



D. Roberto Alberola, Presidente de la ATC (centro), en el acto de inauguración de la jornada, junto D. Carlos Oteo (izquierda) y D. Álvaro Parrilla (derecha)

Jornada técnica sobre Drenaje superficial y profundo en infraestructuras del transporte

El 2 de febrero de 2012 y en la sala Agustín de Betancourt del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, C/Almagro 42, se celebró esta jornada, promovida por el Ministerio de Fomento, y organizada por el Comité de Geotecnia Vial de la Asociación Técnica de Carreteras con la colaboración del citado Colegio.

Acto de Inauguración de la Jornada

La inauguración de la jornada fue presidida por **D. Roberto Alberola**, *Presidente de la Asociación Técnica de Carreteras*, quien subrayó la importancia del tema de la jornada y la gran influencia que tiene tanto para el diseño como para la construcción y mantenimiento de las infraestructuras, y

cuya celebración venía justificada por esa constante labor de la ATC por mantener e impulsar la transferencia de conocimientos, tecnología y puesta en común de todo lo que afecta a las infraestructuras viarias. Así mismo, dio a conocer a los asistentes el inicio, por parte de la ATC, de la impartición de cursos especializados que, de forma paralela, faciliten la formación y especialización de nuestros ingenieros.

Posteriormente, los Directores técnicos de la jornada, **D. Carlos Oteo**, *Presidente del Comité de Geotecnia Vial de la ATC y Catedrático de Ingeniería del Terreno*, y **D. Álvaro Parrilla Alcaide**, de la *Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento*, explicaron a los asistentes las razones y el contenido de la jornada, que, podría decirse, era continuación de la celebrada en Antequera hace unos años, y que pretendía difundir diversos aspectos del drenaje, tanto superficial como subterráneo, así como la labor que está realizando el Ministerio de Fomento en este campo, dando entrada también a la actualidad de las empresas especializadas en esta faceta de la ingeniería.

Jornada de mañana

Comenzó la jornada con la ponencia **“Drenaje superficial de carreteras: aspectos teóricos”**, de **D. Álvaro Parrilla Alcaide**, del *Ministerio de Fomento*, quien pasó revista al estado de los trabajos de revisión y actualización de la norma 5.2 IC Drenaje Superficial que se está llevando a cabo desde la Dirección General de Carreteras y el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX. El documento se encuentra en fase de borrador muy avanzada, esperándose que pueda ver la luz en los próximos meses.

Las principales innovaciones previstas en la norma se basan en los cambios acaecidos en los últimos años en la reglamentación en materia de aguas y gestión de riesgos de inundación, en la evolución científica e informática en materia de hidrología e hidráulica, en los cambios experimentados por la normativa de la DGC y en la experiencia en construcción y conservación de carreteras acumulada en las últimas dos décadas.

El enfoque dado a estos trabajos es el de una actualización del texto formalmente vigente (1990), que incorpore los avances referidos, pero que salvaguarde la estructura global del documento existente, que se entiende perfectamente válida y que se estructura en las siguientes áreas temáticas: Consideraciones generales y criterios básicos, Cálculo del caudal de proyecto, Drenaje de la plataforma y márgenes, Drenaje transversal, Construcción y conservación.



D. Álvaro Parrilla en un momento de su intervención

Esta norma, junto con la relativa al drenaje subterráneo (OC 17/03), que fue objeto de una jornada celebrada por nuestra Asociación en Antequera (2008), constituirá el corpus normativo relacionado con el drenaje en el ámbito de la Dirección General de Carreteras.

“Drenaje superficial de carreteras: cálculo de caudales”, de **D. Antonio Jiménez Álvarez**, del *CEDEX*, presentó a los asistentes a los presentes el contenido principal de la propuesta de revisión del capítulo 2 de la norma 5.2 IC de Drenaje Superficial, realizada por el Centro de Estu-

dios Hidrográficos del CEDEX, por encargo de la Dirección General de Carreteras.

Uno de los aspectos más relevantes de la propuesta se refiere a la utilización de la información sobre caudales máximos desarrollada por la Administración hidráulica como fuente básica de información para los caudales de proyecto, en particular los mapas de caudales máximos publicados recientemente por la Dirección General del Agua. Como método de cálculo en cuencas pequeñas se mantiene el método racional modificado, actualizado a su última versión, para el que se establecen distintas reco-



D. Antonio Jiménez presentó la propuesta de revisión del capítulo 2 de la norma 5.2 IC

Jornadas Técnicas organizadas por la ATC



D. Carlos Oteo, Presidente del Comité de Geotecnia Vial de la ATC, presentó, esquemáticamente, los problemas más importantes que se plantean en el entorno de las obras viarias en relación con el agua

mendaciones de aplicación. En este sentido, destacó la propuesta de unos nuevos coeficientes correctores del umbral de escorrentía, basados en la regionalización de los resultados derivados de la calibración del método racional y modificado con los datos de más de 400 estaciones de aforos seleccionadas en el ámbito territorial de la España peninsular. También es relevante la inclusión de información cartográfica sobre umbrales de escorrentía, a escala nacional, para facilitar la obtención de dicho paráme-

tro. Asimismo, se incluyen recomendaciones específicas para la estimación de los caudales de más alto periodo de retorno en las zonas costeras del Levante y Sureste peninsular.

