

Jornada Técnica en Barcelona del Colegio de Geólogos de Cataluña

Cimentaciones especiales: nuevos avances, ejecución y control

El pasado 26 de octubre, el Colegio de Geólogos en Cataluña (*Colgeocat*) organizó una jornada técnica que, bajo el título de *Cimentaciones especiales*, estaba dirigida a contratistas, administraciones y laboratorios de control de calidad, y a ella asistieron más 100 técnicos. Impartida por profesionales de las cimentaciones especiales, la jornada ha profundizado en las principales técnicas (micropilotes, anclajes, pilotes y pantallas), así como otras como el *soil mixing*, o *jet grouting*.

Colgeocat organizó el pasado martes 26 de octubre, en el Palacio de Congresos de Fira Barcelona, la jornada técnica **Cimentaciones Especiales: Nuevos Avances, Ejecución y Control**.

Con la co-organización de *Dekon, Técnicas de Cimentación, S.L.*, y la inauguración de *Carme Deulofeu*, directora general d'Obra Civil de GISA, la jornada contó con las ponencias de profesionales de las cimentaciones especiales: *Carlos Arenas López (Ischebeck Ibérica, S.L.)*; *Roberto Espertini (Hermagar, S.A.)*; *David Núñez Becerra (Dekon, Técnicas de Cimentación, S.L.)*; *Carlos Fernández Tadeo (CFT & Asoc., S.L.)*; *Javier Ripoll Garcia (Ripoll Consulting de Ingeniería, S.L.)*; y algunos de ellos de empresas internacionales como el *Dr. Melvin England (Fugro Loadtest, Ltd.)*, *Gianfranco Di Cicco (Casagrande Spa)* y el *Sr. Francesco Ambrosini (Vipp Lavori Spa)*.

También contó con el patrocinio de: *Ischebeck Ibérica, S.L.*, *Hermagar, S.A.*, *Tau Icesa*, *Ripoll Consulting de Ingeniería, S.L.*, *2PE Pilotes, S.L.*; y con la colaboración de *Mecanización y Minería, S.A.*, *Zigurat* y *Vipp Lavori Spa*.

La jornada, entre otros temas, profundizó en las principales técnicas (micropilotes, pilotes, pantallas) y en otras menos conocidas como el *soil-mixing*, se presentaron las teorías sobre transferencia de carga al terreno en anclajes, micropilotes y pilotes, se explicaron las diferentes técnicas de perforación y sistemas de inyección, se analizaron los problemas durante la ejecución de los pilotes, sus causas y soluciones, así como los avances tecnológicos y la aplicación de nanotecnología.

Dirigida a contratistas, administraciones, direcciones de obra y laboratorios de control de calidad, se contó con la asistencia de más de 100 personas, las cuales pudieron participar activamente en el turno de preguntas de la mesa redonda que por la tarde clausuró la jornada.

Desarrollo de la jornada

Tras la inauguración de la jornada por la directora general de Obra Civil de GISA, *Carme Delofeu*; *David Núñez* fue el encargado de presentar a los ponentes y exponer un breve bosquejo de sus respectivas ponencias.

Palabras clave: ANCLAJE, CARGA, CIMENTACIÓN, ENSAYO, INTEGRIDAD, INYECCIÓN, LECHADA, MICROPILOTE, PANTALLA, PERFORACIÓN, PILOTE, SOIL MIXING.



**Francisco ESQUITINO, Geólogo
Dtor. de INGEOPRES**

• **Sistemas de perforación. Normativa vigente. Campos de pruebas en micropilotes.**

Carlos Arenas López, geólogo y jefe de *Sistemas de Anclajes y Micropilotes Titan*, de *Ischebeck Ibérica, S.L.*, fue el primer ponente de la sesión y en su introducción se refirió a los nuevos retos en el campo de la cimentación mediante nuevas tecnologías, describiendo los micropilotes, los diferentes sistemas de perforación y sus útiles, la colocación de armaduras y la inyección; refiriéndose a continuación a los diferentes tipos de inyección (*IGU/IRS/ICS*). A continuación expuso la gama de micropilotes, anclajes y bulones autoperforantes *Ischebeck Titan*, así como su aplicación.

