

Recalce de cimentación de la Casa del Labrador de Aranjuez

Underpinning and strengthening of the foundation of Casa del Labrador in Aranjuez,

Antonio Bueno ^{*,a}, Juan Rey-Rey ^b, Jacinto R. Carmona ^c

^a Arquitecto. Máster Estructuras de Edificación. Mecanismo Ingeniería. Jefe de equipo. antonio.bueno@mecanismo.es

^b Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Mecanismo Ingeniería. Director. juan.rey@mecanismo.es

Universidad de A Coruña. Prof. Asociado.

^c Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Mecanismo Ingeniería. Director Técnico. jacinto.ruiz@mecanismo.es

Universidad Politécnica Madrid. Prof. Asociado.

RESUMEN

El artículo aborda los trabajos desarrollados en el proyecto de emergencia y la posterior intervención para el recalce de la cimentación de la Casa del Labrador en Aranjuez, un palacete de estilo neoclásico español, construido como casa de campo por orden del Rey Carlos IV, a finales del Siglo XVIII. La desaparición de la cimentación profunda original ha favorecido la aparición de patologías estructurales, provocando importantes desplazamientos en los últimos años, inducidos por el fallo de la cimentación, en combinación con las deficientes características portantes del terreno superficial. Estos movimientos comenzaron a afectar gravemente tanto a las obras de arte y pinturas al fresco que alberga el edificio, como a la estabilidad estructural del propio inmueble

ABSTRACT

The article addresses the work undertaken as part of an emergency project and subsequent construction intervention for the underpinning of the foundation of the Casa del Labrador in Aranjuez, a Spanish neoclassical palace built as a country house at the behest of King Carlos IV in the late 18th century. The disappearance of the original deep foundation has exacerbated the development of structural pathologies, leading to significant movements in recent years due to foundation failure, compounded by the poor load-bearing capacity of the surface soil. These displacements began to seriously compromise the artwork and fresco paintings housed within the building, as well as the stability of the structure itself.

PALABRAS CLAVE: Casa del Labrador, Patrimonio Nacional, recalce, refuerzo, cimentación, micropilotes, postesado, inyecciones armadas, resinas

KEYWORDS: Casa del Labrador, National Heritage, underpinning, reinforcement, foundation, micropiles, post-tensioning, reinforced injections, resins.

1. Introducción

La Casa del Labrador es una de las residencias de la familia real española, un palacete de recreo de estilo neoclásico situado en el municipio de Aranjuez, en Madrid.

La construcción de esta casa de campo se inició en 1794 y concluyó en 1803, a partir de un diseño inicial del arquitecto Juan de Villanueva [1].

El monumento depende de Patrimonio Nacional y en 2001 fue declarado Patrimonio de la Humanidad por la Unesco.

La Casa del Labrador está enclavada en el extremo oriental del jardín del Príncipe y toma su nombre de una antigua casa de labranza preexistente en su solar.

La voluntad de Carlos IV, quien había establecido su residencia oficial en el Real Sitio de Aranjuez en la primera mitad de cada año, impulsó la construcción de este edificio como lugar de recreo para jornadas o excursiones de un día, por lo que se compone mayormente de salones pensados para el ocio.