Por último, se describieron las principales características de la aplicación informática (CauDren) desarrollada por el Centro de Estudios Hidrográficos como complemento a la Instrucción. La aplicación, desarrollada sobre un sistema de información geográfica de libre distribución, permite el

cálculo de los caudales de proyecto en pequeñas cuencas mediante la aplicación del método hidrometeorológico propuesto en la Instrucción. Para ello, la aplicación obtiene automáticamente la cuenca vertiente, así como las distintas variables y parámetros necesarios para el cálculo, a partir de las distintas capas raster contenidas en ella.

Posteriormente, D. Ángel Juanco García, del Ministerio de Fomento, intervino con el tema **“Drenaje superficial de carreteras: aspectos prácticos”**. Con motivo de la preparación de la actualización de la Instrucción 5.2 IC de Drenaje Superficial, el ponente hizo un repaso de distintos aspectos concretos del drenaje de carreteras, que no aparecían en la antigua instrucción 5.2 IC de 1990, o sobre los que se quiere insistir porque se ha observado, según la experiencia de la Dirección General de Carreteras, que pueden dar lugar a fallos y problemas.

Por ello, comenzó por insistir en la necesidad de una buena práctica constructiva y de conservación, para pasar a exponer las posibilidades de observar el funcionamiento del drenaje a través de la monitorización con las tecnologías actuales.

Posteriormente continuó analizando los vertidos de la escorrentía de la plataforma y márgenes, estudiando la posibilidad de disponer dispositivos de tratamiento. En cuanto al drenaje transversal, habló sobre la elección entre obra de drenaje transversal (ODT) o puente, recordando las definiciones del Reglamento del Dominio Público Hidráulico de cauce, zona de flujo preferente y zona inundable.

A continuación, y tras exponer el diámetro mínimo que deben tener las ODT, se centró en el uso de los métodos numéricos de cálculo, los métodos de tipo 1D y, en especial, los más recientes de 2D en régimen variable por volúmenes finitos, explicando cómo se hace la entrada de datos y cómo se muestran los resultados, exponiendo ejemplos de aplicación al estudio de obras de drenaje transversal y de la plataforma. Finalmente, hizo una introducción al tratamiento del fenómeno de erosión y socavación de pilas y estribos de puentes.

Con esta tercera intervención, se cerró el bloque relativo al avance de contenidos del borrador de norma 5.2 IC, actualmente en fase de elaboración por parte de la Di-



D. Ángel Juanco, del CEDEX, intervino con la ponencia “Drenaje superficial de carreteras: aspectos prácticos”

rección General de Carreteras y el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX.

Finalizó el turno de intervenciones de la mañana, **D. Carlos Oteo Mazo**, *Catedrático de Ingeniería del Terreno*, y *Presidente del Comité de Geotecnia Vial*, que pronunció una conferencia con el siguiente título: **“Del drenaje superficial y profundo y su incidencia geotécnica en las Infraestructuras lineales”**. En ella se presentaron, esquemáticamente, los problemas más importantes que se plantean en el entorno de obras viarias, en relación con el agua, considerando tanto los problemas de inestabilidad de taludes y terraplenes a media ladera, como los casos de filtración bajo la plataforma viaria y el efecto del agua sobre las propiedades físico-químicas del terreno (colapso, hinchamiento, etc., en función de la humedad y densidad del terreno, así como los posibles problemas de “degenerabilidad” por deformación que pueden presentar algunas formaciones arcillosas españolas). A la vista de estas características, se analizaron los procedimientos más usuales de estabilización de desmontes y terraplenes, prestando atención especial a los fenómenos que pueden inducirse en el fondo de trincheras o al pie de desmontes en terrenos colapsables y expansivos, completándose la exposición con un análisis del problema del agua en relación con túneles, bien artificiales, bien subterráneos, tanto por su afección directa a niveles freáticos, como indirectos, a larga distancia. Por último, se prestó atención especial a la auscultación geotécnica de obras, como



En la foto, los ponentes de la sesión de mañana (Sres. Oteo, Juanco, Jiménez y Parrilla) al inicio del coloquio junto a Dña. Belén Monercillo, Directora de la ATC, que moderó la segunda sesión matinal

parte de seguridad de las mismas y parte de aprendizaje.