En cuanto a la normativa se refirió a la Norma *UNE-EN 14199*, relativa a la ejecución de trabajos geotécnicos, y, en particular, a los elementos y materiales que conforman los micropilotes.

Cerró su exposición refiriéndose a los campos de pruebas, con numerosos ensayos de carga realizados en Francia y Bélgica con distintos micropilotes del mercado.



Carme Delafeu, directora general d'Obra Civil de GISA, fue la encargada de inaugurar la jornada de ColGeocat.



La Jornada técnica sobre cimentaciones especiales contó con la presencia de más de 100 técnicos interesados en este campo.



Carlos Arenas mostró en su exposición las etapas de la inyección continua-simultánea (ICS) con micropilotes Titan.

Un resumen de esta ponencia se presenta como artículo en esta revista.

• **Tipos de armadura en tubería de micropilotes, normas a cumplir. Sistemas y tipos de inyección**

Roberto Espertini, ingeniero de obras públicas de la empresa *Hermagar*, describió en su ponencia los distintos tipos de acero utilizados en España para la cimentación, así como la normativa y ensayos que deben de cumplir.

En lo referente a la normativa, indicó que no hay una norma de obligado cumplimiento, sino recomendaciones del Ministerio de Fomento para los aceros utilizados en sus obras. Estos son los que vienen marcados con la letra **S** (construcción) seguida de los números correspondientes al límite elástico de la tubería. Otros aceros también utilizados con mayor frecuencia son los del tipo **TM-80** (límite elástico 552 Mpa), los aceros desclasificados y aceros reutilizados del sector de petróleo.

Para demostrar la idoneidad de los aceros empleados indicó una serie de ensayos a realizar en estas tuberías como el ensayo a tracción, de flexión o de resiliencia, especificando las características de cada uno de ellos.



Roberto Espertini, de *Hermagar*, trató en su ponencia sobre los tipos de acero utilizados en nuestro país en cimentación.

• **Problemas durante la ejecución de pilotes perforados y barrenados**

David Núñez Becerra, geólogo y director técnico de *Dekon, S.L.*, tipificó y analizó en su ponencia los problemas durante la ejecución de pilotes, sus causas y soluciones. Para ello, presentó una sistematización de los defectos que se pueden producir durante las fases de ejecución de pilotes perforados, abarcando los tipos que se denominan, siguiendo los criterios de las *Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE, Ministerio de Fomento, 1.998)*: CPI-4 (pilote con entubación recuperable), CPI-5 (con entubación perdida), CPI-6 (con fluido de estabilización), CPI-7 (en seco) y CPI-8 (hormigonado a través de la barrena central).

El principal objetivo, es obtener un mayor entendimiento de los problemas que son habituales en este sector de las cimentaciones especiales. Abordando las causas y sus posibles soluciones, presentando criterios para evitar retrasos y posibles penalizaciones económicas en el transcurso de las obras.

Hay que resaltar, que como en tantos otros aspectos, se requiere de una visión global de todos los factores implicados (conocimiento profundo de la geología y comportamiento geotécnico del sustrato presente, potencia y características de la maquinaria utilizada, experiencia y habilidad del equipo que ejecuta, calidad del hormigón, bentonita, etc.), siendo la suma de todos los componentes en conjunto, más la experiencia del que interpreta todos los condicionantes, la base del éxito ante eventuales problemas de interpretación de defectos.

Un resumen de la segunda parte de la ponencia *-Inyección en punta de pilote-* se presenta como artículo en la presente revista.

