

Centro Canalejas Madrid. Aspectos relevantes de la construcción.

David RODRÍGUEZ MUÑOZ

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
MC2 Estudio de Ingeniería
Ingeniero
david.rodriguez@mc2.es

Álvaro SERRANO CORRAL

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
MC2 Estudio de Ingeniería
Director Técnico
alvaro.serrano@mc2.es

Manuel Carlos CARRETO PRADES

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
OHL Construcción
Oficina Técnica Proyecto Canalejas
mcarreto@ohl.es

RESUMEN

Los procesos constructivos y la tecnología empleada en la ejecución de la estructura del Centro Canalejas Madrid están fuertemente influidos por dos condicionantes: la estabilización de la fachada y la profundización de los sótanos en un entorno urbano sensible. Ello deriva en una construcción llena de singularidades, aun cuando las tipologías estructurales pueden considerarse relativamente convencionales. Partiendo de un proceso constructivo ascendente-descendente, cada una de las fases ha requerido constantes modificaciones y adaptaciones desde la ortodoxia tipológica a la realidad constructiva

ABSTRACT

The construction processes and technologies employed in the Centro Canalejas Madrid execution are strongly influenced by two conditions: the façade's stabilization and the foundation level deepening in a sensitive urban environment. Both aspects drive to a construction full of singularities, even when structural typology could be considered rather conventional. Starting from "upward-downward" construction process, every of the phases has required frequent adaptations from the typological orthodoxy to the daily reality.

PALABRAS CLAVE: fachada, profundización, ascendente-descendente, empujes, interfaz

KEYWORDS: façade conservation, deepening, upward-downward, pressure balance, interface

1. Introducción. Situación inicial y proyecto reformado

La reforma de los edificios que componen la denominada "manzana de Canalejas" supone una profunda intervención en un entorno urbano sensible, en el que numerosos condicionantes se suman a los propios de la edificación.

Compuesta en su origen por edificios de edad, tipología y funcionalidad diversa, la manzana de Canalejas había ido convergiendo, mediante sucesivas intervenciones de gran calado, hacia un uso exclusivamente bancario en los últimos años del siglo XX, momento en el que acogía la sede central de Banesto. Tras la construcción de la Ciudad financiera del Banco Santander en Boadilla del Monte y la absorción del primero por éste último, el uso de los edificios se había reducido hasta un nivel residual.

La reforma propuesta supone la reconversión integral del interior para crear un edificio unitario orientado hacia la actividad comercial, hotelera y residencial. En su parte aérea, el volumen del edificio no sufre grandes cambios, enrasándose a la cota máxima existente pero es en el bajo rasante donde se produce una mayor variación, pasando de uno a cuatro sótanos, lo que supone bajar la cota de cimentación en unos 10 metros de media.

Todos los edificios que componen la manzana se encuentran recogidos en el Catálogo de elementos protegidos del Ayuntamiento de Madrid [1], teniendo dos de ellos (Alcalá 14 y Canalejas 1) categoría de BIC. Ello supone que parte de los elementos estructurales (fundamentalmente, la fachada y la primera crujía de algunos forjados) deben ser conservados e integrados en el edificio futuro, para lo cual se han diseñado estructuras específicas de apeo y estabilización de fachada.

En términos tipológicos, la estructura del edificio reformado es relativamente convencional, compuesta en gran medida por losas macizas y soportes de hormigón armado. Se producen numerosos cambios de eje de soportes debido al apilamiento de usos con necesidades dispares, que se resuelven con estructuras de transferencia metálicas/mixtas: bien como vigas mixtas descolgadas de alma llena, bien como el gran emparillado de celosías que libera de soportes el salón principal del hotel. Para evitar la existencia de juntas de dilatación, se proyectan tres grandes núcleos de hormigón en coincidencia con elementos de comunicación vertical.

El crecimiento en profundidad del edificio tiene como consecuencia la necesidad de desarrollar sistemas de contención y arriostamiento con suficiente entidad como para asegurar la integridad de las edificaciones colindantes y del cercano túnel de la línea 2 de Metro, construido en 1924 con bóveda de ladrillo y hastiales de mampostería [2].