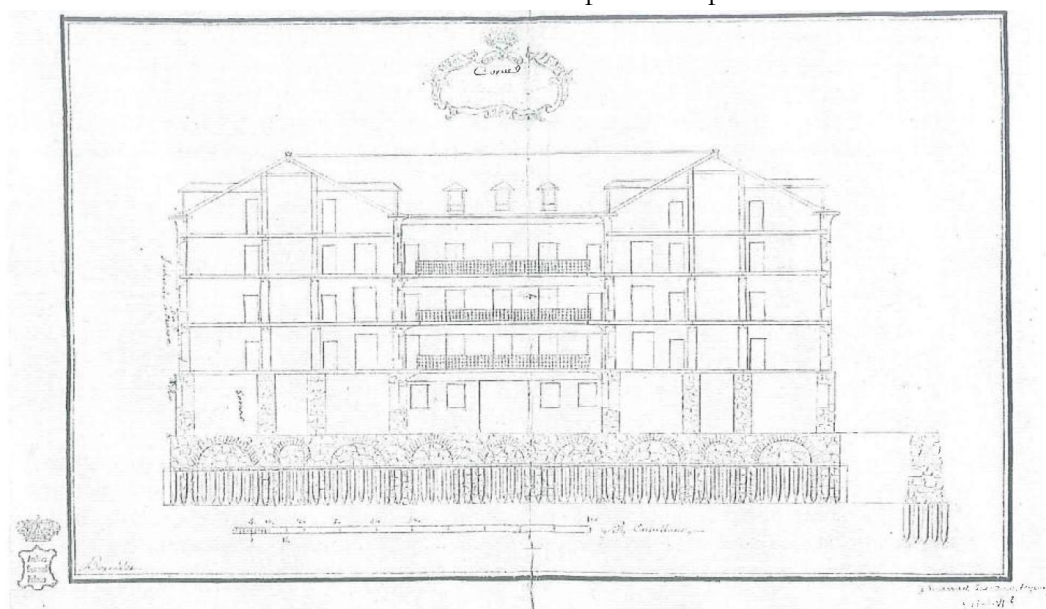


Figura 1. Presunta sección de la Casa de Infantes en Aranjuez, atribuida a Manuel Serrano, 1769.

Situada sobre un terreno aluvial a orillas del río Tajo, en un antiguo meandro, la Casa del Labrador ha experimentado, a lo largo de su historia, inundaciones, ataque de termitas, asentamientos, humedades..., factores que afectaron directamente a su cimentación profunda, originalmente compuesta por pilotes de madera que soportaban arcadas de fábrica de mampostería y ladrillo.

Esta degradación progresiva ha supuesto la práctica desaparición de la cimentación profunda original, favoreciendo la aparición de patologías estructurales. Estas patologías se han manifestado en forma de movimientos diferenciales, provocando fisuración en fábricas y desprendimiento de elementos de fachada. Los desplazamientos comenzaron a afectar gravemente a las obras de arte y pinturas en fresco que alberga el edificio e incluso a la estabilidad del propio inmueble, lo que llevó a Patrimonio Nacional a proponer una intervención de emergencia.

Dado el carácter urgente de la intervención, se requirió la colaboración de un equipo multidisciplinar para desarrollar un plan de actuación específico. Las actuaciones llevadas a cabo fueron:

- Investigaciones geotécnicas para análisis del terreno.
- Monitorización activa y extensiva del edificio para controlar cualquier movimiento antes, durante, así como tras la intervención.
- Caracterización de la situación actual de la cimentación y estructura para determinar los sistemas de intervención más adecuados.
- Diseño y dimensionado de un sistema de recalce de cimentación, que garantizara su estabilidad, resistencia y rigidez.
- Trabajos minuciosos de conservación y estabilización de las obras de arte y pinturas murales, principalmente en la planta superior del edificio.

2. Análisis del edificio y de las patologías existentes

2.1 Estructura existente en el edificio

El edificio está conformado por una estructura portante compuesta por muros de fábrica, sobre los cuales se apoyan los forjados. Originalmente, los forjados eran de madera, sin embargo, en la actualidad han sido sustituidos casi en su totalidad por correas metálicas, debido a las diferentes reformas realizadas a lo largo del tiempo. La Casa del Labrador se asentó parcialmente sobre la estructura preexistente de una antigua casa de labranza.

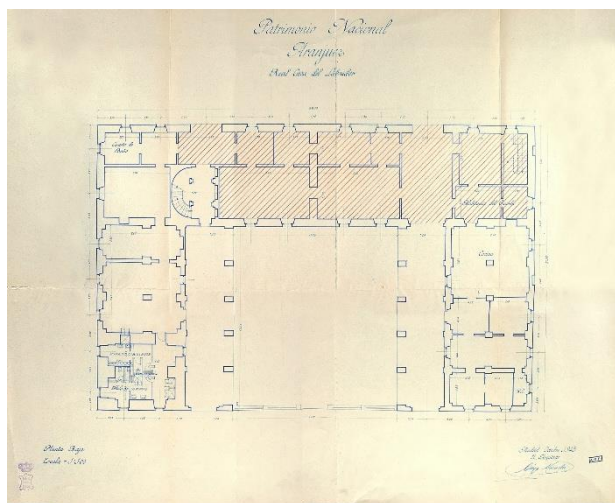


Figura 2. Planta del edificio (Diego Méndez, 1943)

La cimentación original está constituida por un sistema profundo de pilotes de madera hincados, sobre los cuales se apoya un conjunto de arcadas de fábrica de mampostería y ladrillo, que permiten el arranque de los muros principales del edificio.