• **Ensayos de integridad estructural de pilotes y pantallas**

Carlos Fernández Tadeo, ingeniero de caminos y director de *CFT&Asoc.*, respecto a los ensayos describió las pruebas estáticas dinámicas y semidinámicas en pilotes, así como los ensayos de integridad de pilotes, indicando que son dos los sistemas utilizados en nuestro país para comprobar la integridad estructural de pilotes mediante ensayos no destructivos:

- a) El *método sónico* mediante martillo de mano que genera una onda sónica que baja por el fuste del pilote, rebota en la punta y es captada por un acelerómetro. También se le conoce como *ensayo de impedancia mecánica* o *sonic echo*.
- b) El método de *cross-hole* ultrasónico, que consiste en hacer descender un emisor y un receptor de ultrasonidos por dos conductos huecos paralelos en el interior del fuste del pilote, registrándose el tiempo que tarda la onda en recorrer la distancia entre ambos.



Carlos Fernández Tadeo en un momento de su exposición.

El incremento de la demanda de estos ensayos en nuestro país ha provocado que estos salgan del ámbito de unos pocos especialistas para entrar de lleno en el abanico de servicios de los laboratorios generalistas de ensayos de materiales de construcción. Sin embargo, con frecuencia no se obtienen los niveles de calidad esperados en la realización de los ensayos, debido a que no siempre los equipos comprados tienen la tecnología óptima y a que las personas que los utilizan e interpretan no disponen muchas veces de la suficiente experiencia y preparación.

El resumen de esta ponencia se presenta también como artículo en esta revista.

• **Mecanismos de transferencia de cargas al terreno. Tipos de pruebas de carga y resultados**

Javier Ripoll, ingeniero de caminos y director de *Ripoll Consulting de Ingeniería, S.L.*, en su exposición trató sobre el modo en que tres tipos de cimentaciones profundas (anclajes al terreno, micropilotes y pilotes) transfieren su carga al terreno, discutiendo la forma de determinar los parámetros del terreno (τ_k y q_k) que caracterizan la transferencia y describió distintas opciones de pruebas de carga real que permiten comprobar cómo se materializa la misma. Finalmente, propuso un procedimiento de control que podría incrementar notablemente el grado de confianza y seguridad en este tipo de cimentaciones.

Como conclusión, consideró que la futura Normativa debería incluir la obligatoriedad de realizar tipos de ensayos o pruebas en todos los proyectos que contengan elementos de cimentación en profundidad:

- a) Ensayos para determinar los parámetros reales que afectan a la transferencia de cargas (τ_k y q_k) y que deberían incluirse en el estudio geotécnico exigido al proyecto.
- b) Pruebas de idoneidad, con carga real e instrumentadas en profundidad, sobre los elementos de cimentación profunda definidos en el proyecto, seguidas de



Javier Ripoll presentó las teorías de transferencia de carga al terreno.

pruebas de carga simplificadas. La comparación de resultados permitiría calibrar las pruebas de carga simplificadas.

- c) Pruebas de carga simplificadas sobre todos los elementos de cimentación profunda del proyecto.

• Introducción a la técnica del *jet-grouting*, desarrollo tecnológico.

Caso real en el palacio de Versalles

Francesco Ambrosini, ingeniero civil y director técnico de *Vipp Lavori, Spa*, en su exposición indicó que el sistema de *jet grouting* para el tratamiento de suelo es una técnica relativamente reciente y sujeta a la continua evolución de la tecnología y sus aplicaciones. Dada su flexibilidad ejecutiva se presta a distintas modificaciones y variantes tecnológicas.

Los tradicionales sistemas de consolidación o impermeabilización de los terrenos para inyecciones convencionales, que emplean mezclas muy penetrantes como los silicatos de sodio con reactivos endurecedores, que pueden ser tóxicos, o a base de resinas contaminantes, o las técnicas de *claquage* y compactación, que son de aplicación incierta y de difícil control, presentan muchas faltas que resuelve el *jet grouting*.

En cambio, los sistemas *jet grouting* mezclando el terreno directamente *in situ* con cemento, permiten tratar estas formaciones de manera homogénea, continua y no contaminante. La tecnología consiste en un hormigo-



Francesco Ambrosini habló sobre la técnica de *jet-grouting* y su aplicación.



Gianfranco Di Cicco, de Casagrande, habló de hidrofresas y de *soil-mixing*.

nado horizontal a alta velocidad de lechada de cemento imbuida de rotación y con un alojamiento a la vez de abajo a arriba, a fin de realizar una columna cilíndrica de terreno tratado y consolidado.