Jornada de tarde

La jornada de tarde, dedicada a la presentación de comunicaciones libres, comenzó con las **“Condiciones Hidrogeológicas y daños debidos a la presencia de agua en el terraplén de la carretera GI-533, en el término municipal de Bescanó (Girona)”**, de **D. Francisco J. Castanedo Navarro**, de *EPSA y Profesor de la UCM*. El ponente presentó un análisis de las causas que pueden estar produciendo asentamien-

tos progresivos en un tramo en terraplén de la citada carretera (pp.kk. 7+900 a 8+350), que tiene una altura máxima de 12 m, incluyéndose dentro del mismo una obra de drenaje y paso de fauna en las que se están produciendo goteos y presencia de agua por encima de la losa superior del paso, así como una rotura de una de las aletas en la ménsula, y comprobándose que el terreno del trasdós estaba constituido por material totalmente saturado y de consistencia fan-gosa. Tras 4 sondeos, se comprobó que se había construido con suelos arcillosos algo arenosos procedentes de la degradación del granito y con algunas intercalaciones de



Vista parcial de la sala



Al final de la mañana se celebró un interesante coloquio



En la foto, D. Francisco J. Castanedo quien expuso dos comunicaciones

material más arcilloso. Por ello, la compacidad del material en todos los casos es de muy floja a floja, con valores de resistencia a la penetración prácticamente incompatibles con el grado de compactación que se alcanza en un material arenoso extendido por tongadas y con maquinaria de cadenas. Tras el análisis pertinente, se considero como causa más probable la existencia de manantiales artesianos en las zonas de desmonte o en la transición de desmonte a terraplén que alimentaran la parte superior de su relleno y condujeran el agua que, posteriormente, goteaba en la losa superior de la estructura de paso.

Posteriormente, el mismo ponente presentó los **“Problemas hidrogeológicos por circulación de agua en una zona karstificada de la AP-68 (Alto de Altube)”**, de la que es autor junto a **D. Rafael Pérez Arenas y D. Santiago Rodón**, de **Abertis Autopistas España**. En esta intervención, presentó el análisis de las causas y metodología de estudio para la reparación de los problemas de hundimiento de la plataforma en la Autopista AP-68, Bilbao-Zaragoza. Tramo: pp.kk. 35,5 a 36,5 (Alto de Altube), que geológicamente se sitúa sobre una zona diapírica con ascensión de arcillas y yesos del Keuper, cuyas singularidades geológicas suelen llevar siempre asociados problemas de karstificaciones, afloramientos de aguas termales con composición mineralógica singular respecto al

resto de los acuíferos de la zona, etc.

A continuación, **D. Santiago Rodón** intervino con el tema ***“Degradación de los paramentos por erosión de un desmonte en la AP-71, León-Astorga, y análisis del riesgo de rotura por flujos de derrubios”***, de la que era autor junto a los citados **D. Rafael Pérez Arenas** y **D. Francisco Javier Castanedo Navarro**. Su intervención se centró en el desmonte ubicado entre los pp.kk. 29+000 y 29+600, margen derecha, el que presenta una mayor problemática debido a este fenómeno en la autopista. Entre otros desperfectos, citó que, en la parte de desmonte por encima de la berma, existe un total deterioro por tubificación y acarcamiento, quedando en voladizo niveles centimétricos de areniscas y limolitas cementadas, estando la cuneta del borde de la berma saturada por arrastres y habiendo acarcamientos incluso en zona de cuneta. En definitiva, los daños que tiene actualmente este desmonte son, a juicio de los autores, calificados como de graves.

A continuación, **D. Rafael Pérez Arenas**, de **Abertis Autopistas España**, tomó la palabra y expuso el **“Efecto inestabilizador de la saturación de la coronación de los terraplenes en la autopista AP-71 y medidas de mejora de la estabilidad”**, de la que también era autor junto a los **Sres. Rodón y Castanedo**. Comenzó explicando que en algunos de estos terraplenes, con alturas de 6 a 8 m, se han producido distin-

tos desperfectos con grietas longitudinales paralelas a la calzada y escarpe en la berm superior, así como que también se han producido deslizamientos superficiales en los paramentos del derrame del talud afectando a toda la altura.

Todos estos desperfectos aparecieron reflejados en las fichas del Sistema de Gestión de Taludes de la Red de Abertis Autopistas España, elaboradas por la UTE Geoprin-Epsa, contratada por Abertis.