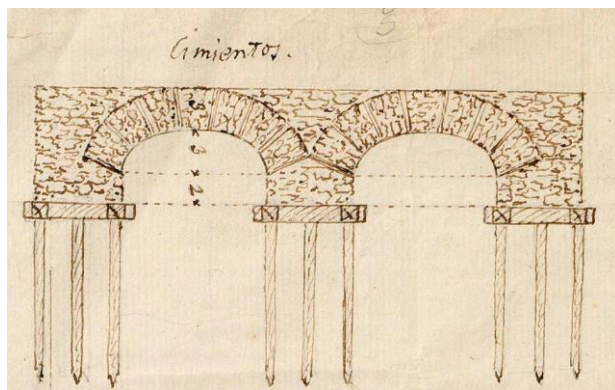


Figura 3. Sección de detalle de cimentación

2.2 Deterioro de la cimentación profunda de madera y recalce de cimentación de 1910 en la restauración de Alfonso XIII

A principios del siglo XX, el edificio se encontraba en un estado de conservación comprometido. Las inundaciones recurrentes, provocadas por los desbordamientos del río Tajo, junto con el paso del tiempo, han sido las principales causas del deterioro progresivo de la cimentación, ocasionando la completa degradación y pudrición de los pilotes de madera.

Este fenómeno dio lugar a asentamientos y movimientos estructurales de gran magnitud, lo que derivó en la aparición de grietas y daños. Estos daños afectaron tanto a los elementos estructurales, principalmente los muros de carga, como a las obras de arte, pinturas y esculturas integradas en el edificio.

Con el objetivo de detener este proceso de degradación, se proyectó un recalce integral de la cimentación, mediante la construcción de fábrica de ladrillo con mortero hidráulico, bajando con el recalce aproximadamente metro y medio y, al mismo tiempo, extendiendo la base para mejorar el reparto de cargas. Sin embargo, este sistema de recalce estaba diseñado para un comportamiento estructural basado en cimentación superficial, lo que podría haber contribuido al desarrollo de nuevas patologías estructurales con el paso del tiempo. Las obras de recalce de la cimentación se llevaron a cabo en el año 1910, mientras que la restauración interior se completó entre 1912 y 1913.

2.3 La reforma de Diego Méndez de 1943

Esta intervención se centró en mitigar los efectos adversos derivados de la mala calidad del subsuelo, la presencia de aguas subterráneas a escasa profundidad y las frecuentes inundaciones. Para ello, se implementaron técnicas de drenaje del terreno, con el objetivo de impermeabilizar la cimentación y consolidar los muros de la planta baja, corrigiendo los asentamientos diferenciales previamente registrados. Adicionalmente, se llevó

a cabo la sustitución de todas las estructuras de madera afectadas, tanto por humedad como por una grave infestación de termitas, que comprometió de manera significativa la estabilidad del edificio [2].

2.4 La reforma de Ramón Andrada

Entre los años 1962 y 1964, se llevó a cabo una nueva intervención estructural, motivada por la aparición de importantes grietas verticales, coincidentes con los encuentros entre los cuerpos laterales de la 'U' y el cuerpo central del edificio. Esta actuación se centró en: Sustituir la estructura de cubierta de madera por un sistema de cerchas metálicas. Ejecutar un zuncho de hormigón armado como elemento de coronación en todos los muros de fábrica de la cubierta, con el objetivo de mejorar su cohesión estructural. Durante esta intervención, un reconocimiento detallado del recalce realizado en 1910 permitió concluir que la cimentación se encontraba en estado adecuado, motivo por el cual no se consideraron necesarias nuevas actuaciones en este aspecto [3].

2.5 Informe de estado de conservación de la estructura y nuevas campañas de seguimiento en 2017 y 2018

Durante los primeros años del siglo XXI, se detectó la evolución progresiva de las grietas en el edificio, lo que llevó a Patrimonio Nacional a iniciar una investigación técnica con el objetivo de determinar sus causas y evaluar su impacto estructural.

Ante esta situación, Patrimonio Nacional encargó a Mecanismo Ingeniería la realización de un estudio específico sobre las patologías detectadas en la Casa del Labrador para analizar su estado de desarrollo y posible afección a la estructura y cimentación del edificio. Junto a este estudio se desarrollan varias campañas de investigación descritas a continuación:

2017: Se realizó un Estudio Geotécnico a cargo de GMC Ingeniería, con el propósito de determinar las características básicas del suelo

mediante tres sondeos y análisis químico de muestras del subsuelo.