Desde las etapas más tempranas del proyecto quedó claro que los trabajos se verían fuertemente condicionados por la especial situación de la obra, a pocos pasos de la Puerta del Sol de Madrid. Esto abarcaba no sólo el carácter patrimonial de los edificios o las múltiples afecciones exteriores a las actividades interiores sino también numerosos aspectos relacionados con la propia ubicación de la parcela: restricciones en los horarios de acceso de camiones pesados, eventos imprevistos como manifestaciones, cortes de tráfico o actos oficiales, etc.

Las actividades necesarias para la transformación del edificio se han dividido en tres etapas claramente diferenciadas. En primer lugar, los trabajos previos de ejecución de las estructuras de apeo y estabilización de fachadas y forjados protegidos, previos a la demolición de la estructura existente. En segundo lugar, los trabajos de demolición de las estructuras existentes, manteniendo las fachadas y forjados protegidos; y por último, la ejecución de la estructura definitiva.

2. Trabajos previos. Apeo y estabilización de fachada

Los sistemas de apeo y estabilización de las fachadas y los forjados protegidos son el imprescindible puente entre la situación original y la reformada, debiendo ser compatibles en su ubicación y geometría con ambos sistemas.

Aunque con múltiples variantes en función de la zona de aplicación, el apeo de fachada se compone básicamente de una doble viga de hormigón que discurre paralela a la coronación del muro de sótano situado bajo las fachadas. Ambas vigas son unidas mediante barras de postesado en coincidencia con los machones, de manera que la compresión transversal genera la fricción necesaria para la compensación del peso de la fachada. El sistema se apoya provisionalmente

sobre una doble cortina de micropilotes (interior y exterior al edificio), que se arriostran entre sí durante el proceso descendente para evitar el pandeo.

El sistema de estabilización está compuesto por tres elementos: el propio estabilizador, al que se unen las carreras de fachada; el pórtico de base, que recoge los esfuerzos del estabilizador y los empujes del terreno; y la cimentación del sistema, compuesta por torres verticales de micropilotes y parejas de micropilotes inclinados a 45°. Los propios estabilizadores han funcionado también, en el caso de los edificios BIC, como elementos para el apeo de los forjados de primera crujía, mediante la colocación de vigas paralelas a fachada a las que se han conectado las viguetas originales (perpendiculares a fachada) previamente a su desvinculación del interior del edificio (Figura 1).



Figura 1. Vista general de los estabilizadores durante el proceso de demolición

Los anteriores sistemas deben encontrarse completamente montados y en condiciones de entrar en carga de manera previa al comienzo de la demolición, por lo que todas las actividades para su instalación se deben realizar bajo las estrictas condiciones geométricas del edificio existente. Tanto la maquinaria para la realización de los micropilotes de cimentación, como los medios auxiliares para el transporte y acopio de los materiales deben trabajar con gálibos reducidos, en ocasiones, menores a los 3 metros. De igual manera, el izado, transporte y colocación de las barras que conforman los estabilizadores se realiza fundamentalmente de manera manual, con la ayuda de pequeños polipastos.

El conocimiento sobre las estructuras existentes ha sido creciente a medida que se avanzaba en el desmontaje de elementos no estructurales, por lo que la documentación relativa a la estructura original ha estado en permanente revisión, obligando en numerosos casos a adaptar sobre la marcha la ubicación de los micropilotes o los elementos de estabilización debido a la presencia coincidente (o en el radio de acción de la maquinaria) de elementos estructurales que no podían ser retirados con anterioridad.

Dada la cantidad de metros lineales de micropilotes a realizar, se planteó la ejecución de unos ensayos en el terreno para evaluar con más precisión la resistencia al fuste y, eventualmente, mejorarla. Puesto que se trataba de ensayar terreno a una cota aún no excavada, se propuso el ensayo de unos micropilotes a tracción, emboquillando la parte del micropilote coincidente con el

terreno a excavar con el fin de que no estuviese en contacto con la parte del terreno que posteriormente sería retirada durante la excavación. Los resultados fueron satisfactorios, pudiendo mejorar sensiblemente la capacidad al fuste del terreno (Figura 2)



Figura 2. Ensayo de tracción de micropilotes.

3. Demolición interior de los edificios

Asegurada la estabilidad de las fachadas mediante los sistemas provisionales descritos en el punto anterior, se procede a la demolición interior de los edificios en las zonas no protegidas. Previamente, se ha desmontado la fachada del edificio situado en Alcalá 6 que, por ser el de construcción más reciente (1974) y diseño de menor interés tiene un nivel de protección menor. Este factor es clave para la construcción, pues al ser una manzana cerrada, se carecería en caso contrario de un acceso de suficiente entidad para la entrada de maquinaria.

