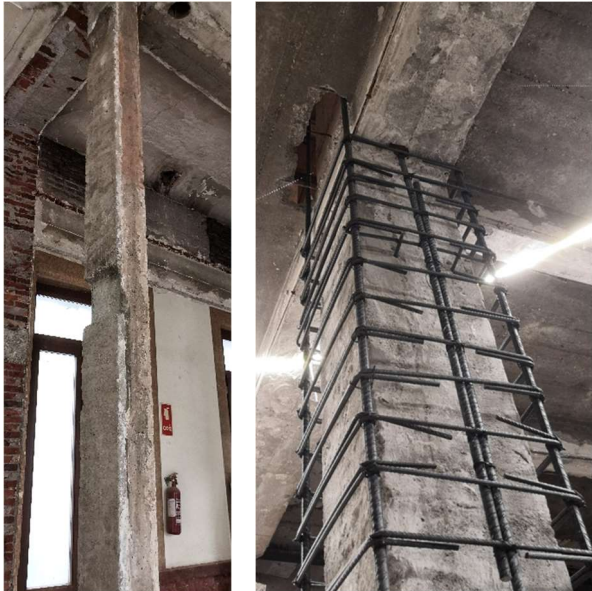


Figura 12. Pilar existente con elevada esbeltez (izda.) y armado del refuerzo de pilares (dcha.).

2.2 Reconstrucción del forjado de planta baja.

Debido al uso previo como cafetería del local de planta baja situado en la rotonda, bajo la cúpula, se ejecutó una actuación estructural para abrir un hueco de paso de una escalera hacia el sótano. En su día se cortó el forjado en el contorno del hueco y se apoyaron los nervios cortados en una viga metálica apoyada en un pilar intermedio sobre la cimentación y en los muros de sótano en el extremo.

En la nueva configuración de esta zona, el hueco debía ser cerrado, además existía el condicionante de mantener la tipología estructural original, con lo que se planteó volver a la configuración de entramado de nervios apoyados en los pilares perimetrales (ver Figura 13). Para dar continuidad entre los nuevos nervios y los existentes, se decidió

recrear estos últimos, de forma que la nueva armadura inferior fuera continua, colocando cercos en forma de U, que abrazaban el nervio original, para conseguir la capacidad a cortante (ver Figura 14).



Figura 13. Continuidad del nervio para cerrar el hueco y conexión con viga circular.



Figura 14. Detalle de armado de nervio.

2.3 Ascensores

El nuevo edificio necesita mayor capacidad de comunicación vertical mediante ascensores, con lo que se han generado una nueva pareja de ascensores que suben al *rooftop*. Por otro lado, se ha convertido en accesible el ascensor de la escalera principal y finalmente se ha añadido un nuevo montacargas.

Se han aprovechado estas estructuras verticales como arriostamiento frente a los esfuerzos de viento, ya que, a lo largo de las actuaciones que ha sufrido el edificio a lo largo de su vida, dos de los muros que servían de arriostamiento, y donde se alojaban los conductos de las chimeneas, se han ido

aligerando mediante pasos, ventanas y en algunos puntos habían desaparecido, como en planta primera, donde se habían generado unas vigas de apeo para soportarlos.

Por lo tanto, tras un estudio del funcionamiento frente a viento de la estructura global en el momento en que se acomete la reforma, se determinó que era necesario mejorar el arriostramiento horizontal, y los núcleos de ascensor se aprovecharon para conseguirlo.

El proceso constructivo de estos núcleos consiste en ejecutar la estructura desde cimentación hasta cubierta, levantando planta a planta la estructura metálica, apoyando los nervios que van a ser atravesados, generando un zuncho de hormigón en el contorno del hueco, que permite la transmisión de los esfuerzos horizontales de cada planta a la estructura metálica, cortando los nervios que quedan dentro del hueco del ascensor, y levantando la estructura metálica una planta más, continuando este proceso hasta cubierta (ver Figura 15).