2018: Se elaboró un informe técnico por parte de IGEO y el CSIC, enfocado en el análisis de los materiales que conforman la cimentación del edificio (materiales pétreos, morteros, hormigón y ladrillo), con el objetivo de evaluar su estado de conservación.

Marzo de 2018: Se llevó a cabo un segundo Estudio Técnico-Geológico, realizado por Incosa, con la finalidad de determinar la estratigrafía del subsuelo, identificando la presencia de zonas de terreno granular lavado, lo que permitió mejorar el diagnóstico estructural del edificio.

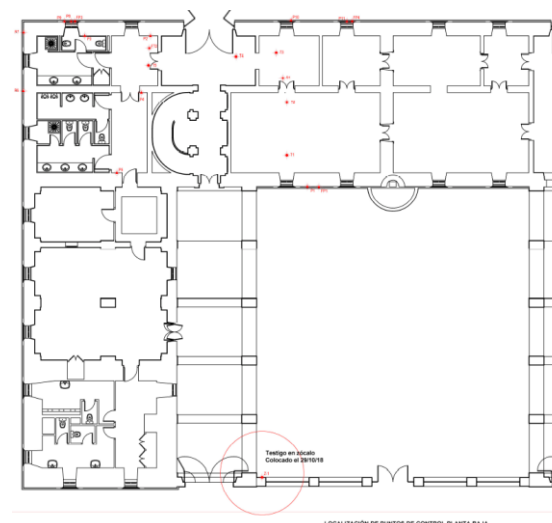


Figura 4. Puntos de inspección en grieta principal

Para el seguimiento y control de grietas, Incosa desarrolló una campaña de monitorización empleando fisurómetros analógicos y digitales, lo que permitió detectar desplazamientos en la mayoría de las fisuras analizadas.

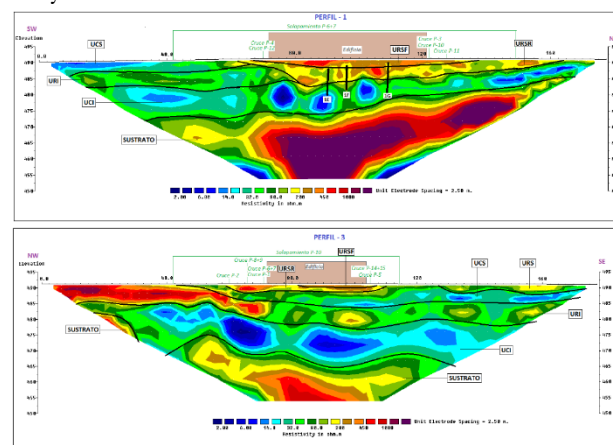


Figura 5. Perfiles de resistividad del terreno

En abril de 2019, AGS llevó a cabo una campaña de prospección geofísica, con el objetivo de estudiar y caracterizar el suelo mediante tomografía eléctrica. Los resultados de estos análisis confirmaron la heterogeneidad del subsuelo, identificando la posible presencia de zonas con lavado de lentejones de terreno, así como fracturas de pequeña escala en la unidad resistiva superior.

3. Proyecto de emergencia

Tras la celebración de una mesa técnica en junio de 2019, se activó la redacción del proyecto de recalce, con el propósito de ejecutar una intervención directa frente a la evolución divergente de las patologías estructurales del edificio.

Además, los efectos adversos del temporal Filomena en enero de 2021 aceleraron la ejecución del proyecto, convirtiéndolo en una actuación de emergencia. Como consecuencia, Kalam, la empresa constructora adjudicataria, inició las obras en febrero de 2021. Mecanismo Ingeniería fue responsable de la Asistencia Técnica en la elaboración del Proyecto de Recalce, así como de la Asistencia Técnica durante la fase de ejecución de obra.

3.1 Caracterización de la cimentación existente

Con el objetivo de determinar con precisión el estado de la cimentación existente, se realizaron varias catas a lo largo de todo el perímetro del edificio:

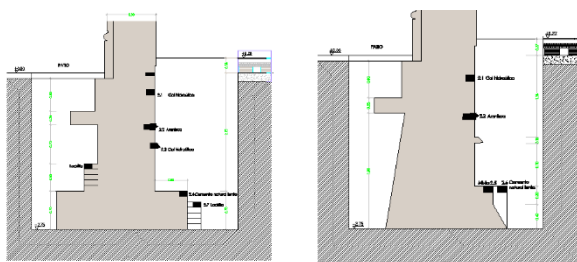


Figura 6. Análisis de catas de cimentación

Los resultados de estas catas permitieron identificar todas las etapas constructivas descritas en los apartados anteriores, evidenciando la presencia de arcadas, sillares de piedra y vertidos de hormigón en distintas zonas del edificio.

