

MURO DEL MUSEO DE LAS COLECCIONES REALES (MADRID)

Cristina MARTÍNEZ NÚÑEZ

Ingeniero de Caminos

FCC CONSTRUCCIÓN S.A.

Técnico Estructuras Madrid Edif. III

cmartinezn@fcc.es

Jesús Javier MATEOS HERNÁNDEZ-BRIZ

Ingeniero de Caminos

FCC CONSTRUCCIÓN S.A.

Director de Servicio de Asistencia Técnica a Obra

jmateosh@fcc.es

Resumen

Para la construcción del futuro Museo de Colecciones Reales de Madrid, ubicado entre la Catedral de la Almudena, el Palacio Real, el Campo del Moro y la Cuesta de la Vega, se precisa la realización de un muro de contención de hasta 35 metros de altura, que permita excavar la parcela hasta su cota inferior.

El muro sustentará en el futuro la Catedral y el Palacio Real. Se soluciona mediante una pantalla de pilotes de hormigón armado de diámetro máximo 1.50m, longitud máxima 45m y hasta 7 niveles de anclajes provisionales al terreno, cuya carga alcanza los 1800 kN en servicio.

Palabras Clave: Museo de Colecciones Reales, pantalla de pilotes, anclajes al terreno.

1. Introducción

El Museo de Colecciones Reales es un nuevo espacio museístico que Patrimonio Nacional va a construir a la espalda de la Catedral de la Almudena, con vistas al Campo del Moro. Los autores del proyecto son los arquitectos Emilio Tuñón y Luis Moreno Mansilla. Una de las particularidades que tiene su emplazamiento es la presencia de la muralla árabe de Madrid (parcialmente soterrada en inicio), de casi cuarenta metros de longitud, que será integrada en el futuro museo, conservada íntegramente y debidamente consolidada. En el museo se expondrán, de forma permanente, carruajes, tapices, pintura, platerías y cristalerías pertenecientes a la Corona.

Para realizar el futuro edificio del Museo, es necesario habilitar los 10700 m² de parcela, de cota muy desigual, realizando un muro que permita excavar los más de 35m de tierras de desnivel, y absorba los empujes horizontales transmitidos por la Catedral de la Almudena, la Real Armería perteneciente al Palacio Real, y la vía pública de la Cuesta de la Vega.