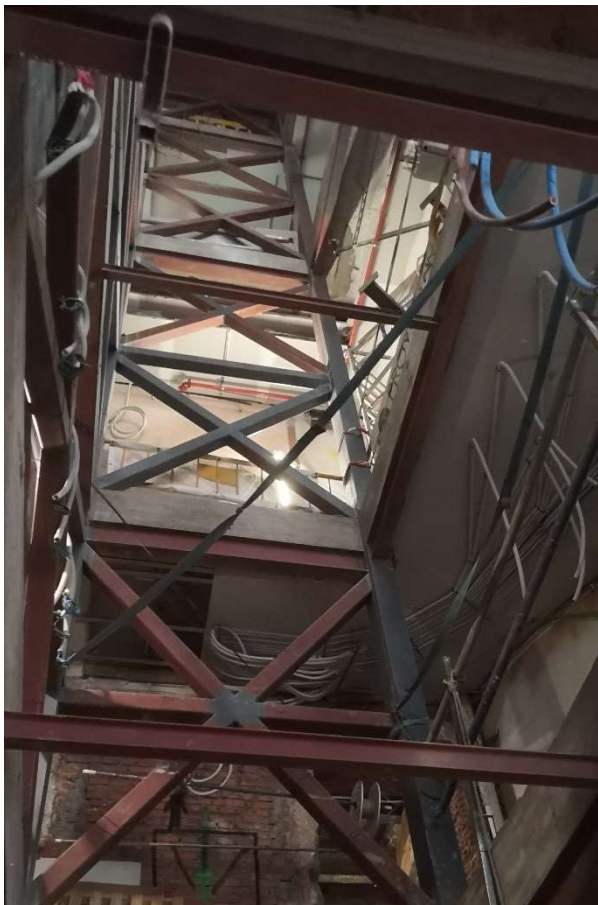


Figura 15. Estructura de nuevo ascensor.

Por aprovechar el espacio, la pareja de ascensores que suben al nuevo *rooftop* quedaban junto a un pilar existente, invadiendo el foso un cuarto de la zapata de este pilar. El planeamiento de la solución fue generar un foso y muro de hormigón entre el sótano y la planta baja. El proceso constructivo consistió en mantener la zapata del pilar existente, ejecutar el foso salvando la zapata del pilar existente, ejecutar una conexión con barras de cortante en las caras del pilar, para que al hormigonar el tramo de muro entre el sótano y la planta baja, éste quedara solidario al muro (ver Figura 16).

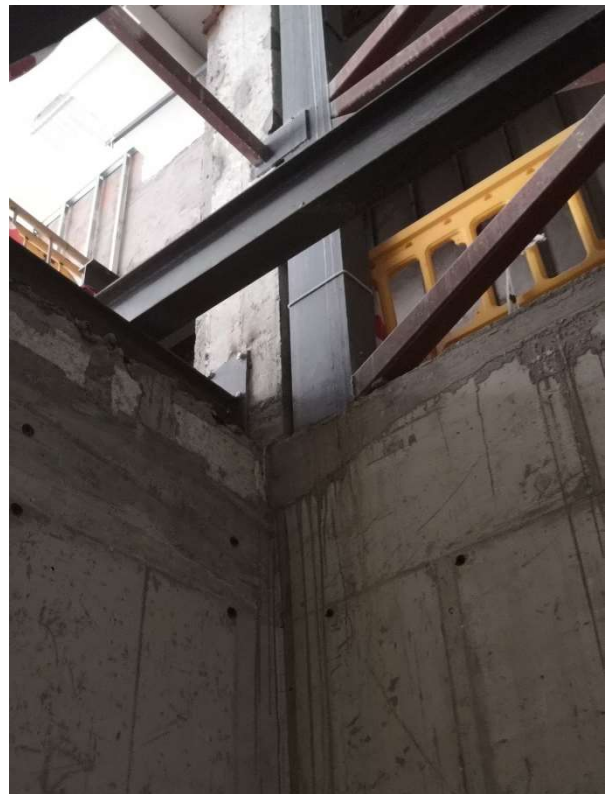


Figura 16. Muros del ascensor en sótano conectados al pilar de hormigón para transmisión de cargas.



Figura 17. Segunda fase de hormigonado del espacio dejado para la zapata del pilar.

La cimentación del foso y del muro se había diseñado para que fuera capaz de soportar las cargas del pilar de hormigón, ampliando la zapata de este nuevo muro abrazando la zapata existente por el exterior del foso para que el conjunto fuera estable. De esta forma, se soportaba la carga vertical del pilar en el momento de picar el cuarto de zapata que coincidía con el foso. Una vez picada esta parte de la zapata existente, se completó el muro del foso, dejando la estructura en su estado final (ver Figura 17)

2.4 Crear un espacio diáfano en el sótano.

El sótano se pretende aprovechar como un espacio de ocio, pero en la configuración original existen dos muros que son continuidad de los dos muros situados a ambos lados de la entrada principal por la calle Alcalá, y que compartimentan este espacio. Fue un requerimiento el apeo de estos dos muros para liberar la planta sótano.

Las cargas de la pareja de pórticos que apea cada muro son dos, por un lado un pilar de la alineación interior del edificio, en cuya vertical se han colocado los pilares metálicos intermedios del pórtico de apeo, y por otro lado el muro que rodea el vestíbulo de la entrada

principal de la calle Alcalá, que presenta decoraciones con arcos en una doble altura hasta el nivel de planta segunda, donde muere.

Los extremos de esta viga de apeo apoyan en el muro de fábrica del patio interior y de sótano. Las vigas de apeo se colocan a ambos lados del muro. La transmisión de cargas se realiza a través de unas vigas transversales al muro, ejecutadas alternativamente para no debilitar el muro en exceso, y retacando el espacio entre la viga metálica transversal y la fábrica de ladrillo (ver Figura 18).



