

A Coruña, 22 de abril de 2009

Jornada sobre Cimentaciones Singulares de Puentes



Mesa que presidió el acto inaugural. De izquierda a derecha, Sres. Navareño, González del Río, Nardiz, Elvira, Alberola y Oteo.

Carlos Oteo Mazo y
Álvaro Navareño Rojo.

Inauguración de la jornada

El pasado 22 de abril y en la ciudad de A Coruña tuvo lugar esta jornada, organizada por los Comités Técnicos de Geotecnia Vial y de Puentes de la Asociación Técnica de Carreteras, promovida por el Ministerio de Fomento, con la colaboración de la *Universidade da Coruña* y el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

El acto de inauguración fue presidido por **D. Carlos Nardiz**, Decano del Colegio de Ingenieros de C. C. y P. en Galicia, acompañado por **D. José Luis Elvira**, Director Técnico de la Dirección General de Carreteras del

Ministerio de Fomento; **D. Roberto Alberola**, Presidente de la ATC; **D. Ángel González del Río**, Jefe de la Demarcación de Carreteras del Estado en Galicia; **D. Carlos Oteo Mazo**,

Catedrático de la Universidade da Coruña y Presidente del Comité de Geotecnia Vial de la ATC; y **D. Álvaro Navareño Rojo**, del Ministerio de Fomento y Presidente del Comité de



D. Carlos Oteo Mazo.



Las interesantes exposiciones atrajeron la atención de los asistentes. En primer plano, D. Pedro Gómez y D. Roberto Alberola.

peciales, tanto del terreno –que trató someramente–, como de la estructura de cimiento –con más profusión–, mediante las inspecciones visuales de distinta intensidad: desde las de nivel básico, que realizan el personal encargado de la conservación integral, pasando por las principales, a cargo de empresas especializadas en este tipo de inspecciones. Estas también hacen lo propio con las zonas de interacción con los cauces, realizan inspecciones especiales (caracterización completa del cimiento) e inspecciones subacuáticas, realizadas con equipos de buzos, para la determinación del estado del cimiento y del sustrato de fondo, y detectar problemas como el de la socavación.

Puentes de la citada Asociación.

Sesión de mañana

La interesante jornada empezó con la conferencia de **D. Carlos Oteo**, de la *Universidade da Coruña*, sobre **“Los problemas geotécnicos singulares en cimentaciones de puentes”**, los cuales pueden aparecer tanto en la cimentación (bien sea en la parte estructural o en el terreno del cimiento) como en el terreno en sí, profundizando en el reconocimiento de este último. Por un lado, en la geología superficial, y, finalmente, en la geotecnia de profundidad, donde se especificaron los distintos tipos de ensayos más comunes, así como en la testificación especial. En esta ponencia se prestó atención a varios temas, como el de estribos de puente sobre suelos blandos, cimentaciones profundas en rocas alteradas (aportando criterios para definir la resistencia de punta y de fuste, en función del grado de atención del macizo rocoso) y otros aspectos constructivos.

La segunda ponencia **“Reconocimientos especiales del estado de las cimentaciones en puentes”** estuvo a cargo de **D. Álvaro Navareño**, de la *D. G. Carreteras del Ministerio de Fomento*, en la que detalló la problemática de los reconocimientos es-



D. Álvaro Navareño Rojo.



D. Ángel Martínez Cela.

A continuación, **D. Ángel Martínez Cela**, de la *D. G. de Carreteras del Ministerio de Fomento*, intervino con el tema **“Cimentaciones especiales en puentes en la Autopista del Cantábrico”**. En ella habló de los problemas geotécnicos singulares detectados en la ejecución del viaducto de Monfadal, en el tramo Mondoñedo–Lindín, y que habían condicionado la solución proyectada para el viaducto, intentando evitar en lo posible los rellenos coluviales detectados. Se propusieron distintas alternativas de viaducto, para intentar minimizar la afección del coluvial a la cimentación. Finalmente, la alternativa elegida presentaba irremediable-



D. Alejandro Casado.

mente una pila en este terreno, por lo que se planteó una pantalla en U, de 15 x 20 m, con pilotes de 0,80 y 1,00 de diámetro, arriostrada interiormente con perfilera metálica, y con una profundidad de unos 20 m.

