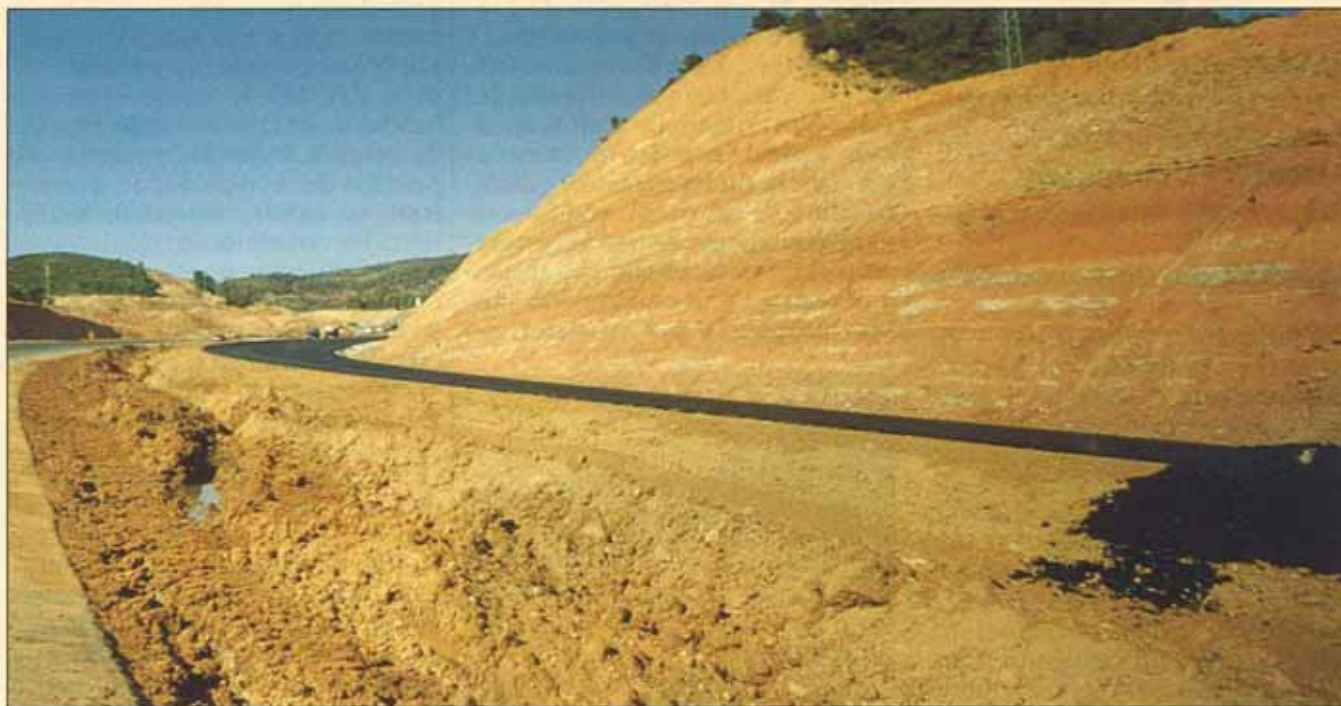


III Simposio Nacional de Geotecnia Vial

Por LA REDACCIÓN



Este III Simposio revisó la evolución de la técnica de la construcción y analizó el comportamiento de terraplenes, incluyendo aspectos claves como la selección de materiales, proyecto de terraplenes, procedimientos de ejecución y control, la auscultación del comportamiento, así como la evolución de la normativa aplicable.

DADA la especial relevancia que la construcción de terraplenes tiene para la geotecnia vial, este III Simposio (Vigo, del 28 al 30 de septiembre de 1994), ha revisado la evolución técnica de la construcción y analizado el comportamiento de terraplenes —desde la selección de materiales, hasta su normativa—, dando una amplia panorámica del momento que vive el sector.

El Simposio, organizado por la Asociación Técnica de Carreteras, ha contado con el patrocinio y colaboración de la Consejería de Política Territorial, Obras Públicas y Vivienda de la Xunta de Galicia; Dirección General de Infraestructuras del Transporte Ferroviario, Dirección General de Carreteras y Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente (MOPTMA); la Sociedad Española de Mecánica del Suelo y Cimentaciones; Excmo. Ayuntamiento de Vigo y Caixavi-go.

