

Jornada sobre Técnicas de Eco - Ingeniería para la Integración Paisajística y Ambiental de las Carreteras

Pamplona, 3 de octubre de 2000

POR LA REDACCIÓN

1ª Sesión.- Ecoingeniería aplicada en elementos resistentes de la carretera

La primera de las ponencias de la jornada fue presentada por **D. Iñaki Amigot**, de Huésker Geosintéticos, S.A., y llevó por título los **"Geosintéticos de refuerzo de suelo para soluciones de eco-ingeniería en carreteras: Muros vegetalizados"**. En ella, tras definir el concepto de suelo reforzado y afirmar que los muros vegetalizados son macizos de tierra reforzados con geosintéticos, y que son estructuras que se componen de tongadas de material relleno compactado, envueltas por un geosintético, que tiene una alta resistencia a la tracción y que debe ser capaz de absorber el esfuerzo a tracción longitudinal generado durante la vida útil de la estructura, se expusieron sus ventajas: mayor integración paisajista y un menor impacto ambiental, menores cargas transmitidas al subsuelo, muros de mayor altura, no necesitan cimentación tradicional con la lógica reducción de costes de expropiación, mayor compactación del terreno, etc. Posteriormente, se explicaron los tres sistemas de ejecución con sus ventajas e inconvenientes: sistemas internos y temporales, interiores y permanentes, y exteriores y temporales, y los modos de fallo de los muros vegetalizados.

Continuó la exposición con la enumeración de las propiedades de los geosintéticos de refuerzo, gracias a la interacción entre el geo-



La inauguración de la jornada fue presidida por el Director General de Obras Públicas del Gobierno de Navarra, D. Álvaro Miranda Simavilla. Le acompañaron los Sres. Lacleta, Elorrieta y Rodés.

sintético y el suelo, y a su resistencia a tracción, propiedades que se analizaron a continuación, junto con sus coeficientes de seguridad. La exposición terminó con diversas propuestas de diseño, y sobre todo con la recomendación de contar con información certificada del tipo de refuerzo, pues el certificado de homologación del material asegura que realmente ese material está fabricado para el uso al que se le destina.

"La tecnoingeniería verde aplicada al diseño de muros ecológicos de alto rendimiento y bajo coste" fue presentada por **D. Jesús Casado**, de Acycsa, en la que presentó el muro verde de tierra reforzada T-Reverd, sistema de estabilización y formación de taludes para la consecución de paramentos de hasta 90°.

Los muros se estructuran a base de mallazos de acero y geomallas entre capas de tierra compactada, permitiendo gran variedad de acabados en un extradós altamente consolidado. El muro consta de tres partes: núcleo de tierra, a base de tierras adecuadas compactadas en capas de 30 cm entre mallazos; armadura de refuerzo, con mallazo de acero estructural de capacidad mecánica según cálculos y rigidizadores de acero como conectores y definidores de pendientes; y superficie de la cara libre, que tiene un acabado de gran versatilidad, geomalla drenante y porosa como soporte de hidrosiembra y permite la utilización de materiales pétreos y otros tratamientos de acabado.

Su proceso constructivo es el siguiente: 1) Colocación de la armadura de refuerzo de la tierra y de-

finición; 2) Terraplenado y compactación por medios mecánicos de la capa de tierra hasta la cara libre; 3) Relleno y reperfilado de la tierra en la cara libre con niveladora; 4) Cierre de la armadura de refuerzo sobre la tongada; 5) Colocación de la siguiente armadura de refuerzo; y 6) Una vez conformado el muro, hidrosiembra reforzada o plantaciones.

La ponencia terminó con la exposición visual de su construcción y algunos ejemplos en diversas ubicaciones.