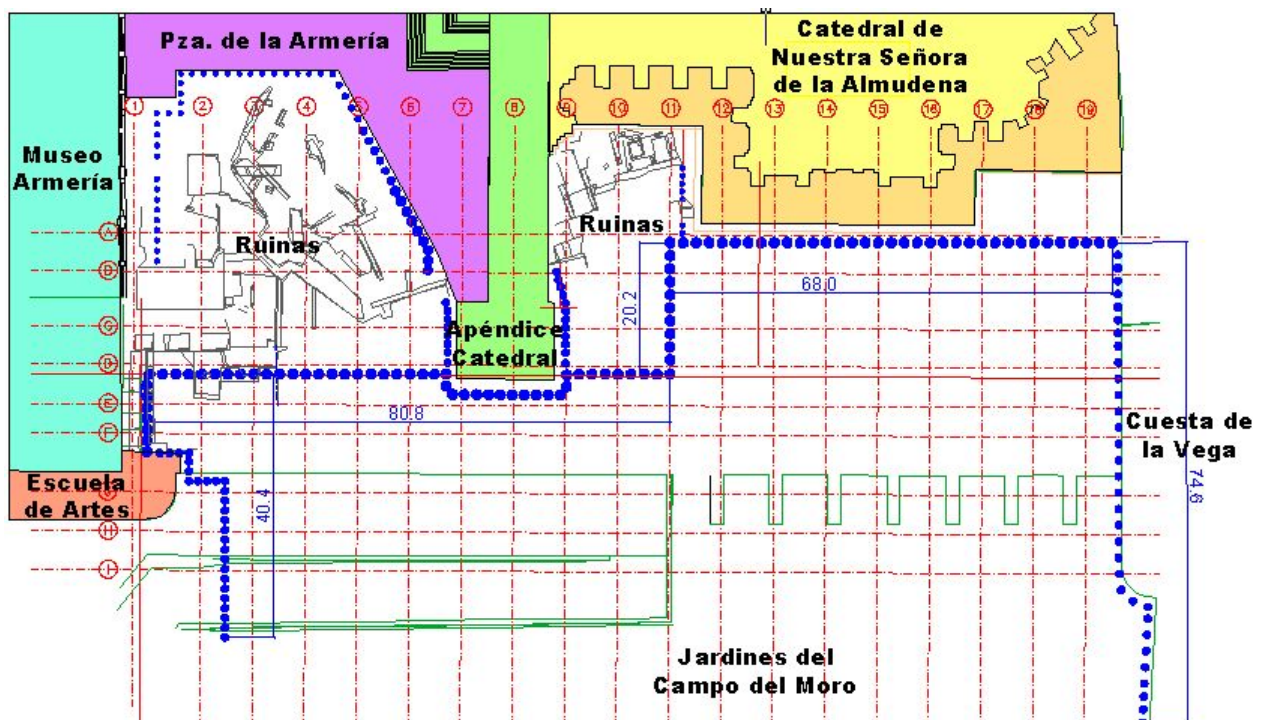




Fig. 1 Estado previo



Fig.2 Estado de las obras en febrero de 2007



Fig. 3 Estado de las obras en febrero de 2008



Fig. 4 Estado de las obras en mayo de 2008



Fig. 5 Estado de las obras en agosto de 2008

2. Descripción de la obra

2.1 Datos geotécnicos

Existen informes geotécnicos de los años 2000 y 2004, que ponen de manifiesto la presencia de un estrato de gran potencia de rellenos antrópicos (entre 15 y 25 m de espesor) sobre el tosco arcillo-arenoso del terciario típico de esa zona de Madrid. Adicionalmente, para contrastar esa información y determinar la composición del terreno con mayor precisión, así como describir las cimentaciones de los edificios aledaños, se ha desarrollado una exhaustiva campaña geotécnica (sondeos, geofísica – sísmica pasiva y georadar – , sísmica paralela, etc.).

Como conclusión de todas estas investigaciones, y debido sobre todo a la gran heterogeneidad del terreno y a la presencia de numerosas cuevas y galerías, se adopta como solución idónea la pantalla de pilotes de hormigón armado, secantes con pilotes de mortero para evitar derrumbes y filtraciones de agua del trasdós al intradós.

2.2 Pantalla de pilotes anclada

Se ejecuta un total de 300 metros lineales de pantalla de pilotes, de diámetro máximo 1.50 m, y longitud máxima 45 m, de los cuales 30 quedan aéreos y el resto conforman el empotramiento de la pantalla.

Los métodos de perforación empleados han sido diversos, en función de las características del terreno en cada caso: pilotes entubados con camisa recuperable para zona de rellenos, hélice estándar para terrenos blandos y widia o carutieri para estratos duros.

A medida que se va excavando la zona, se van ejecutando los anclajes provisionales al terreno, con un total de hasta seis niveles. Éstos tuvieron que ser ensayados previamente por la gran carga que debían movilizar: 1800 kN en servicio, y se ensayaron al 140%, alcanzando los 2500 kN. Los anclajes tienen longitudes totales de 43 metros, 18 de bulbo y 25 de longitud libre.



Fig. 6 Ejecución de anclajes al terreno

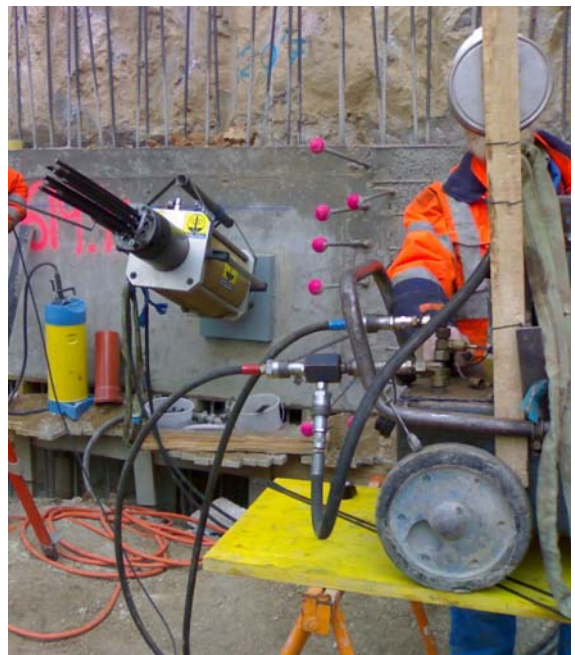


Fig. 7 Tesado de anclajes



Fig. 8 Detalle de pantalla de pilotes en zona de anclajes al terreno

2.3 Elementos de rigidización

En algunas secciones de pantalla no resulta posible la ejecución de anclajes al terreno ya que, si la pantalla describe una esquina convexa, los elementos de un lado y los del otro podrían interferir y provocar una avería.