El proceso de demolición es iniciado independizando la estructura existente en dos zonas: zona perimetral, coincidente de manera aproximada con la primera crujía y zona central. En la primera, el proceso de demolición se lleva a cabo con medios mecánicos de gran capacidad que aseguran rendimientos muy elevados. En la segunda, por el contrario, el proceso se realiza con medios manuales con el fin de evitar esfuerzos indeseados en los elementos protegidos (Figura 3). La retirada de las cimentaciones y una pre-excavación permiten regularizar la explanada de trabajo a la cota -7.50, por debajo del nivel de sótano 1 del edificio reformado.



Figura 3. Vista de la demolición interior a través espacio liberado por el desmontaje de la fachada de Alcalá 6. Obsérvese la desvinculación de la estructura de la primera crujía y la demolición del interior con medios mecánicos de alta capacidad.

Durante todo el proceso de demolición y posterior reconstrucción, se ha dispuesto de un sistema automatizado de control topográfico de las fachadas con el fin de detectar los movimientos de las mismas al tratarse de elementos protegidos. El sistema consiste en tres estaciones totales dispuestas en edificios cercanos, desde los que se tiene visual de todas las fachadas. El sistema hace lecturas continuas a unos prismas dispuestos en fachada y vuelca los datos a una web desde la que se puede hacer el seguimiento en tiempo real.

4. Construcción de la nueva estructura

4.1. Razón y ser del proceso constructivo

El conjunto de condiciones de contorno determinadas por las peculiaridades del emplazamiento (localización, afecciones a terceros, edificios colindantes, fachadas) y la necesidad de incrementar notablemente la profundidad del edificio conducen de manera casi natural hacia el proceso constructivo ascendente-descendente.

En este proceso, se perfora la cimentación profunda desde la cota de explanación, enfilando en los pilotes unos perfiles metálicos que servirán de soportes provisionales. A continuación se ejecuta el forjado de la planta interfaz, dando comienzo a los dos tajos: uno ascendente, convencional, en el que la sucesión de elementos horizontales y verticales es el habitual de la edificación; y otro descendente, en el que se alternan fases de excavación y ejecución de forjados, de manera que los empujes del terreno son compensados a través de los forjados definitivos.

Este proceso permite asimismo una óptima distribución de recursos entre la construcción bajo rasante y sobre rasante, acompasando los ritmos de ejecución. De esta manera, el tramo aéreo, tras cuyos pasos deben avanzar numerosos oficios (fachadas, instalaciones, acabados, interiorismo...) puede progresar con una rapidez mayor que el tramo subterráneo que, coincidente con las plantas de aparcamiento, necesita de una menor labor posterior a la finalización de la estructura.

La ejecución de la estructura nueva se plantea según el sistema antedicho partiendo de la losa de sótano 1. Esta se encuentra a la cota -5.00, pero el número y dimensión de los elementos descolgados (vigas de transferencia y encepados provisionales) aconsejan rebajar el terreno hasta la cota -7.50 desde la que se ejecutan los pilotes. Como variante del proceso clásico, el número de pilotes por pilar es mayor que uno (normalmente parejas o tríos) para reducir su tamaño y, consecuentemente, el de la maquinaria necesaria. Como contrapartida, es necesario diseñar un juego de encepados provisionales (en coincidencia con la planta interfaz) y definitivos (al nivel de la cimentación) que permitan transferir la carga desde la ubicación del soporte a la de los pilotes (Figura 4)



Figura 4. Imagen de la planta interfaz entre el proceso ascendente y el descendente.