Comunicaciones libres

A continuación, se presentaron las comunicaciones libres, la primera **"Casuística de reconocimientos de los materiales y de los análisis sobre las condiciones de cimentación desarrollados dentro de los trabajos para la realización de inspecciones especiales en obras de paso de carretera. Exposición de casos concretos"**, a cargo de **D. Alejandro Casado**, de la empresa *Intemac*, que trató sobre la inspección especial de cimentaciones y de las causas más comunes de intervención en ellas, así como del reconocimiento mediante sondeos de los materiales constitutivos de la cimentación. La exposición diferenció entre casos con fenómenos de descabijado de los elementos de cimentación provocados por la erosión (puentes sobre el río Cañoles, y sobre el río Llastres), con indicios de un comportamiento inadecuado de la cimentación (Pontón sobre el río Gaia, pasos sobre camino y ferrocarril en la A-7 en Murcia), en los que se pretende averiguar la tipología y/o naturaleza de las ci-

mentaciones o materiales que constituyen la obra de paso (puente sobre el río Gállego, en Zuera; y viaducto sobre la rambla de Valdelobos, en Teruel).

Más adelante, **D. Eduardo Manzano**, de la empresa *Terratest*, trató sobre la **"Cimentación mediante pilotaje prefabricado del viaducto sobre el Cordel de Sax (L.A.V. Madrid-Levante, tramo: Villena-Sax)"** y sobre los controles de hinca ejecutados con el sistema P.D.A. del profesor Goble.

Tras él, **D. Fernando Román**, de la *U.P. de Madrid*, intervino con la co-



D. Eduardo Manzano.



D. Juan José Muñoz.

municación **"Reflexiones sobre la tipología de cimentación de viaductos en sustrato yesífero kárstico"**, presentando el proyecto de cimentación de 4 viaductos en la línea de alta velocidad del Nuevo Acceso Ferroviario a Levante. En ella expuso las tipologías analizadas y el importante papel de la presencia de yeso y su karstificación en las obras, ante la imposibilidad de un trazado radicalmente distinto, y destacando que la solución con más garantía fue la de cimentación profunda con pilotes, en cuya valoración se preveía una importante cantidad presupuestaria para el relleno de cavidades.

Más adelante, y en representación



D. Fernando Román.



D. Juan Luis Ríos.



D. Clemente Sáez.

de varios autores (**D. Raúl Correás**, **D. Miguel Cuesta** y **D. Jordi Vinyals**), el mismo **Sr. Román** habló de la **“Cimentación del viaducto del Cigüela mediante pilotes empotrados en yesos karstificados”**, exponiendo los principios y metodologías seguidos, destacando que el hecho de haber establecido la Dirección de obra, a priori, el procedimiento para definir las longitudes de los pilotes y su aceptación, permitió un control ordenado y efectivo en la ejecución. Se trata de un viaducto con una longitud total entre ejes de apoyo en estribos de 1448 m y que se divide en 40 vanos de 35 m y dos

vanos de 24 m. Las cimentaciones profundas están compuestas por 9 pilotes por encepado, de 1500 mm de diámetro, excepto el estribo 1, que consta de 8 pilotes, y, para su cálculo, se consideró un comportamiento del tipo “pilotes empotrados en roca”.

Posteriormente, **D. Juan José Muñoz**, de la empresa *Terrabauer* presentó **“Reflexiones sobre el diseño y la ejecución de pilotes de gran diámetro”**, en la que trató de la ejecución de este tipo de pilotes y aportó unas reflexiones acerca de su cálculo y diseño, así como sobre la metodología y deontología que deben regir su diseño y ejecución.

La quinta comunicación fue presentada por **D. Juan Luis Ríos**, de la empresa *Pilotes Losada*, y trató sobre la **“Cimentación singular del puente sobre el río Besaya”**, realizada con pilotes “in situ” de gran diámetro, entubados y excavados con lodos.

La última comunicación libre la presentó **D. Clemente Sáez**, de la empresa *Iberinsa*, y trató las **“Cimentaciones a gran profundidad en suelos blandos. Estuario del río Mansoa (puente de Joao Landim, en Guinea Bissau)”**. En su intervención explicó la ubicación y las circunstancias que rodearon el proyecto, que fue modificado para que

tuviera 16 tramos isostáticos de 45 m y prefabricados. Las cimentaciones se resolverían mediante pilotes de 1,80 m de diámetro, llevados a roca, eliminándose en principio los vanos de acceso, con terraplenes algo más altos cimentados en columnas de gravacemento flotantes, en cuadrículas de 2x2 a 3x3, según alturas, y complementándose esta cimentación con mechas drenantes de plástico. A pesar de alguna vicisitud posterior debida a los aparatos de apoyo de un estribo, funciona con normalidad desde su construcción, resolviendo un problema logístico importante en el país.