Desarrollo del Simposio

La sesión inaugural fue presidida por **D. Xosé Cuiña**, Consejero de Política Territorial, Obras Públicas y Vivienda de la Xunta de Galicia. En ella, tras dar la bienvenida a los asistentes, subrayó la importancia del contenido del Congreso y de la carretera, tanto en Galicia como en el resto del país, deseando los mejores frutos para el evento que en aquel momento daba oficialmente por inaugurado.

I Sesión. "Materiales de construcción de terraplenes"

Presidida por **D. Ventura Escario**, Presidente del Comité Internacional de Obras de Tierra y Drenaje de la AIPCR y de la Sociedad Española de Mecánica del Suelo y Cimentaciones, comenzó con la intervención de **D. Fernando Román**, de Intecsa, con la ponencia "Selección de préstamos". Tras

tratar los distintos aspectos que participan en la elección de una zona de préstamo, comentó las características geotécnicas exigidas para la nueva redacción del art. 330 del Pliego PG3-75, localización de las mencionadas zonas con relación al diagrama de masas del movimiento de tierras, problemas de compensación entre tramos, viabilidad del préstamo etc. ... y el procedimiento más racional para la selección final.

A continuación, intervino **D. Enrique Dapena** del Laboratorio de Geotecnia del CEDEX, con la ponencia "Ensayos de caracterización geotécnica", en la que expuso las directrices a seguir en la modificación de los artículos 330 y 331 del PG-3, atendiendo exclusivamente al aspecto de caracterización geotécnica de los materiales, ampliando el tema de pedraplenes sensibles al agua.

Abriendo el turno de comunicaciones libres, **D. Ignacio García Arango** y **D. Fernando Hacar**, de la Demarcación de Carreteras del Estado en Asturias, presentaron la

“**S**e subrayó el empleo con buen resultado de la “escollera colocada” para solucionar la estabilidad de taludes seriamente averiados.”

comunicación “Escolleras y pedraplenes en taludes comprometidos”, en la que subrayaron el empleo con buen resultado de la “escollera colocada” para solucionar la estabilidad de taludes seriamente averiados, y de pedraplenes apoyados en terrenos de media y mala calidad en la traza de algunos ramales de autovía. Finalmente, se analizaron diversas soluciones adoptadas en el Principado. Entre ellas, la solución para un emboquille complicado en un túnel y la sustitución de una costosa pantalla de pilares por un muro vertical con escollera pesada.

Intervino, seguidamente, **D. Ignacio Abad**, Profesor Titular de la E.T.S. de Madrid con las comunicaciones “Determinación de características geotécnicas de las rocas mediante ensayos sencillos...” y “Propuesta de utilización de materiales yesíferos del triásico en el proyecto de terraplenes”. En la primera de ellas, afirmó que los ensayos convencionales de rocas son muy caros, de ejecución lenta, abundantes y diversos pero con normas poco definidas, y con gran dispersión de resultados. Las simplificadas propuestas, sin embargo, obtienen resultados similares pero con mayor rapidez de ejecución, bajo coste, facilidad de interpretación, sencillos de ejecución y exactitud suficiente.

En la segunda, informó sobre la realización de todas las mezclas posibles en la práctica de yesos y arcillas, para estudiar su comportamiento; principalmente, en cuanto a capacidad de soporte medida en CBR normal y por CBR inmediato para humedades. Además, incluyó unos procedimientos prácticos de construcción.

D. Manuel Romana, de Ingeotec, presentó dos ponencias, al igual que su antecesor, “El ensayo de compresión puntual de Franklin” y “Caracterización de granitos para su uso en pedraplenes y todos-unos”. La primera, consistía en una variante simplificada del ensayo brasileño, de fácil realización a pie de sondeo, recomendable para la caracterización y clasificación de las rocas, aunque con el inconveniente de que la correlación entre el resultado del ensayo y la resistencia a compresión simple, propuesta por su autor, no



La instantánea recoge la fase de ejecución de un pedraplén en la Autovía Rías Bajas, objeto de la visita técnica.

siempre se cumple. La comunicación resumió las últimas recomendaciones para la ejecución e interpretación del ensayo.

La segunda, presentó un esquema de clasificación de los granitos en función de algunos ensayos geomecánicos de fácil ejecución, atendiendo a su posible utilización como materiales para pedraplenes, todos-unos y terraplenes.