Figura 18. Ejecución de pasadores para apeo de muro de fábrica.

Una vez ejecutada toda la estructura metálica y retacada, se procedió a demoler el tramo de muro para dejar diáfano el espacio (ver Figura 19).

Dado el considerable ancho del muro, se colocó una chapa metálica en la cara inferior del muro para evitar la caída de trozos de ladrillo que quedaban en la cara inferior del corte.



Figura 19. Vista del sótano con los dos muros ya apeados.

También en la planta sótano, pero bajo el patio circular central, existe un forjado con 4 pilares que se quieren eliminar para dejar este espacio abierto. Este forjado está formado por dos vigas longitudinales, a tercios del espacio, que soportan los nervios del forjado.

El planteamiento para poder eliminar estos pilares fue colocar una pareja de vigas

metálicas a ambos lados de la viga principal de hormigón, salvando el pilar que la soporta, de forma que tengan capacidad para soportar las cargas una vez eliminados los pilares. De esta forma, se mantenía el sistema estructural del forjado, al no cambiar los puntos de apoyo de los nervios.

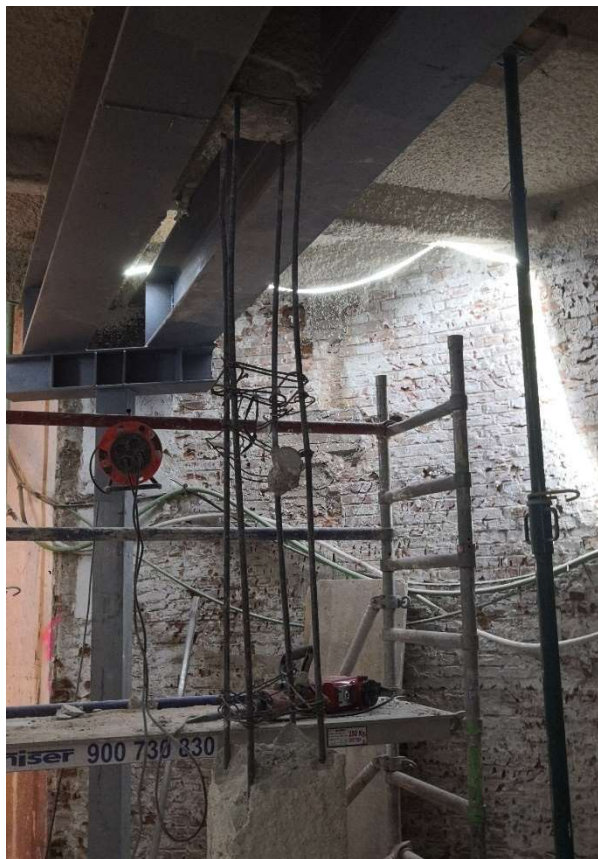


Figura 20. Vista de la demolición del pilar con el forjado sustentado por las dos vigas metálicas.

2.5 Nuevo acceso desde la calle Caballero de Gracia

La entrada principal al edificio se encuentra en la fachada de la calle Alcalá, pero el nuevo uso de hotel y restauración obliga a generar una nueva entrada en la fachada opuesta, en la calle Caballero de Gracia. Esta entrada existía desde la construcción del edificio, pero daba servicio a una escalera que comunicaba con la planta sótano y primera. La escalera estaba apoyada en muros de fábrica y, aunque ya había sido desmontada en actuaciones previas, el muro de fábrica que coincide con la alineación interior de

pilares todavía se mantenía. Por lo tanto, fue necesario incluir una actuación para poder eliminar este muro de carga en el nivel de planta baja, donde nacen, a nivel de planta primera, dos pilares de las plantas superiores.