En estos casos, la esquina de la pantalla se acodala mediante losas de hormigón armado de 70-80cm de espesor, dotadas de vigas de borde de 1.40m. de canto. Las losas se conectan a los pilotes mediante armaduras horizontales resinadas.



Fig. 9 Losas de acodamiento

Adicionalmente, para dotar al conjunto de mayor rigidez una vez finalizada la excavación, se adosa a la pantalla de pilotes un muro de hormigón armado conectado a la misma con ferralla, y se hormigonan simultáneamente unos contrafuertes rectangulares que incrementen la inercia de la pantalla en situación definitiva, cuando ésta pase a apoyarse en los forjados del futuro Museo, y se destesen los anclajes provisionales.



Fig. 10 Ferrallado de muro forro y contrafuertes

3. Hallazgos arqueológicos

Antes del comienzo de las obras ya se conocía la elevada probabilidad de encontrar antiguas construcciones durante la excavación. Ya entre 1999 y 2000 se había puesto al descubierto un tramo de la muralla islámica bajo la Plaza de la Armería, y todo apuntaba a que ésta discurría bajo la explanada del Palacio Real y las edificaciones de la Catedral. De hecho, una de las condiciones del concurso de adjudicación fue que los restos se integraran en el futuro museo.

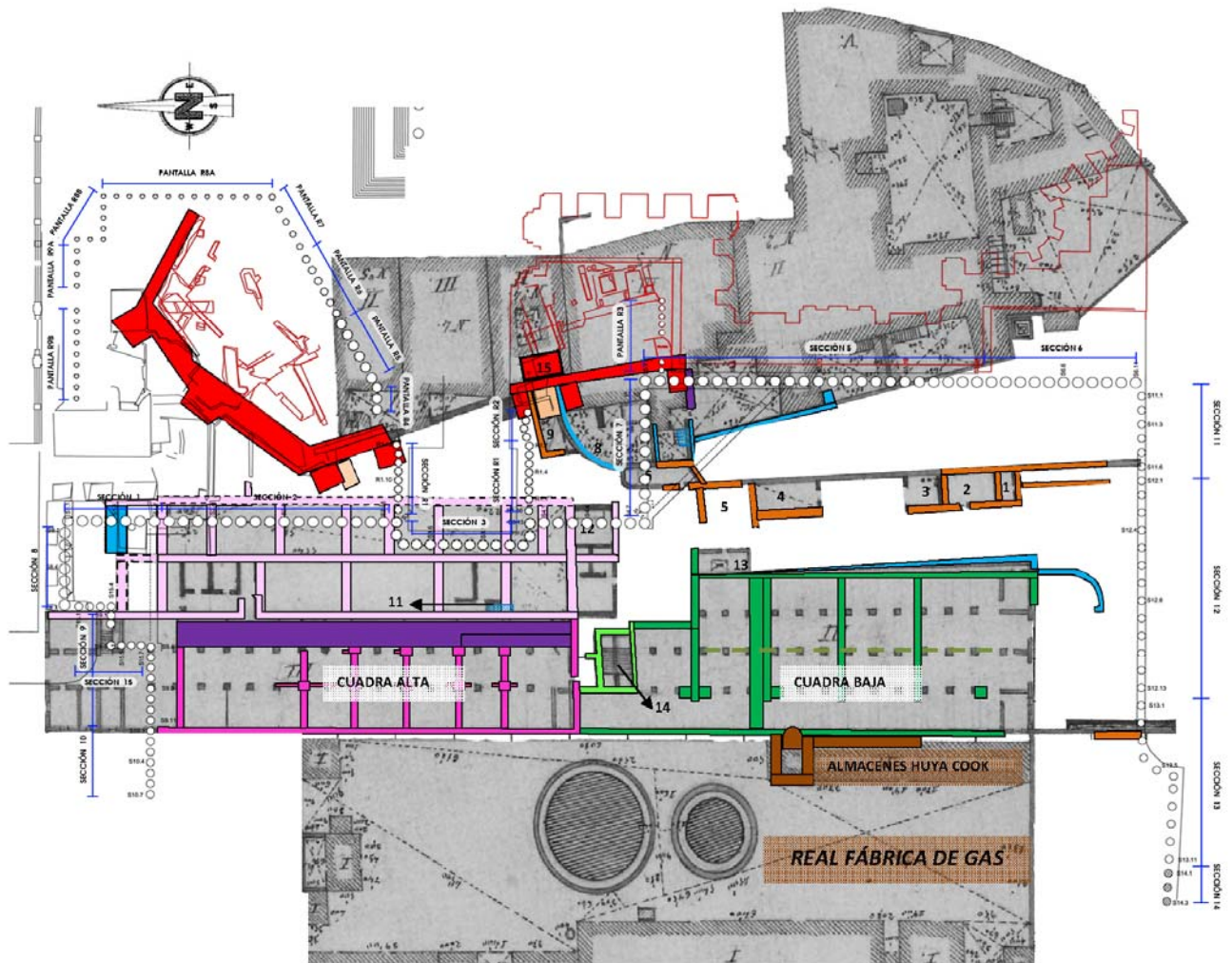


Fig.11 Ruinas arqueológicas junto a la Plaza de la Armería

La muralla data del siglo IX, y fue declarada Monumento Histórico-Artístico en 1954.

Los hallazgos arqueológicos han ido mucho más allá, y ello ha motivado sin duda que el ritmo de las obras se ralentizara considerablemente, intentando compatibilizar arqueología y construcción para preservar el Patrimonio artístico. Entre los 30 metros de excavación realizada en la parcela del futuro museo se han encontrado obuses de la Guerra Civil Española sin explotar, restos humanos correspondientes a enterramientos (posiblemente de la Edad Media) y numerosos objetos de uso cotidiano del Madrid medieval.