3.2 Diseño del nuevo sistema de recalce de cimentación

En base a los estudios previos disponibles y la información recopilada en las nuevas campañas de investigación, Mecanismo Ingeniería, en coordinación con Patrimonio Nacional, desarrolló un conjunto de intervenciones estructuradas con el objetivo de estabilizar la cimentación del edificio.

Se determinó la necesidad de restaurar la cimentación profunda original del edificio, con el propósito de reconectar la estructura con los estratos competentes del terreno. Este enfoque permitiría mitigar los efectos adversos causados por el lavado localizado de gravas, que estaba comprometiendo la estabilidad del inmueble.

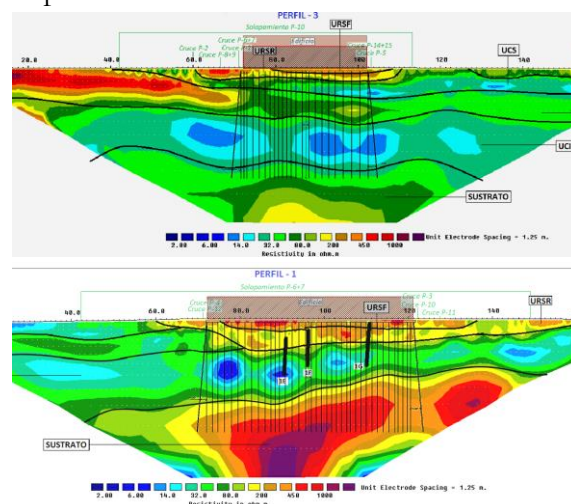


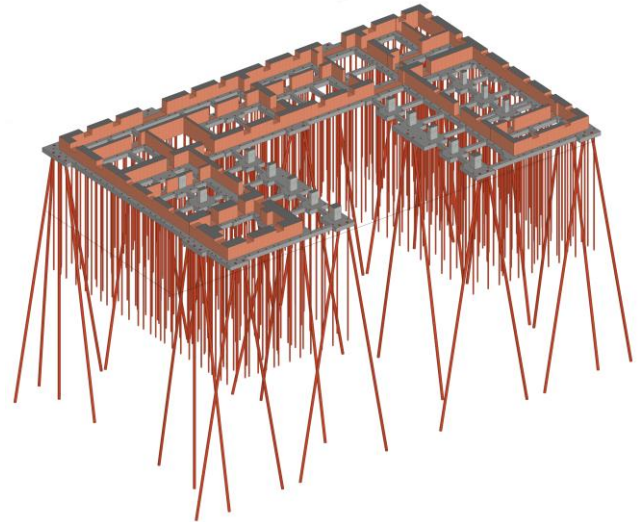
Figura 7. Superposición de esquemas recalce con mapas de resistividad eléctrica del terreno

Para lograr este objetivo, se diseñó un sistema de micropilotes, los cuales se conectarían a los muros de carga existentes mediante vigas de cimentación [4]. Las vigas se dispusieron a ambos lados de la base de los muros, generando un sistema de confinamiento estructural que: Aprovecha la fricción entre las superficies de contacto para mejorar la transferencia de cargas.

El recalce mediante micropilotes fue diseñado para cumplir dos funciones fundamentales:

- Debido a la marcada fractura existente en el cuerpo central del edificio, que lo atravesaba completamente, se planteó la hipótesis de que los estratos inferiores del terreno estaban afectados por movimientos diferenciales, posiblemente

Para mitigar este fenómeno, se diseñó un sistema complementario de micropilotes de mayor diámetro y profundidad, cuyo objetivo era coser los estratos del subsuelo entre sí, funcionando como llaves de cortante y mejorando la estabilidad global del terreno, como se puede ver en la siguiente imagen:



Durante la fase de diseño y ejecución del proyecto, se estableció la necesidad de implementar los siguientes sistemas de refuerzo estructural:

- Antonio Bueno, Juan Rey-Rey, Jacinto R. Carmona / IX CONGRESO ACHE – GRANADA 2025

alcanzando una profundidad equivalente a la de los micropilotes de Ø150 mm.