La “Utilización en núcleos de terraplenes de un material granítico calificado como suelo inadecuado” fue presentada por **D. Fernando Pardo**, del Laboratorio de Geotecnia del CEDEX, y **D. Carlos Centeno**, de la Demarcación de Carreteras del Estado en Castilla y León. A través de las pruebas

que se describieron para la determinación de la aptitud de los núcleos, mezcla de bolas de granito, granito alterado y jabre, que por su granulometría sería calificado de inadecuado y que tampoco cumpliría las exigencias para pedraplén del PG-3, compactándose bandas de ensayo variando espesor de tongada, humedad y número de pasadas del compactador, demostraba su validez siguiendo determinadas condiciones.

La influencia que tiene el tamaño máximo de partícula ensayado en el ángulo de rozamiento de una escollera, fue analizada a través de la comunicación “Influencia de la granulometría y el tamaño máximo en la resistencia al corte de escolleras” presentada por **D.J.C. de Cea** y **D.C. Olalla**, del Laboratorio de Geotecnia del CEDEX y **D.J.L. Utrillas**, de la Confederación Hidrográfica del Júcar. Algunas de sus conclusiones fueron que en la escollera ensayada existía una pequeña diferencia, en cuanto a comportamiento resistente, estimable en unos 2° entre ensayarla sin saturarla o saturada; y que el ángulo de rozamiento de un material granular grueso disminuye a medida que aumenta la presión a que está sometido.

Finalizó la sesión la intervención de **D. José M^a Rodríguez**, de EAT, S.A., con la comunicación “Empleo y comportamiento de materiales yesíferos gruesos en relleno”, destacando que la construcción de pedraplenes de bloques de yeso es claramente desaconsejable, por las elevadas presiones de contacto y los importantes asentamientos diferidos. Sin embargo, sí podría considerarse el empleo de un todo-uno yesífero, aceptablemente bien graduado, en el que el número de contactos entre piedras fuera suficientemente elevado.

II Sesión. “Proyecto de terraplenes”

Esta sesión fue presidida por **D. Luis de Santiago**, Subdirector General de Planes y Proyectos de la Dirección General de Infraestructuras del Transporte Ferroviario (MOPTMA).

La Primera ponencia fue presentada por **D. Carlos Oteo**, Di-

rector del Laboratorio de Geotecnia del CEDEX, con el título "*Reglas generales de proyecto*" y en ella expuso la metodología general necesaria para el diseño de estructuras de tierra para obras viarias, haciendo hincapié en la selección de materiales, el estudio de propiedades geotécnicas ligadas al grado de compactación, el análisis de la influencia del terreno de cimentación, definición de la geometría aparente de la estructura, y de los sistemas de control en el estudio del comportamiento de la obra.

Las "*Características del comportamiento de terraplenes y pedraplenes*" fue presentada por **D. Antonio Soriano**, de la U.P. de Madrid. En ella, revisó los problemas de comportamiento más frecuentes, comentando las causas que los motivan y exponiendo una serie de criterios para su posible prevención. Los tipos de fallos más frecuentes analizados fueron: Rotura del cimiento, del contacto terraplén-cimiento y del cuerpo del terraplén; deslizamientos superficiales, asientos del cimiento, expansiones y retracciones, colapso, deformaciones de fluencia, etc.

En el "*Tratamiento de una explanada en fondo de desmonte*", **D. Fernando García**, Director Adjunto de G.O.C., explicó que el sistema puesto en obra consistía en la colocación de un geotextil, de alta resistencia al punzonamiento, dispuesto sobre la excavación realizada, cuya función es anticontaminante, y sobre el que, posteriormente, se extendía una pequeña capa de arena de río lavada y, sobre ella, piedra constituida por "cachote", de un máximo de 200 mm, convenientemente compactada. Posteriormente, se disponía otro geotextil para que la capa correspondiente a la coronación de la explanada situada sobre el mismo no contaminara el dren.

A continuación, tras la comunicación "*Problemas geotécnicos en la duplicación de líneas ferroviarias*" presentada por **D. Antonio Campos**, **D. Filinto Trigo** y **D. Rui Calzada**, de cuyo contenido no podemos dar más información a la hora de redactar el presente artículo, se presentó el "*Sistema de auscultación de explanaciones*.



A lo largo de las reuniones, se presentaron diferentes experiencias sobre la utilización de materiales diversos y no siempre, en principio, adecuados para la construcción de terraplenes.