Uno de los últimos hallazgos, muy importante por ser único en su especie en el casco madrileño, ha sido una barriada medieval correspondiente a la Fundación de Madrid.



■	MURALLA Y TORRES
■	CUARTEL NUEVO
■	CUARTEL VIEJO
■	PABELLÓN DE OFICIALES
■	DEPENDENCIAS RELACIONADAS CON LOS CUARTELES
■	TAPIAS - MUROS DE CONTENCIÓN - ESCALERAS
■	MURO DE ARCOS OJIVALES APOYO DEL PERIMETRAL
■	TORRES PARA AGUA

ESTANCIAS Y ELEMENTOS ESTRUCTURALES

1. SARGENTO DE GUARDIA
2. CUERPO DE GUARDIA DE TROPA
3. COBERTIZO PARA LOS CARROS
4. ESTERCOLERO
5. HERRADERO
6. CUADRA DE ENFERMERÍA
7. TAPIA DE LA CASA DE PAJES (LOCALIZACIÓN DE ALBAÑALES)
8. ALBARDILLA
9. EXCUSADO
10. ABREVADERO
11. SUBIDA A LAS BOARDILLAS
12. COCINA
13. BOTIQUIN
14. SALIDA A LA CUADRA ALTA
15. PORTILLO

Fig.12 Planta de yacimientos arqueológicos.

Otro de los descubrimientos importantes por su entidad y estado de conservación, es la Real Fábrica de Gas sita donde se alojará el futuro museo. Fechada su construcción en 1832 durante el reinado de Fernando VII, es el primer edificio en Madrid de este tipo, y fue ampliada y reformada en 1890.



Fig.13 Estructura de la antigua Real Fábrica de Gas.

Completan los hallazgos el antiguo pabellón de oficiales y los cuarteles que guardaban antaño la seguridad del Palacio Real. De hecho, las crujiás de estos edificios plasma de forma casi asombrosa la nueva planta de pilares del futuro edificio, como si la concepción de Emilio Tuñón y Luis M. Mansilla hubiera estado soterrada durante todos estos siglos.

Las dos zonas de ruinas a las que se tendrá acceso desde el museo (una en la Plaza de la Armería y la otra en la zona posterior de la catedral) son cubiertas por sendas losas de hormigón pretensado y prefabricado, cuya cimentación se realiza mediante micropilotes de distribución muy irregular, de tal modo que no dañe los restos.



Fig.14 Ruinas arqueológicas junto a la Catedral de la Almudena.