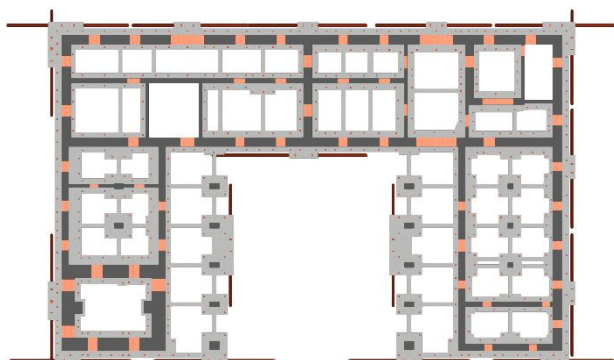


Figura 10. Vista planta modelo de cálculo

Debido al carácter de emergencia del proyecto, la evolución del diseño y la ejecución de los trabajos en obra se han desarrollado de manera simultánea y coordinada. Para favorecer esta integración dinámica, el plano general de cimentación (véase Figura 11) ha sido empleado como herramienta principal de trabajo, permitiendo situar las propuestas de recalce, registrar todas las decisiones técnicas y documentar las adaptaciones implementadas a lo largo del proceso constructivo.

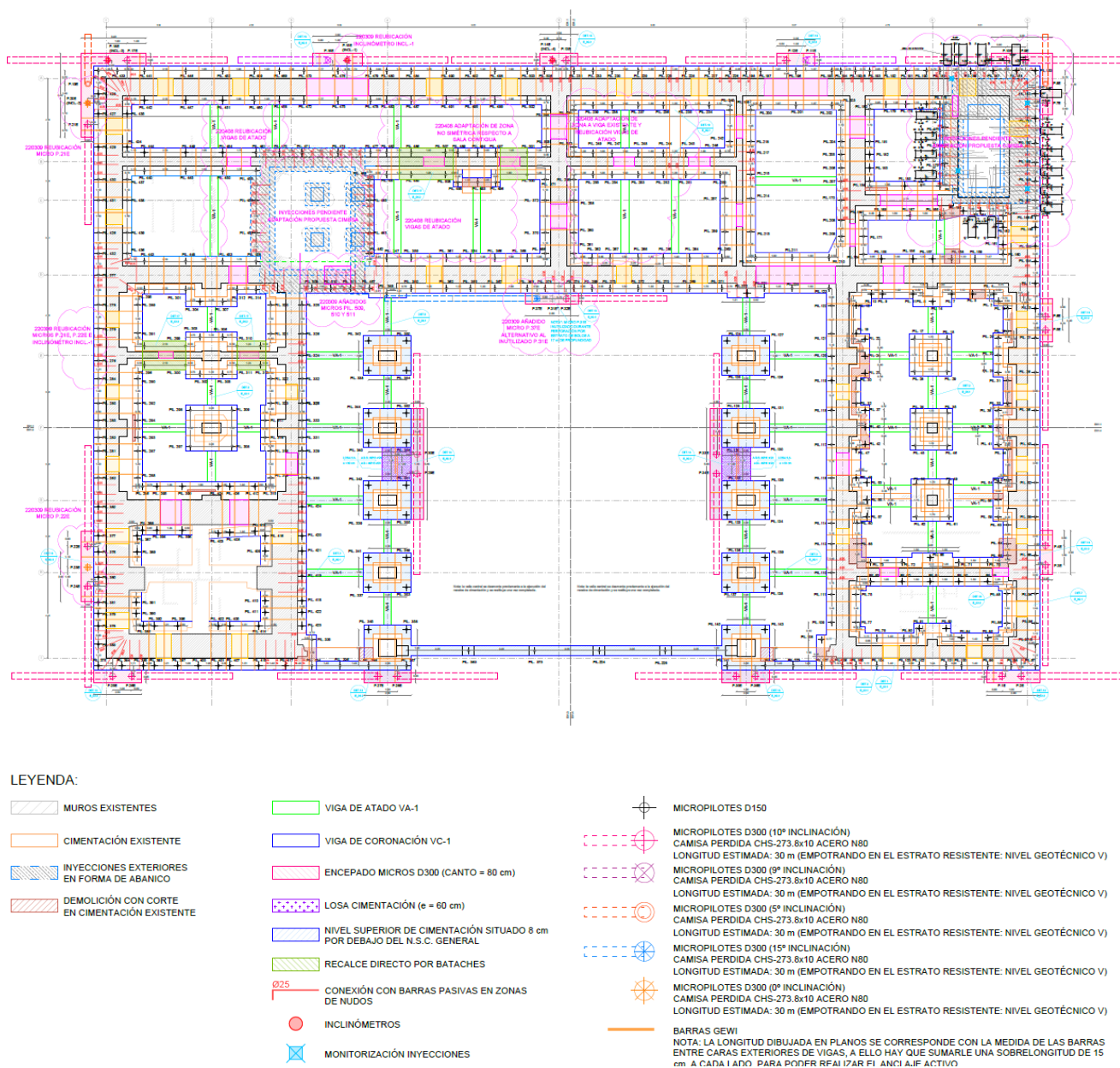


Figura 11. Plano de trabajo de las intervenciones de recalce de cimentación.

4. Ejecución de los trabajos

4.1 Proceso de obra

En febrero de 2021, ante la necesidad de actuar con urgencia debido a la intensificación de las patologías estructurales tras el temporal Filomena, se iniciaron los trabajos de obra en paralelo con el desarrollo final del proyecto de emergencia. Inicialmente, se llevó a cabo una coordinación entre la Dirección Facultativa y la empresa constructora para definir los sistemas de micropilotaje más adecuados, realizando ensayos in situ para verificar el comportamiento estructural, la tipología de maquinaria y la logística de accesos a la obra.



Figura 12. Ensayo de micropilote Ø150 tipo IRS para análisis de desplazamientos reales

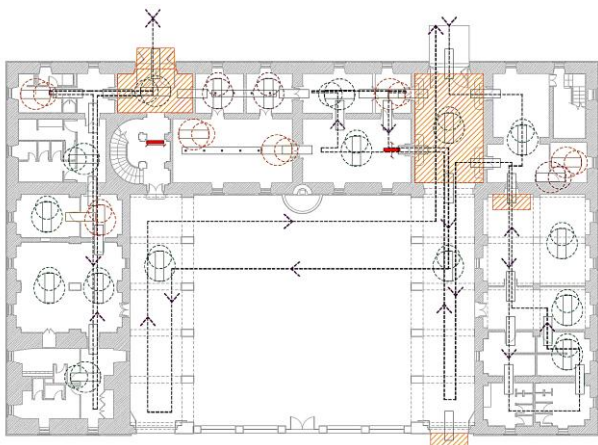


Figura 13. Circulación de máquina de micropilotes

Para garantizar la accesibilidad al edificio, se optó por utilizar una máquina de micropilotaje de baja potencia y desmontable, que permitiera adaptarse a los pasos estrechos existentes. En el siguiente de la figura 13 se muestra el estudio de pasos realizados y viabilidad de giros.