Explicó los cuatro sistemas: *V1 (Monojet)*, con lechada de cemento); *V2 (Bijet)*, con lechada de cemento y aire); *V3 (Trijet)*, con agua, aire y lechada de cemento); y *V4 (tecnología Vipp)*, para diámetros desde 400 a 3.500 mm.

Indicó sus aplicaciones, y así se refirió a la metodología *V4* en su aplicación en Mercabarna y que permite tratar volúmenes importantes de suelo típico sin provocar desgastes en obras o edificios cercanos.

Finalizó exponiendo diversos proyectos llevados a cabo por *Vipp* tanto en Italia como en Francia, centrándose en un proyecto de ejecución y consolidación de una galería subterránea para servicios en el palacio de Versalles, en París.

• Nuevas tecnologías en la ejecución de pantallas con hidrofresa y adaptación a la técnica de *soil-mixing*

Gianfranco Di Cicco, ingeniero civil de *Casagrande Spa*, se refirió en su exposición a las últimas novedades incorporadas recientemente al grupo *Casagrande*—especialista en equipos y herramientas para cimentaciones especiales y distribuido en España por *Mecanización y Minería, S.A.*—, como son: el concepto, tecnología y equipos para la ejecución de pantallas mediante hidrofresa, y su adaptación al sistema *TEC* o técnica de *Soil Mixing* (mezcla de suelos).

En la actualidad los modernos equipos de hidrofresa, ejecutan las pantallas en varias fases: construcción de muro guía, excavación de la zanja, desarenado, colocación de los elementos de refuerzo, y, por último, colocación del hormigón mediante *tremie*. La *hidrofresa* está constituida por un bastidor pesado de acero con dos accionamientos en su parte inferior que rotan en direcciones opuestas alrededor de ejes horizontales. De esta forma el suelo o roca es *fresado* por las ruedas de corte en la parte inferior de la zanja, moviéndose



Melvin England trató sobre el uso de la célula Osterberg para ensayos de carga.

se continuamente, mezcla el material excavado con lodo y lo dirige a la apertura de la caja de succión. De aquí a través de un conducto pasa a la planta de tratamiento de lodos. Durante la excavación la verticalidad es controlada a fin de evitar desviaciones.

Por su parte, el sistema *TEC* para mezcla de suelos es una adaptación de la hidrofresa, en la que las picas de las ruedas de corte se han sustituido por paletas insertadas en la rueda y que, distribuidas convenientemente, permiten mezclar el propio terreno excavado con la lechada de cemento para la construcción de la pantalla. Las cucharas de hidrofresa (*CT*) de *Casagrande* pueden ser reconvertidas en cucharas para *soil mixing (CSM)*.

• Uso y aplicación de la célula Osterberg

Melvin England, físico y Dr. en Mecánica del Suelo, de *Fugro Loasted Ltd*, se refirió en su exposición al uso de la célula Osterberg para pruebas de carga en pilotes. *Loadtest* está especializada en ensayos de carga de cimentaciones automatizadas y utilizando la Célula de Osterberg bidireccional desarrollada por el Dr. Jorj O. Osterberg. Dicha célula se puede usar para aislar los elementos de resistencia críticos de una cimentación, o para comprobar la resistencia entre múltiples niveles dentro del mismo pilote de cimentación. Los servicios de la célula de Osterberg incluyen equipo de ensayo de carga y ayuda con la instalación y la planificación así como también con la planificación, apoyo con la especificación, ensayo de carga y servicios analíticos. Los servicios de ensayo de cimentaciones incluyen también ensayos de cargas laterales, ensayos y caliperíng sónicos.

Cada Célula de Osterberg es especialmente instrumentada para proporcionar directamente medida de la expansión que, cuando es combinado con la compresión, resulta que el movimiento hacia abajo determinado por la resistencia de punta y la resistencia de fuste, y el movimiento hacia arriba, son conocidos. Estas células *O-cell* se disponen en capacidades de 0.7 MN a 27 MN.