Mejora de la capacidad de soporte por medio de zanjas drenantes. El caso de la variante de Illescas en la CN-Madrid-Toledo", de **D. Ignacio Morilla**, en que describió el mencionado sistema, basado en la ejecución de densidades y humedades in situ en la zona de arcén, próxima a la calzada, complementada con un penetrómetro Borros para valorar la capacidad de soporte de la explanación. En la mayoría de los casos mejora notablemente con la instalación de zanjas drenantes laterales. En la variante de Illescas, éstas han supuesto la disminución de la humedad de la explanación, el aumento de la densidad in situ y un notable incremento de la capacidad portante.

Seguidamente, se presentó el "*Ensayo de inundación bajo carga a escala real del terreno de cimentación de un terraplén*", presentada por **D. Juan A. Presas** y **D. José Rodríguez** de la D.G.I.T.F. del MOPTMA; y **D. Santiago de la Fuente** y **D.J.A. Jiménez Salas**, de Iberinsa. Dadas las dificultades que se producen en la cuenca del Ebro por formaciones yesíferas, y el hecho de que el F.C. de alta velocidad Madrid-Barcelona deba atravesarlas, se realizó un ensayo in situ que demostró la sensibilidad al agua de estos materiales y la necesidad de proteger al terreno de apoyo de la saturación factible mediante selección de trazado y un elaborado sistema de drenaje, esencialmente superficial.

D. Fernando Pérez, **D. Carlos Oteo** y **D. Luis Sopena** del CEDEX, junto a **D. Carlos Miró** de Control y Ensayos, S.A., presentaron las "*Soluciones geotécnicas para los terraplenes del Parque Tecnológico de Andalucía*". Para su realización se acudió en parte a préstamos de pizarras y zahorras disponibles en los alrededores, y arcillas, bien solas o en estructura tipo sandwich, intercalando capas de arcillas con otras pizarras y zahorra, decidiendo entre ambas soluciones en función de la altura del relleno y el uso posterior de las parcelas. Se presentaron las características geotécnicas de estos materiales, los detalles constructivos de los rellenos y las medidas de reconocimiento y control.

El "*Tratamiento de mejora de los limos yesíferos del valle del Ebro por medio de compactación dinámica, para su uso como terreno de cimentación de terraplenes de una línea ferroviaria*" fue presentada por **D. Julián Santos** y **D. Eduardo Santiago** de la D.G.I.T.F. (MOPTMA). Entre los resultados del ensayo destaca la mejora de la compactación, detectada por el aumento de la resistencia a la penetración dinámica; incremento del módulo elástico de la capa superior; descenso general o subsidencia del terreno; ausencia de variación en el asiento por colapso; y los asientos previsibles para un terraplén de unos 10 m de altura, han disminuido en un 40%.

A continuación, se presentó la

comunicación "Diseño y comportamiento de pedraplenes en la Autovía Almería-El Parador (Almería)", presentada por **D. Rafael Villar**, Jefe de Demarcación de Carreteras del Estado de Andalucía Oriental (MOPTMA); y **D. Miguel Rodríguez**, de I.S.R., S.A.; y **D. Enrique Lancha**, de Geostudios, S.A. Su contenido se basaba en la experiencia habida en la Autovía mencionada donde se diseñaron y construyeron varios rellenos de tipo pedraplén, con taludes 1:1, para alturas de 15 a 60 m.

El comportamiento, seguido con instrumentación de células e hitos fue satisfactorio y los asentamientos postconstructivos 0.1% de la altura con una respuesta muy positiva a los dos sismos acaecidos durante la obra.

D. Jesús Gómez, de la Demarcación de Carreteras del Estado en Cantabria (MOPTMA); **D. Miguel Rodríguez-Miranda** de I.S.R., S.A. y **D. Luis Acebes** de Ferrovial, S.A., expusieron el tema "Tratamientos geotécnicos para la cimentación de rellenos sobre suelos blandos en la Variante de Astillero (Cantabria)" describiendo los tratamientos geotécnicos, básicamente geodrenes, construcción por etapas y precargas que han servido para construir rellenos, de hasta 8 m de altura, en el tramo Astillero-Heras. Entre otras afirmaciones se dijo que la aceleración del proceso natural de consolidación mediante geodrenes verticales había sido muy efectiva, y que la cimentación de estructuras, mediante cargadores sobre macizos de tierra armada, fue una alternativa económica y viable.