4. Instrumentación

La principal actividad a desarrollar en esta obra, esto es, la ejecución de la pantalla de pilotes, comporta una gran complejidad de ejecución por diversos motivos: elementos estructurales de gran entidad, cargas en anclajes muy elevadas, supuesta presencia de una gran potencia de rellenos, presencia de agua durante la excavación, especial relevancia de los edificios adyacentes, etc.

Los movimientos permitidos en pantalla de pilotes son muy limitados (12mm en horizontal para 35m de excavación), y es necesario conocerlos con exactitud. Por este motivo, no se ha escatimado en instrumentación de auscultación y medición de movimientos, así como toma de otros datos adicionales.

Se han dispuesto, por un lado, inclinómetros en pilotes para controlar su verticalidad. Las medidas se toman con frecuencia (varias veces por semana) y la instrumentación empleada presenta una resolución de 0.10mm y precisión de 2.5mm por cada 25m de longitud de medida.

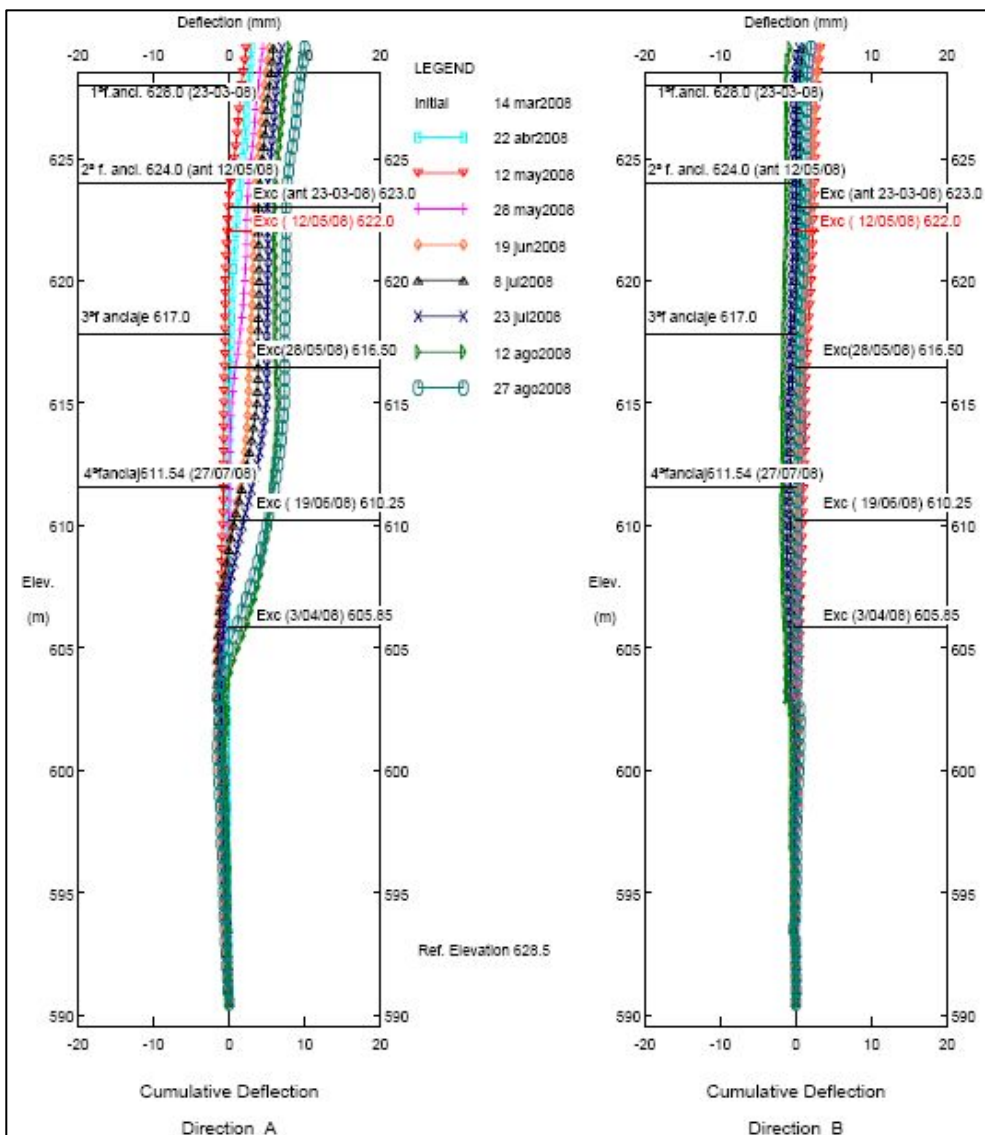


Fig.15 Lecturas inclinométricas

Por otro lado, se dispone un amplio despliegue topográfico para determinar desplazamientos en elementos tanto de nueva creación (pantalla de pilotes, viga de coronación), como existentes con anterioridad (edificios colindantes). Con los instrumentos dispuestos se consiguen tolerancias de ± 2.5 mm.