Tras explicar algunas de las medidas adoptadas hasta la fecha, las tres posibles soluciones para su reparación y el análisis realizado de las condiciones iniciales de estabilidad de los terraplenes, así como las exigencias del coeficiente de seguridad, procedió a presentar la solución adoptada que consistió en la impermeabilización de todo el derrame del talud y la berma mediante lámina de bentonita, ya que no obligaba a aumentar expropiaciones, el movimiento de tierras era mínimo -sin necesidad de acopios ni de ocupaciones temporales de terrenos ajenos a la autopista- y la ejecución de las obras era compatible con el mantenimiento del tráfico en la autopista, aunque con algunas restricciones por la ocupación de la maquinaria de colocación de la lámina, que, en cualquier caso, es ligera

Por su lado, **D. Carlos Ursúa Lorenz,** de *Concesionaria Española de Autopistas, S.A.,* expuso la comunicación ***“Asientos y fisuración de terraplenes realizados con materiales tolerables cohesivos debido al aumento del grado de saturación, y su ejemplo en la AP-41”***, de la que era autor junto al **Sr. Castanedo,** informando que en la AP-41, Madrid-Toledo, se han producido varios agrietamientos longitudinales en el firme de algunos de los terraplenes realizados y que hacían temer por su futura estabilidad. Esta comunicación describió los tramos con los desperfectos que presentaba en octubre de 2010 y las reparaciones efectuadas hasta principios de 2011, sin que desde entonces se hayan producido nuevos desperfectos en las zonas reparadas ubicadas en distintos puntos kilométricos y en ambas calzadas

Tras el análisis y las prospecciones realizadas se concluyó que las causas de los mencionados agrietamientos eran fundamentalmente debidas al reblandecimiento por saturación del material de terraplenes

que, aunque eran tolerables, presentaban un alto contenido en finos. Además, la entrada del agua se había visto favorecida por el hecho de que la mediana no estaba impermeabilizada. Los principales desperfectos se reducían a 4 terraplenes, siendo los desperfectos de los tres primeros claramente debidos a asientos por reblandecimiento al humedecerse el cuerpo del terraplén, mientras que el cuarto era un asentamiento muy localizado justo por encima por donde el terraplén cruza el aluvial del Arroyo de la Viñuela. Por tanto, la naturaleza blanda de estos materiales sería la causante del reflejo en el firme de los asentamientos.

Finalmente, informó que en toda la altura del derrame del terraplén y hasta por debajo de la zona en que la explanada mejorada se ha sustituido, colocándose lámina impermeabilizante de bentonita. Una vez regularizado y nivelado el paramento de su derrame, se recubrió con tierra vegetal para evitar su agrietamiento por desecación durante el estiaje. La lámina de bentonita es impermeable por la presencia de arcilla, pero, al mismo tiempo, permite el paso de raíces de la vegetación, cosa que no permiten otros tipos de láminas impermeabilizantes como la *pead* y otras similares.

La segunda parte de la sesión comenzó con la exposición de un segundo bloque de comunicaciones en la que **D. Jorge Gutiérrez Cuevas**, de *Intermas Geosynthetics*, expuso la “**Utilización de geocompuestos de drenaje en infraestructuras del transporte**”, comenzando por subrayar que es más fácil y rápido de instalar, cumple sus objetivos, tiene una menor limitación por pendiente y facilita e incrementa la seguridad en obra. Dentro del drenaje vertical expuso como ejemplo los más de 55 000 m² de Interdrain GMFL 6 que se instalaron como drenaje e impermeabilización en algunos falsos túneles del AVE, como el de la Línea Madrid-Valladolid o algunos ejemplos de los realizados en las autopistas radiales de Madrid.

Intervino a continuación **D. Jorge Mijangos Linaza** quien, dentro del proyecto de investigación OASIS, presentó la “**Compatibilidad entre drenaje, seguridad vial y mantenimiento**”. OASIS es un proyecto de investigación de 30 millones de euros financiado por el CDTI, dentro de las convocatorias CENIT del Ministerio de Ciencia e



D. Rafael Pérez Arenas no sólo expuso dos comunicaciones, sino que además moderó algunas de las sesiones

Innovación, y persigue como razón de ser, entre otras, las autopistas del futuro.

Su filosofía se basa en que cualquier obstáculo peligroso, como las cunetas, debe de ser protegido, y que es más seguro eliminar el obstáculo y así no necesitar protección. El proyecto OASIS, por lo tanto, busca una “cuneta segura”.