Una vez despejada la planta baja de elementos decorativos, particiones y acabados, y tras la protección de los elementos que debían permanecer en el edificio (pavimentos, frescos, entre otros), se procedió a la excavación de zanjas para albergar las vigas de cimentación y los micropilotes. Durante esta fase, se coordinaron los trabajos de pretaladro en la cimentación existente, con el objetivo de facilitar la disposición de tendones y optimizar la superficie de contacto.



Figura 14. Zanjas de cimentación alrededor de muros y arcos existentes.

Finalizadas las zanjas y excavaciones generales por zonas, se ejecutaron los micropilotes de Ø150 mm, tras lo cual se procedió al montaje de la red de vigas de cimentación y su hormigonado, incluyendo la colocación de vainas para el sistema de postesado. En las siguientes figuras se puede observar el proceso de ejecución de los recalces de las cimentaciones.



Figura 15. Ejecución de micropilotes para recalce



Figura 16. Disposición de ferralla alrededor de una cimentación existente



Figura 17. Recalce hormigonado. Se aprecian los manguitos para la inyección de la armadura activa



Figura 18. Inyección de anclajes pretensados



Figura 19. Vista del recalce finalizado

4.2 Monitorización a tiempo real

Tanto durante la fase de refuerzo y rehabilitación, como tras la finalización de los trabajos, se implementó un sistema de instrumentación y auscultación para la monitorización en tiempo real de los posibles movimientos estructurales del edificio. Eptisa fue la empresa encargada de desarrollar estos trabajos.