D. Fernando García Marín, de *Teconma, S.A.* expuso la **"Vegetación de taludes estabilizados previamente con bulbos y gunitado de hormigón"**, en la que presentó los trabajos realizados en varios taludes, con diferentes pendientes y distinta orientación, en una superficie aproximada de 6 500 m², y en cuatro zonas de la variante de Ibarsusi (Bilbao-Vizcaya): Ramal enlace Otxarkoaga, Eje 2, taludes vigas ancladas y tronco, desde el p.k. 2+600 al 2+700, centrándose en el mencionado enlace. La actuación realizada comenzó por la conducción del agua y del drenaje, previa a la vegetación del talud, con Filter Flow de Tensar y con tubo plano sacando el agua del talud y utilizando, posteriormente, el sistema de esa empresa para la reducción del impacto producido por la estabilización superficial del gunitado de hormigón.

El mencionado sistema tiene las ventajas de proteger el talud, estabilizarlo superficialmente, crear un suelo artificial de hasta 15 cm e integrar los taludes en el paisaje. Consiste en la colocación de una malla de triple torsión que sujeta superficialmente y sirve al mismo tiempo como almacén del sustrato, sobre la que se proyecta, con una máquina hidroneumática especial, el sustrato con semilla con alta proporción de materia orgánica y otros componentes que constituyen el suelo sobre el que se establecerá la vegetación.

Finalizó informando que también



Vista general de la sala. En primer plano y entre otros, los Sres. Lacleta y Ruza.

se han realizado este tipo de trabajos en las variantes de Azkoitia y Hernani (Guipúzcoa), Presa de Itoiz (Navarra), en Andorra, etc.

Más adelante, **D. Germán Bastida**, de *Award Winning Chyenne Bitware*, presentó la ponencia **"Hacia carreteras sostenibles"** afirmando que la ingeniería del paisaje puede aportar algo más que el mero "maquillaje" de las carreteras, fijando como mucho algunos taludes con vegetación adecuada, para convertirse en parte integrante de la carretera del mañana.

La durabilidad de las infraestructuras y el coste de su mantenimiento cada día es más importante (hay más infraestructuras que mantener). Este mantenimiento de una infraestructura durante todo su ciclo de vida debe ser compatible con su uso y valor social que garanticen su permanencia, pues las carreteras no transcurren sobre la "nada", y es necesario tener una visión integradora de ellas que recaen más en las relaciones entre los elementos que sobre éstos propiamente: es decir, una visión ecológica.

El concentrarse, por ejemplo, en el pavimento, cuando el mayor grado de deterioro de la carretera está en el drenaje, es un buen ejemplo. Asimismo, debe primar una

concepción "transversal" en lugar de una "superficial" de la carretera, pues éstas son algo más que una superficie. Y también hay que tener en cuenta las preferencias y hábitos de sus distintos usuarios.

La premisa fundamental del ponente es que ni la carretera ni lo colindante debe perder valor. Se debe conservar con garantías este patrimonio desde su misma puesta en servicio. Estas acciones deben realizarse bajo formas innovadoras, con métodos pluridisciplinares y componentes participativos, vinculados al acercamiento al ciudadano.

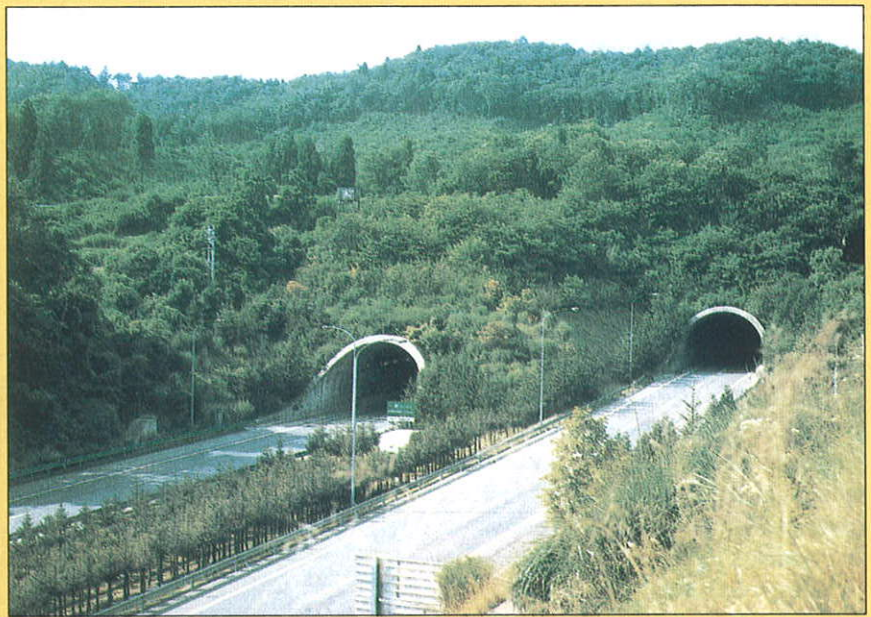
Los **"Muros verdes. Sistemas Orleki y Evergreen"** fueron presentados por **D^a Nekane Munduate**, de *Norten Prefabricados de Hormigón, S.L.*, que comenzó con una pequeña introducción sobre el concepto de macizo reforzado, que actualmente se realiza con componentes geotextiles. Estas estructuras, a las que se da un acabado vegetal, son básicamente tongadas de material de relleno compactado, envueltas por un material de refuerzo que tiene una alta resistencia a la tracción. El anclaje se consigue gracias al rozamiento entre el relleno y el geosintético.