Con esta exposición se cerró la jornada de trabajo, asistiendo los congresistas a las 21,00 horas a una recepción ofrecida por el Excmo. Ayto. de Vigo en el Pazo de Castrelos.

Conferencia especial

El jueves 29, tuvo lugar, la conferencia especial que llevó por título "Utilización de rellenos ligeros en terraplenes", a cargo de **D. Santiago Uriel**, Dtor. del Dpto. de Ingeniería y Morfología del Terreno, de la E.T.S. (U.P. de Madrid), bajo la presidencia de **D. Juan Manuel Páramo**, decano de la De-

marcación de Galicia del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. En su exposición, de forma sucinta, expuso las principales características de los materiales de pequeño peso específico en rellenos de carretera, que presentan la posibilidad de proporcionar ventajas, tanto técnicas como económicas, así como los aspectos más interesantes del diseño y de la construcción de los rellenos.



La preocupación por los problemas geotécnicos de los terrenos que atravesaría la línea de alta velocidad Madrid-Zaragoza fue objeto de varias intervenciones. En la foto, la ya existente a su paso por La Sagra (Toledo).

III Sesión. "La ejecución y su control"

Presidida por **D. Juan F. Lázcano**, Subdirector Gral. de Construcción del MOPTMA, comenzó con la ponencia titulada "Ejecución de terraplenes", presentada por **D. Luis Fort**, de Entrecanales y Tavora, S.A. Siguiendo la división efectuada por D. Ventura Escario sobre la historia de la construcción en tres fases, el autor subrayó la potenciación actual de la tercera de ellas, la cual consideró a través de su comunicación, y la evolución previsible, bajo los aspectos de relación con las últi-

mas especificaciones y clasificaciones de materiales, avances y clasificaciones ordenadas de maquinaria, equipos, métodos de trabajo, y consideraciones medioambientales.

La segunda de las ponencias "Control y garantía de calidad en la construcción de terraplenes" fue presentada por **D. Fernando Muzas**, de EYSER, S.A., en la que revisó la actualidad de la calidad y su control, orientada a la construcción de terraplenes, poniendo especial énfasis en su aseguramiento, de tal forma que todos los actores que intervienen en el proceso, lo entiendan conjuntamente y actúen de forma coordinada y eficaz.

La primera de las comunicaciones del día fue la titulada "Variación de las características geotécnicas de las arenas procedentes de la alteración de los granitos (jabres) de la Sierra de Aracena (Huelva) debido a procesos de compactación y a ciclos de humedad", presentada por **D.J. Roberto Palacios** y **D. José L. Almazán**, ambos de Prointec, S.A. Tras la realización de ensayos geotécnicos sobre el mencionado material, en cuatro ciclos de humedad-seguridad-compactación, se comprobó que las citadas alteraciones no afectaban al comportamiento geotécnico del material, para períodos de tiempo comparables con la vida útil de las obras.

El "Análisis de la pérdida de capacidad portante de materiales pizarrosos de la provincia de Málaga, ante incrementos de compactación" fue presentada por el ya citado **D.J. Roberto Palacios**, **D. Miguel A. Collado** y **D. Luis Barceló**, todos ellos de Prointec, S.A., cuya experiencia demostró la detección de una pérdida de la capacidad portante de estos materiales cuando se superan ciertos valores del porcentaje de la densidad Proctor Normal, produciéndose un máximo en el índice C.B.R. en torno del 96%-97% de la densidad P.N., disminuyendo este índice sensiblemente, al aproximarse al 100% de dicha densidad.

D. Pedro Sola y **D. Francisco Samper** de Geocisa, y **D. José Ontañón** de Dycsa, presentaron "Empleo de suelos singulares en los terraplenes de la planta de tra-

tamiento de R.S.V. de Valdemingómez (Madrid)", en la que, gracias a un completo estudio previo de materiales (características de compactación, de colapso y expansivas de las arcillas presentes en el subsuelo), un proyecto ajustado (arcillas como núcleo de terraplén, colocando una coronación y espaldones que protegen de los cambios de humedad), un control de ejecución adecuado y mixto ("ejecución" y "producto terminado"), se construyeron terraplenes de una altura de 10-12 m con un buen comportamiento hasta la fecha.

"La construcción y control de terraplenes de escombros mineros" fue expuesta por D. J. Taboada, D.J.M. Lanaja y D.R. Barrionuevo, de la Universidad de Vigo; y D.R. Martínez del Servicio de Protección Civil de Valladolid. En su exposición quedó patente la posible utilización de escombros, en especial de pizarra, para la construcción de terraplenes, caracterizados por una gran disposición granulométrica y acusada lajosidad.