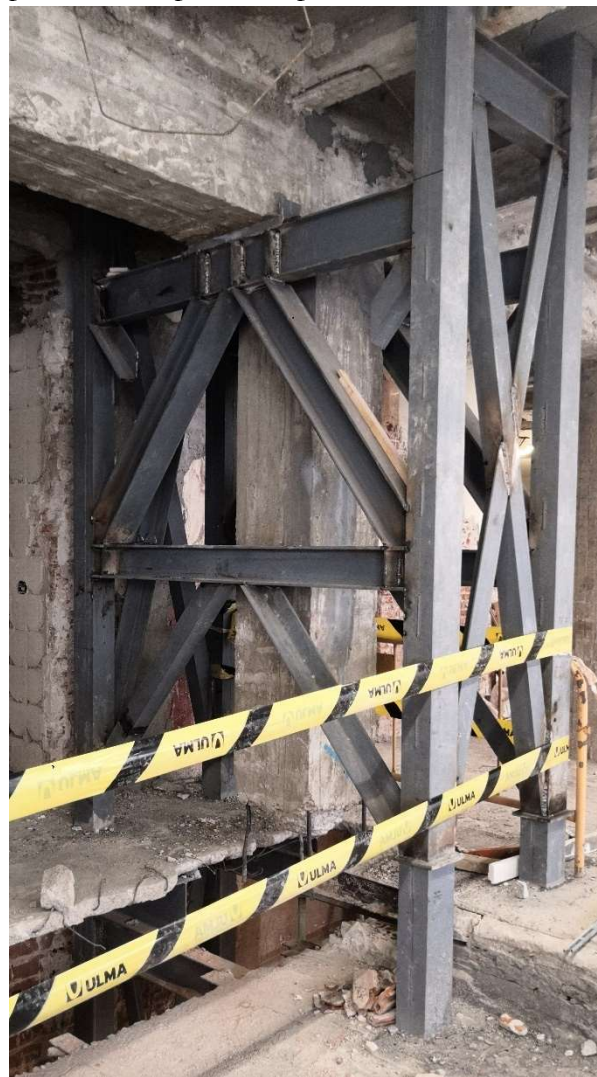


Figura 21. Castillete metálico de apeo de pilar existente.

El planteamiento ha sido generar el apeo temporal de estos dos pilares mediante un castillete metálico apoyado en cimentación, el desmontaje del muro de carga hasta la base de planta baja y la ejecución de dos pilares nuevos, apoyados mediante zapatas en el muro existente, y conectados a nivel de planta primera con los dos pilares existentes, para, una vez finalizado el proceso, desmontar la estructura de apeo provisional.

El castillete de apeo provisional para cada uno de los dos pilares se ha ejecutado desde

cimentación, con unas zapatas nuevas, levantando cuatro pilares a través de los forjados de planta sótano, baja y primera, arriostrándolos mediante diagonales para asegurar su estabilidad.

En techo de planta primera se ha realizado la transmisión de cargas verticales entre el pilar y la estructura metálica, aprovechando un refuerzo existente del forjado de planta segunda (ver Figura 21).

Tras el apeo del pilar, se desmontó el muro de fábrica hasta el nivel de planta baja y se ejecutaron las zapatas de los nuevos pilares para repartir las cargas a este muro, justo por debajo de este nivel, de forma que se mantuviera el apoyo del forjado de planta baja. (ver Figura 22)



Figura 22. Zapata de apoyo de nuevo pilar.

Seguidamente se hormigonaron las zapatas, los pilares, dando continuidad al los existentes y la viga en techo de planta primera que da soporte a este forjado, dado que el muro donde apoyaba antes se había desmontado (ver Figura 23).

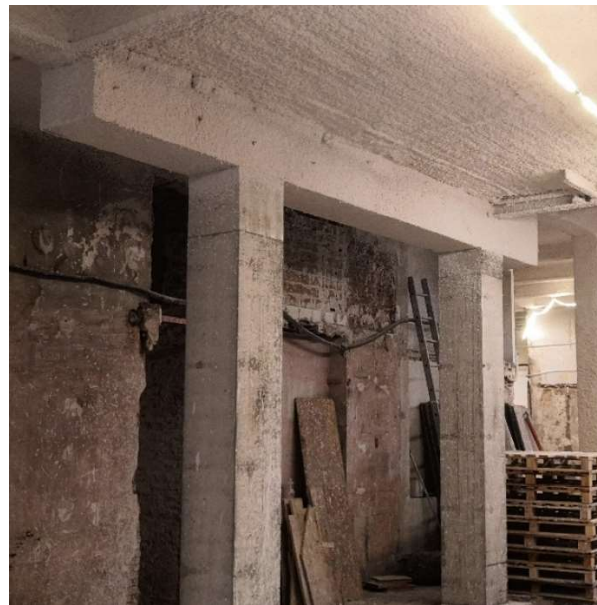


Figura 23. Estructura de apeo finalizada.

Agradecimientos

A los ingenieros de proyecto de Fhecor que han contribuido en el estudio de la estructura existente y definición de las actuaciones estructurales: AML, BMP, TEB, TRC y ELM.

A las empresas participantes: Rubio Arquitectura, Proyecta Construcción, Abacon proyectos y obras, y Betlinski.

Referencias

- [1] Alonso Pereira, J.R. (2013) *Los orígenes del hormigón armado en la arquitectura española*, Labor & Engenho, Campinas [Brasil] v.7, n.2, p.05-16.
- [2] Cárcamo Martínez, J. (2024) *Los inicios del hormigón armado. El peculiar estribo Hennebique*, De hierro y de hormigón.
- [3] Ribera, José E. (1902) *Hormigón y cemento armado. Mi sistema y mis obras*, Imprenta de Ricardo Rojas.