4.2. Ejecución de la cimentación profunda y la contención

Los pilotes se ejecutan con máquina de barrena continua (CPI-8) y armadura de perfil metálico exclusivamente, actuando en fase provisional como pilares de la estructura de sótanos y como parte de la cimentación en fase definitiva. Los pilotes tienen una longitud de hasta 30 metros, siendo los perfiles metálicos de su interior 0.50 metros más cortos. Estos últimos se impregnan con pintura bituminosa en la parte coincidente con el terreno a retirar, con el fin de facilitar el picado del hormigón del pilote en las fases descendentes (Figura 5)

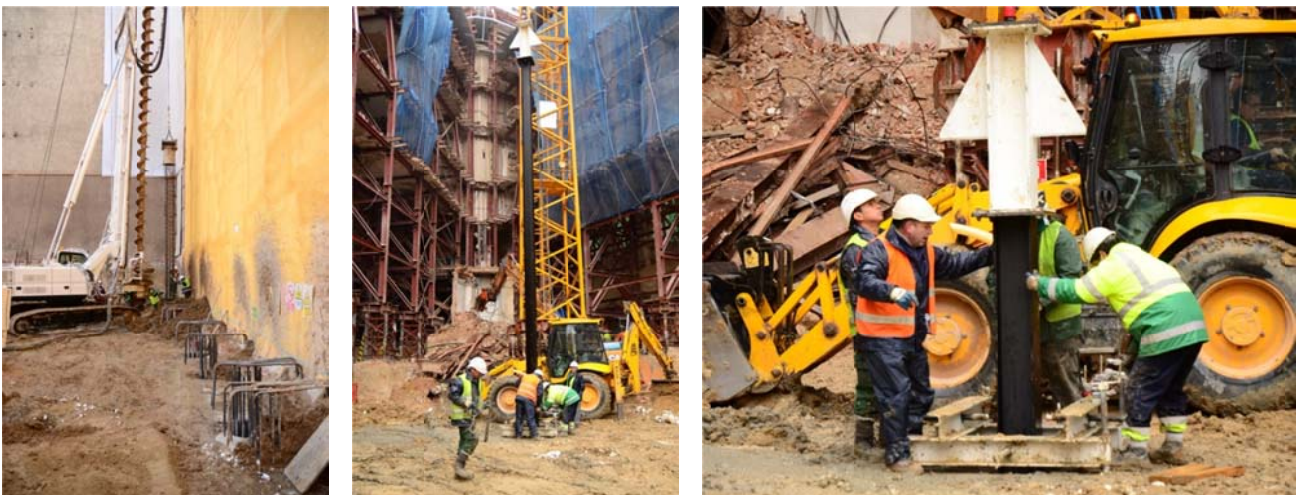


Figura 5. Imagen de la ejecución de los pilotes con barrena continua y el enfilado de los perfiles metálicos que funcionan como soportes provisionales.

La ejecución de los pilotes requiere de un murete o zapata guía que tiene una doble función geométrica: por un lado, se genera una boquilla a través de la cual se realiza la perforación del pilote, asegurando la verticalidad en el arranque y por el otro, sirve de base para el anclaje de la mesa centradora que permite la correcta colocación del perfil metálico en el interior del pilote.

Las dimensiones del solar y la disposición interior de los estabilizadores suponen una limitación importante de la maniobrabilidad de las máquinas, por lo que la cimentación se realiza con una

única pareja de pilotadora y grúa automóvil auxiliar, cuyo rendimiento ha sido del orden de 8-10 pilotes diarios, con puntas de hasta 12 pilotes.

Adicionalmente se realizan dos pantallas de pilotes de contención; una en la zona de medianería con los edificios colindantes, con pilotes de diámetro 62 cm ejecutados cada 80 cm y otra pantalla paralela al trazado del túnel de la línea 2 de Metro que discurre bajo la calle Alcalá. La posición de esta última pantalla es casi tangente al hastial del túnel, por lo que para evitar que la ejecución de los pilotes crease presiones excesivas sobre la fábrica de ladrillo, se realizan unas perforaciones previas, de diámetro 125 mm, hasta la base del túnel para posterior relleno de lechada sin presión. De esta manera se rellenan los posibles huecos en el trasdós del hastial, ejecutándose la totalidad de los pilotes de la pantalla sin incidencias.

De manera análoga a la de las fachadas, se ha dispuesto también de un sistema automatizado de control topográfico del túnel de Metro, con volcado de datos a web, así como control mediante inclinómetros en los pilotes de la pantalla.