En la foto, los ponentes de la sesión de tarde: Sres. Fernández Nespral y Burbano, junto al Sr. Navareño.



A lo largo de la jornada se sucedieron interesantes debates e intercambios de opinión entre los asistentes.

Sesión de tarde

Ya por la tarde, se presentó la ponencia **“Ejemplos especiales: Puentes de la Expo de Zaragoza”**, de **D. Germán Burbano**, de la empresa *Dragados*, que versó sobre los pilotajes de dos puentes singulares ejecutados para la Exposición universal: el del Milenio y el Pabellón-Puente. El puente del Milenio se cimentó simétricamente por medio de estribo pilotado, y se construyó mediante pilas provisionales pilotadas y pilas definitivas, también pilotadas. Todos los pilotes se empotraron en sustrato sano con una longitud máxima ejecutable de 50 m. La cimentación del Pabellón-Puente se resolvió básicamente por medio de pilotes que se ejecutaron con una máquina perforadora rotativa de gran potencia, dotada de un “kelly” especial. El contratista fue Terrabauer y se realizó mediante encamisado de 13 m con vibrado y empleo de lodos bentónicos. En este puente se realizó, por primera vez en España, una prueba de carga comercializada y controlada por *Loadtest inc.* mediante la célula de Osterberg. Entre las ventajas de esta prueba destaca que no necesita elementos de reacción ni grandes volúmenes para generar cargas, y que distingue resistencia por pun-

ta y por fuste. Finalmente, los resultados de la prueba permiten rediseñar la cimentación.

La última ponencia **“Ejemplos especiales: Puente sobre el río España”**, estuvo a cargo de **D. César Fernández Nespral**, de la *D. G. de Carreteras del Ministerio de Fomento*.

Su exposición se centró en los viaductos sobre los ríos España y Alvarés, exponiendo los detalles de la caracterización geológica y geotécnica de la zona (Asturias).

En el primero de ellos con dos problemáticas muy diferentes, según si la cimentación afectaba a materiales del Malm, que era el caso del estribo 1 y pila 1, que se resolvieron por medio de teorías geotécnicas convencionales, apoyándose las cimentaciones en macizos carbonatados, con importantes desarrollos cársticos, lo que ocurre en el resto de los apoyos, –y que se correspondieron con la base de la charla–, que se resolvió con inyecciones de consolidación y pilotaje.

En el segundo de ellos, el subtrato, donde se ubicará el viaducto de Alvarés, está formado por materiales paleozoicos de diferentes edades: los estribos E1 y E2, así como las pilas 1, 4, 5 y 6 se apoyan sobre cuarcitas de la “Formación Barrios”. Las pilas P-2 y P-3 se ubican sobre

margas triásicas, con alguna intercalación de calizas y areniscas de la “Formación Los Campos”. Por lo que la pila P-3 se cimentó sobre 9 pilotes de 2 m de diámetro, con profundidades entre 40 y 45 m que transfieren sus cargas por fuste exclusivamente a la formación Los Campos. En el caso de la pila 2, ésta afectaba a ambas capas.

Además, la existencia de varias fuentes, cuyo drenaje es el río Alvarés, creaba un flujo que discurría por el contacto entre ambas formaciones. La cimentación de la pila P-2 también se realizó mediante un encepado de 9 pilotes, de 2 m de diámetro.

Finalmente, hay que añadir que también se presentó una comunicación libre sobre la “cimentación del Arco de los Tilos en la Isla de la Palma (Canarias)”, escrita por **D. Davor Simic Sureda**: puente con 250 m de luz apoyado en basaltos fracturados, alterados con piroclastos. Se descubrió la solución adoptada: macizo o zapata de hormigón armado, apoyada sobre la roca tratada mediante inyecciones armadas con tubo de acero. En el caso de los estribos, se dispusieron anclajes de 20 m de longitud, con bulbo de 4 m, además de consolidar el apoyo con inyecciones armadas. ■