El sistema implementado permitió el registro estático y dinámico de datos, con una frecuencia de medición variable, ajustada en función de la evolución de la obra y el comportamiento en servicio del edificio. Estuvo compuesto por una red de sensores avanzados, entre los que se incluyen: clinómetros biaxiales, potenciómetros, distanciómetros láser, termohigrómetros, niveles digitales, extensómetros de varilla, geófonos triaxiales o piezómetro de cuerda vibrante. Para garantizar un control preciso, se establecieron umbrales de seguridad y un sistema de alarmas que alertaba ante desviaciones en los parámetros críticos de movimiento. Los datos recopilados fueron procesados y representados en gráficos para su correcta interpretación.

Desde las primeras etapas de monitorización realizadas en 2018, se pudo observar un incremento en la apertura de fisuras durante los meses de enero a lo largo de los años. No obstante, el seguimiento continuo permitió

confirmar, durante la etapa de servicio en los años 2023 y 2024, la estabilización total de los movimientos estructurales, evidenciando el éxito del recalce y la eficacia de las soluciones implementadas.

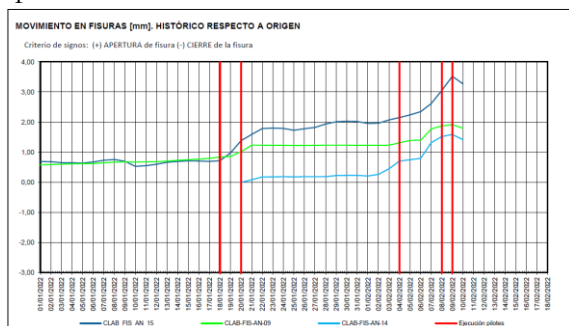


Figura 20 Ejemplo de resultados de monitorización movimiento en fisuras

5. Conclusiones

El presente trabajo expone el proceso completo de recalce estructural de la Casa del Labrador en Aranjuez, desde la fase de proyecto hasta la ejecución de obra, motivado por las patologías derivadas de la degradación de la cimentación original. Estas patologías comprometían los elementos arquitectónicos y pictóricos y podían incluso comprometer la estabilidad del inmueble.

Toda la rehabilitación y recalce del monumento se ha regido por los criterios generales de conservación del patrimonio cultural consensuados por los diferentes entes participantes en la obra. Se trata de una rehabilitación multidisciplinar, lo que implica un alto grado de colaboración entre los diferentes equipos que han participado tanto en la fase de proyecto como en la de ejecución.

Dadas las condiciones del terreno, se optó por un recalce mediante un sistema de micropilotes, conectados a través de vigas de cimentación ancladas a los muros de carga existentes. Estas vigas se ubicaron a ambos lados de la base de los muros, generando un efecto de confinamiento y transmisión de cargas a través de la fricción entre las superficies de contacto.

Se ejecutaron dos niveles diferenciados de micropilotes: Micropilotes convencionales,

apoyados sobre el primer estrato competente del terreno y micropilotes de mayor diámetro y profundidad, diseñados para el cosido de los estratos del subsuelo, con el objetivo de minimizar desplazamientos horizontales y estabilizar el conjunto estructural.

La singularidad de la actuación ha supuesto un reto significativo, dadas las condiciones iniciales del edificio y la necesidad de conservar los elementos arquitectónicos originales. Además, la aplicación de metodologías de comprobación avanzadas ha sido clave en la validación y ajuste de las soluciones estructurales, permitiendo adaptar la rehabilitación a los estándares actuales de seguridad y conservación patrimonial.

Agradecimientos

Los autores del artículo desean agradecer a Patrimonio Nacional por la documentación facilitada y, en particular, a la Dirección de Inmuebles y Medio Natural y a la Dirección Facultativa de obra, por sus comentarios técnicos y apoyo continuo durante la ejecución del proyecto.

Referencias

- [1] Javier Jordán De Urríes y de la Colina, La Real Casa del Labrador de Aranjuez, Madrid, Patrimonio Nacional, 2009
- [2] JAG 22995/1. Proyecto de reconstrucción del Real Sitio, 1943, con memoria y presupuesto. La memoria está firmada el 17 de febrero de 1944 por Diego Méndez
- [3] Ramón Andrada, "Restauraciones en la Casa del Labrador", Reales Sitios, 15 (1968), págs. 29-364
- [4] J.Rey-Rey, P.Vegas. Gonzalez y Jacinto R. Carmona. (2017). Estrategias de intervención estructural sobre edificios del patrimonio histórico industrial de Madrid: realizaciones recientes. *Hormigón y Acero*. 69, 285 (jun. 2017).