También se ha realizado un levantamiento notarial que refleja el estado de las edificaciones antes del comienzo de las obras, y se realiza periódicamente control de fisuras existentes por extensometría así como mediante lectura de

regletas fisuométricas. Todo ello pretende analizar la evolución de patologías previas al inicio de las obras durante los trabajos de excavación.



Fig. 16 Extremo superior de inclinómetro en pilote



Fig. 17 Miniprismas en edificios adyacentes

Como complemento, existen células de carga en algunos pilotes para controlar el estado de los mismos, y se realizan ensayos Cross-hole para determinar posibles irregularidades en el hormigonado.

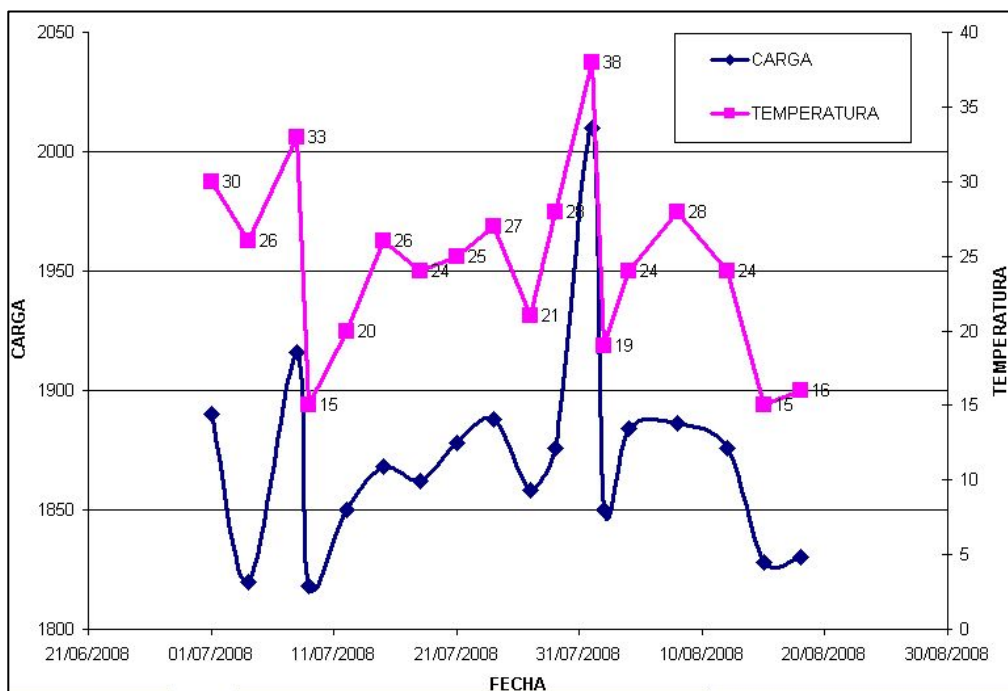


Fig. 18 Datos de célula de carga en anclaje. Se superan los 2000 kN en días de altas temperaturas.



Los principales instrumentos de medida con los siguientes:

- 17 inclinómetros en pilotes
- 9 miniprismas en pilotes
- 16 miniprismas en fachada
- 17 miniprismas en viga de coronación
- 10 células de carga
- 21 elementos de nivelación

Fig.19 Trípode de equipo de poligonación para trabajos de topografía

5. Mediciones principales

Unidad	Medición
m ³ de excavación	228 465
kg de acero de armar B-500-S	2 296 710
kg de acero de pretensar	31 200
Ud anclajes al terreno	483
m.l. perforación en pilotes	7 863
m3 de hormigón armado HA-30	10 093
m3 de hormigón pretensado HP-40	690