El Sr. Mijangos presentó las últimas investigaciones de este proyecto sobre márgenes seguros de una autopista e informando que se ha estudiado una cuneta OASIS sobre la que han pasado vehículos reales a

velocidades de 80, 100 y 120 km/h, y que han cumplido las previsiones de pasar sobre ella y volver a la plataforma sin volcar.

Igualmente informó que se ha estudiado la interacción de niveles freáticos con distintas ubicaciones y profundidades de subdrenes que demuestran que, posicionados al borde de los arcones, son más útiles que bajo las cunetas, evitando la construcción de colectores, que son muy costosos de mantener.

A continuación intervino **D. Goran Vukotic**, de *Kellerterra*, con las “**Actuacio-**



D. Goran Vukotic en un momento de su intervención

Jornadas Técnicas organizadas por la ATC



Sres. Pérez Arenas y Parrilla junto a la Sra. Monercillo en la clausura de la jornada

nes con super jet-grouting en un pozo de ventilación del tramo Sants-Sagrera de la LAV Madrid-Barcelona", ubicado en el cruce de la calle Padilla con la calle Mallorca, en el p.k. 3+925, y en el que se ha empleado una tuneladora "Barcino". Se trata de un túnel urbano de doble vía, de 5,6 km de longitud, de 85 m² de sección y 10,40 m de anchura. Los pozos, en general, son recintos apantallados circulares con profundidades, en algunos casos de más de 60 m y cuyas pantallas han sido ejecutadas mediante hidrofresa.

El tema objeto de la ponencia era un pozo de la calle Padilla, en el que, debido a la permeabilidad del terreno por debajo del pie de la pantalla, se decidió hacer un tratamiento con el objetivo de permitir el

drenaje del recinto y trabajar en condiciones prácticamente secas, reducir al mínimo el bombeo por debajo del pie de pantallas, evitar las posibles afecciones a los edificios colindantes, y aumentar los factores de seguridad de la estabilidad hidráulica de la excavación.

En total, se realizaron 126 columnas que sumaron 2 394 m, y se obtuvieron los resultados perseguidos en la actuación.

D. José María Moure Tribaldos (ponente) y **D. Leocadio Sánchez Rodrigo**, de *Inocsa*, presentaron **"Experiencia en el diseño de autovías en Rumanía Metodología aplicada en estudios hidrológicos e hidráulicos"** que dividieron en tres partes dedicadas al análisis hidrológico, al dimensionamiento de viaductos y a las socavacio-

nes en puentes. Entre otras afirmaciones, y dentro de la singularidad paramétrica del método hidrometeorológico, subrayaron que el tiempo de concentración (t_c) es función del tiempo de concentración del cauce principal (t_a) y del tiempo de concentración asociado a las laderas de la cuenca (t_v), e indicaron que el cálculo de t_v es algo más singular ya que intervienen parámetros tales como la longitud media de la ladera, su coeficiente de rugosidad y su pendiente. Así mismo, se obtienen tiempos de concentración superiores a los de la norma española, presentando mayor diferencia a medida que se incrementa la duración.

Finalmente, **D. Raúl Mínguez Matu-rana**, de *Geofísica Consultores*, expuso la **"Aplicación del Geo-radar 3D multifrecuencia para la detección de zonas de acumulación de humedad en obras lineales"** con la que propuso al Geo-radar 3D multifrecuencia como una herramienta de apoyo a las auscultaciones de la vía, que permite la detección de zonas de acumulación de humedad en las capas que conforman la vía hasta profundidades de entre 1 y 2 m. Para el ponente, el pulso de geo-radar es muy sensible al contenido de humedad de los materiales, afectando al contenido en frecuencias del pulso, la reflectividad y la velocidad del pulso del geo-radar. Este instrumento permite analizar con mayor eficiencia el espectro de frecuencia y es capaz de estimar la velocidad de tránsito del pulso de geo-radar. Montado en un vehículo con GPS lo convierte en herramienta eficiente capaz de detectar acumulaciones de humedad en las capas de firme hasta profundidades de 2 m y a velocidades de hasta 100 km/h. Su análisis tridimensional permite estudiar con mayor detalle la estructura del firme e identificar los procesos que generan las patologías.

Por último, un mejor conocimiento de la estructura del firme y su estado es crucial para comprender su evolución futura y planificar en el futuro (incluso antes de que la patología se manifieste) reduciendo los costes de los trabajos de mantenimiento y aumentando la operatividad y seguridad de las infraestructuras.

Una vez presentada la última de las comunicaciones, se dio por finalizada la jornada, agradeciéndose la presencia y participación de los asistentes. ❖



60 D. Raúl Mínguez cerró el turno de presentación de comunicaciones