D. Ignacio Morilla presentó a continuación "El control de calidad de terraplenes. Propuesta de nuevos métodos", en la que propuso un sistema de control de calidad, basado en la clara delimitación de la clasificación de terraplenes, suelos mixtos y pedraplenes; la granulometría, plasticidad, C B R. y materia orgánica como base de los criterios de aceptación o clasificación de materiales gruesos unidos a los de humedad, variación de C B R con la humedad y alterabilidad; ensayos de control in situ basados en la densidad, humedad y capacidad de soporte, etc.

D. Manuel Romana, de Ingeotec, y D. Jaime Ronda, Autoridad Portuaria de Valencia presentaron "La consolidación por voladuras de un relleno hidráulico en el Puerto de Valencia" en la que desarrollaron la compactación por explosivos de un relleno hidráulico de 50 000 m³, en el citado puerto, de un espesor medio de 14 m bajo el agua y 2,5 m sobre ella, constituido por arena limpia y muy uniforme. Sobre el relleno compactado se construyeron sendos tanques de combustible, de 14 m de altura x 12 a 20 m de diámetro,

con un plazo de diseño y ejecución de 2 meses.

"El diseño de un terraplén de la Autovía Zaragoza-Huesca con materiales miocenos evolutivos sobre un cimientado colapsable" fue presentada por D. Miguel Fe de AEPO, S.A. y D. Alberto Bernal, profesor de la ETSICCP de Madrid y Consultor, y recogía los resultados del estudio geotécnico, realizado por la citada empresa, para este diseño de terraplén. En

presidida por D. Pedro Sánchez, Jefe de la Demarcación de Carreteras del Estado en Galicia, y comenzó con la intervención de D. Francisco J. Andreu, de Ingeniería de Instrumentación y Control, S.A. (IIC), con el tema "Auscultación de terraplenes", comentando algunos aspectos generales a tener en cuenta en la auscultación; repasó los equipos más frecuentes en esta actividad; y, finalmente, presentó algunos casos reales que so-



Todas las fases que intervienen en la construcción de un terraplén fueron analizadas y debatidas en este Simposio. En la foto, terraplén Arroyo de las Meriendas (Za-323).

su exposición se detalló la descripción del terreno de cimentación y los ensayos realizados para simular la evolución de la capacidad portante del relleno a base de margas miocenas.

Finalizó la III sesión con la comunicación "Terraplenes de la Autovía de Levante sobre terrenos blandos en el valle del río Tajuña", presentada por el último de los autores citados, que recogía un caso de aluvial altamente deformable en el que, con unos sencillos reconocimientos, se detectaron la presencia de arcillas blandas que obligó a una cimentación de las estructuras con pilotes, acelerando la consolidación del terreno bajo los terraplenes de acceso. La concordancia resultó positiva entre los valores medidos y los calculados.

IV. Sesión. "Auscultación y nuevas tendencias"

La última de las sesiones fue

bre el caso propuesto, respondían a tipologías de relleno que requieren un control instrumental.

D. J. A. Hinojosa, de la Dirección General de Carreteras del MOPTMA, presentó "Normativa y nuevas tendencias", en la que, tras hacer una muy breve síntesis de la historia de los terraplenes, comentó las características de los materiales a utilizar en núcleo, cimientado y coronación en diferentes especificaciones extranjeras justificando, posteriormente, la necesidad de una nueva normativa en España y presentando -por ello- una propuesta de redacción del artículo 330 del PG-3.

La primera presentación de comunicaciones, estuvo a cargo de D. J. Celma, de la U.P. de Valencia, quien expuso la "Instrumentación de un terraplén experimental sobre un relleno hidráulico en el Puerto de Valencia", analizando sus resultados con un método desarrollado por el autor. El método para la interpretación de curvas

“

La

presentación de casos prácticos fue una de las características más acusadas del Simposio.”

asiento/tiempo en procesos de carga escalonada se aplicó al análisis de los asientos producidos por un terraplén circular sobre un relleno hidráulico, siendo la correlación entre los resultados, medidos y calculados, bastante buena. Además, destacó que ha permitido corregir la curva de asientos medida, para poder tener presente los movimientos inducidos para las máquinas de extendido del terraplén sobre las células de asiento.