4.3. Singularidades de la construcción ascendente

Aunque relativamente singular, la ejecución de la estructura sobre rasante se ve condicionada por varios aspectos. En primer lugar, el acceso de los elementos voluminosos como la ferralla, las grandes vigas de apeo y las grandes cerchas sobre el salón de banquetes (*Ball-Room*), ha debido realizarse en horario nocturno. En segundo lugar, la presencia de los estabilizadores de fachada por el interior del edificio y los forjados protegidos crea numerosas interferencias en la ejecución de las losas, el montaje de las vigas cargadero o el enfilado de la armadura de los soportes (Figuras 6 y 7). Por último, debe preverse una conexión de la fachada a la estructura nueva que se ha resuelto mediante un anclaje que permite tanto el movimiento vertical como el longitudinal entre fachada y losa, pero no así el transversal (perpendicular al plano de fachada)



Figura 6. Vista del forjado de Planta 1 durante las labores de ferrallado.



Figura 7. Imagen de una de las grandes vigas cargadero del Sótano 1 tras ser ubicada en su posición, al interior de un estabilizador

El montaje de las celosías sobre el *Ball-Room*, situadas entre planta 3ª y 4ª, ha merecido un estudio pormenorizado, valorándose en un primer momento su montaje en Planta Baja e izado mediante gatos, para finalmente realizarse in situ sobre cimbra debido a que las limitaciones en la accesibilidad para las grandes piezas convertían en menos ventajosa esta opción.

4.4. Excavación, extracción de tierras y construcción descendente

La ejecución bajo rasante se encuentra condicionada desde un principio a la extracción de las tierras y al acodamiento de las pantallas de pilotes perimetrales, fases que deben alternarse de manera sistemática para mantener la coacción en las pantallas de contención. Sobre el criterio inicial de realizar la excavación exclusivamente hasta la cara inferior del forjado a ejecutar, se implementa una variante en la que, respetando una berma en el contorno de las pantallas se profundiza en el interior de la parcela una altura adicional de unos 2.5-3.0 metros, de manera que el gálbo de la maquinaria se incremente, y con él los ritmos y volúmenes de trabajo (Figura 8)



Figura 8. Vista de la excavación bajo rasante. Obsérvense en la parte superior los encepados provisionales y las vigas de transferencia asociados a la planta interfaz. En el plano medio, los soportes provisionales con el color negro de la impregnación bituminosa y los definitivos, en color rojo. La placa inferior del soporte definitivo marca la cota del forjado de sótano 2.

Uno de los aspectos más relevantes en un proceso constructivo como el seguido en la manzana de Canalejas es el procedimiento de extracción de tierras. La solución conceptualmente más habitual es la disposición de una rampa de obra, con acceso desde la calle Alcalá, pero la ocupación en planta de dicha rampa a medida que avanza la excavación resulta excesiva, a la par que produce una interferencia engorrosa con la ejecución de los forjados que deben arriostrar la pantalla de pilotes. La opción alternativa es un sistema de extracción vertical de tierras. El sistema consta de una tolva dispuesta en la calle Alcalá, con capacidad de hasta 100 m³, cuya carga se realiza por la parte superior mediante volcado de cangilón. Este asciende mediante guías verticales desde los sótanos, donde se carga mediante cintas. La excavación se realiza por medio de máquinas de pequeño tamaño que alimentan de manera continua las cintas y el cangilón, mientras que la carga de los camiones se realiza de manera independiente en superficie (Figura 9)



Figura 9. Sistema de extracción de tierras. En sentido antihorario: cinta de alimentación, ascenso del cangilón y tolva de almacenamiento

La construcción descendente de las estructuras incorpora una serie de dificultades y rozamientos que disminuyen de manera significativa los ritmos de ejecución. Para el acceso y traslado de los materiales no se dispone de las grúas-torre que operan en la superficie, por lo que todos los elementos deben ser transportados mediante maquinaria de pequeño tamaño. De igual manera, los elementos verticales definitivos, como los soportes y núcleos de hormigón son ejecutados entre dos planos fijos, como son los forjados previamente finalizados, por lo que tareas tan básicas como el hormigonado requieren de boquillas o bebederos para asegurar el contacto entre las superficies.

A medida que avanza la excavación, las torretas de micropilotes, tanto de apeo de fachada, de cimentación de la grúa o de apoyo provisional de vigas o pilares, se van arriostrando para evitar su pandeo.

5. Conclusiones

A menudo la construcción, entendida como el desglose del diseño final en todas sus fases intermedias, supone un desarrollo técnico de similar entidad al necesario para comprobar la viabilidad del estado final. En el caso del Centro Canalejas Madrid, concurren numerosos factores que convierten la construcción de un edificio de estructura relativamente convencional en un laborioso proceso en el que los estados provisionales requieren de un cuidadoso estudio. La implementación del proceso constructivo ascendente-descendente, el diseño de las pilas-pilote o las tecnologías de extracción de tierras suponen aportes de interés al cuerpo de técnicas habitualmente empleadas en la edificación.

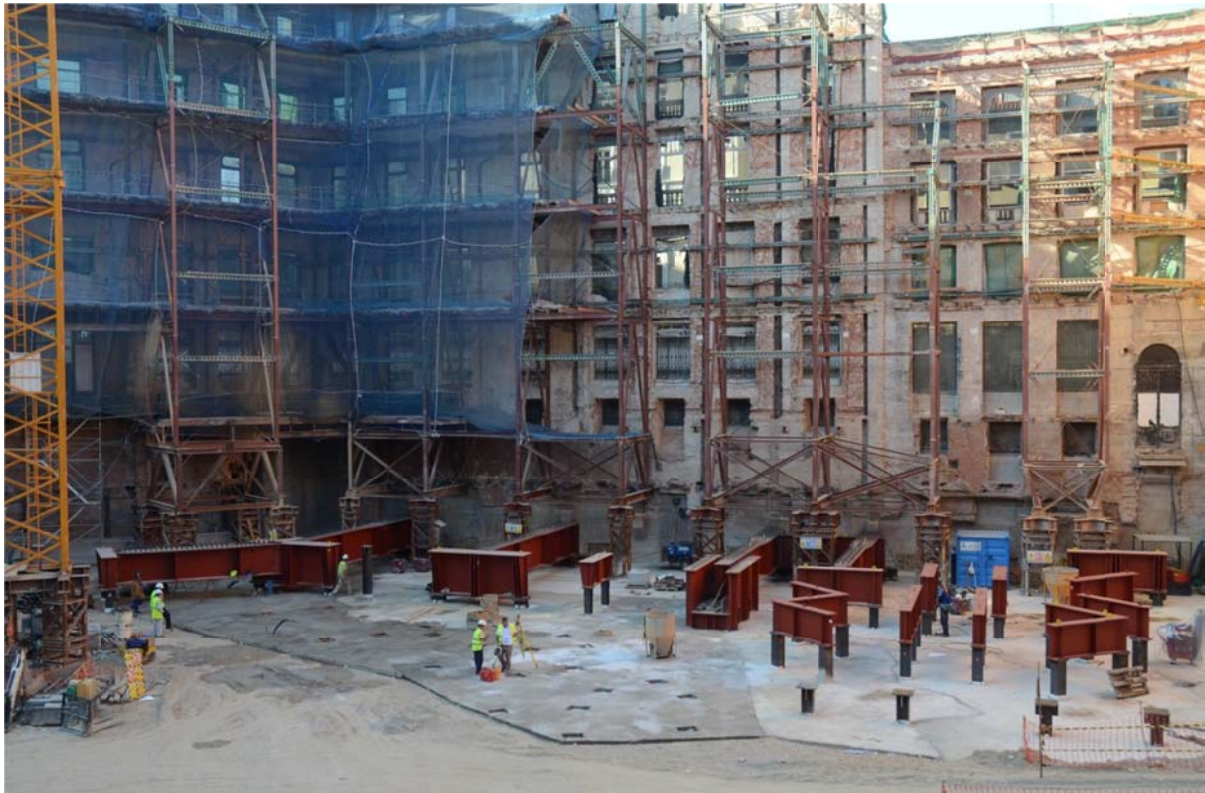


Figura 10. Vista general de la colocación de los encepados y vigas cargadero asociadas a la planta interfaz. Al fondo, las fachadas de la carrera de San Jerónimo y la plaza de Canalejas estabilizadas. Las mallas azules indican los forjados originales apeados.

6. Participantes

Propiedad: OHL Desarrollos

Dirección Técnica: Inmobiliaria Espacio

Diseño arquitectónico y Dirección de Obra: Estudio Lamela

Dirección de Ejecución: B & V Aparejadores

Proyecto de estructuras y asistencia técnica: MC2 Estudio de Ingeniería (Grupo Tyspa)

Consultoría Técnica a la Propiedad: CHC Ingenieros

Construcción: OHL

Referencias

[1] http://www-2.munimadrid.es/urbanismo_inter/visualizador/

[2] A. Moya, Metro de Madrid 1919-1989. 70 años de historia, Metro de Madrid (1990)