“La construcción de terraplenes con residuos de carbón” fue el tema abordado por el citado **D. J.A. Hinojosa** y **D. J. González** de Hunosa. Entre otras conclusiones, se afirmó que con una pequeña selección respecto a tamaños y procedencia, el carbón puede utilizarse en terraplenes, con calidades comparables a las obtenibles con otros materiales naturales. Por ello, se redactó una norma, similar a la de otros países, en la que se recogen requisitos, exigencias etc., que deben cumplir los estériles para su empleo.

D. Julio García-Mina y **D^a Marta Muro**, ambos de Arco Systems, S.A., presentaron la comunicación “Terraplenes reforzados con mallas sintéticas. Muros ecológicos. Casos prácticos: muro ecológico en la variante de Eibar (Guipúzcoa)”, que describió el método de cálculo y de ejecución, de la construcción de terraplenes con ángulo de pendiente en un rango de $90^\circ \beta 30^\circ$ mediante mallas sintéticas de poliéster de alto módulo elástico. En cuanto al caso práctico, detalló que el material utilizado como refuerzo consistió en una malla a base de filamentos de poliéster de alto módulo elástico, recubierta por una capa de PVC de 35 kN/m de Resistencia a Tracción en Rotura, con una apertura de 20 x 20 cm.



El último día se dedicó a una visita técnica a la Autovía Rías Bajas, en fase de ejecución.

“El control de asientos de terraplenes en la Autovía Málaga-Torremolinos” fue presentada por **D. Pedro Sola** y **D. Juan Rogel** de Geocisa, y **D. Luis Cánovas** y **D. Francisco Ruiz** de la Demarcación de Carreteras de Andalucía Oriental (MOPTMA) y recogía la metodología de diseño y control, a través de un terraplén de prueba experimental, de la consolidación del sustrato en la traza de la autovía, en el que previamente se había instalado una malla de drenes verticales, observando su eficacia y correcto comportamiento, y la aproximación de las previsiones iniciales efectuadas.

A continuación, **D. Fernando Pardo** y **D. Carlos Oteo**, del CEDEX, presentaron la “Comprensibilidad e hinchamiento de cenizas volantes compactadas de cara a su utilización en terraplenes” en la que resumieron las características geotécnicas de varias muestras de cenizas volantes, describiendo los ensayos de laboratorio para determinar la compresibilidad y comportamiento volumétrico de estas cenizas compactadas. Sus resultados se analizaron y compararon con experiencias extranjeras, realizándose una caracterización de la compresibilidad y sus propiedades volumétricas, recomendándose medidas para su puesta en obra y correcto comportamiento.

D. V. Cuéllar, del Laboratorio de Geotecnia del CEDEX, presentó “La Auscultación de terraplenes mediante ondas superficiales”, subrayando las ventajas de esta técnica frente a otros sistemas, comparándolo con otros como el “cross-hole” y el “down-hole”, destacando su aplicación y eficacia.

Para finalizar, se presentó la comunicación “Utilización de estériles de carbón en rellenos de tierra reforzada”, del anteriormente mencionado **D. Fernando Pardo**; **D. José González** de Hunosa y **D. Miguel Torres** de la Universidad de Oviedo, informando que se han analizado los estériles más significativos del país y, sobre 4 de ellos, se han hecho ensayos de caracterización y geotécnicos, especialmente de rozamiento con distintos elementos de refuerzo así como de durabilidad. Se concluyó informando sobre la construcción de un relleno de prueba, a escala real, utilizando dos sistemas de muros de tierra reforzada con elementos poliméricos, y dos tipos de estériles.

Tras ella, y la posterior discusión, se realizó la lectura de las conclusiones, a cargo del Presidente del Comité Organizador, **D. Antonio Alcaide**, Presidente de Ineco, S.A., y la posterior clausura del Simposio, acto que fue presidido por **D. Felipe Martínez**, Director Gral. del CEDEX.

La jornada culminó con una cena de clausura.

Visita técnica

El viernes 30 y como colofón se realizó una visita técnica a diferentes tramos en obras de la Autovía Rías Bajas, entre Porriño y Orense (aproximadamente 80 km), donde los congresistas pudieron apreciar in situ muchos ejemplos prácticos de lo debatido, en una autovía que tiene un plazo de ejecución, de entre 22 y 30 meses, según tramos, algunos de los cuales están próximos a inaugurarse. ■