Dada la actual falta de una normativa, que en principio se está redactando a nivel europeo, cada país

adopta un coeficiente diferente de seguridad. De ahí que la instalación de las geomallas certificadas tiene la ventaja de que al proyecto se le pueden aplicar factores de seguridad certificados y verificados, que son más bajos que los factores de seguridad que las diferentes normativas recogen por defecto. El mayor riesgo, por contra, está en que los factores parciales de seguridad certificados se utilizan también para calcular la resistencia de proyecto de geomallas no certificadas, por razones puramente comerciales.

En este contexto, el sistema ORLEKI se caracteriza, según el autor, por su verticalidad, perfecto acabado del paramento, poder definir la inclinación desde el primer momento, y que no hay ningún elemento metálico en el paramento que afecte la estética del muro. En este caso, se emplea un cimiento consistente en roca proveniente de la misma excavación, previa medida de su calidad geofísica como cimiento ($V_p > 1\,800\text{ m/s}$). Se da especial importancia al drenaje adecuado, y a la instalación del encofrado.

La ponencia **“Estructuras de contención de terrenos mediante el uso de geosintéticos”**, fue presentada por **D. Carlos J. Sánchez Díaz** y **D. José L. Cuenca Lorenzo**, de Polyfelt Iberia. En ella y tras afirmar que los geocompuestos de refuerzo y drenaje combinan unas buenas capacidades drenantes en el plano con un alto módulo de elasticidad y elevadas propiedades resistentes, haciendo posible la construcción de estructuras con una mayor altura y economía, se citaron a los productos Polyfelt Rock PEC y RPC como geosintéticos apropiados para estructuras de suelo reforzado en general y para rellenos con material cohesivo en particular. Tras explicar los parámetros de diseño, la estabilidad externa e interna, las directrices de puesta en obra y las técnicas constructivas de integración ambiental (hidrosiembra, gunitado y piezas prefabricadas de hormigón), llegaron a las conclusiones de que



Boquillas integradas en el paisaje (Japón).

las estructuras de contención de tierras construidas con geocompuestos de refuerzo que combinan elevadas resistencias con bajas deformaciones y altas capacidades de drenaje, en el plano del geotextil no tejido de filamentos continuos de polipropileno ofrecen una alternativa económica, técnicamente probada y respetuosa con el medio natural.

Este tipo de rellenos proporciona un mayor aprovechamiento de suelos con bajos valores resistentes, presentes frecuentemente en las diferentes obras de carretera, lo que supone una gran ventaja económica, y, además, es compatible con diferentes procedimientos técnicos de integración paisajística.

Finalmente, aunque los principios de diseño permanecen básicamente iguales a otras estructuras de contención, dadas las especiales condiciones de este tipo de geocompuestos de refuerzo, se aconseja al ingeniero proyectista que consulte al geotécnico experimentado en el dimensionamiento de geosintéticos para la construcción de suelo reforzado.

D. José A. Juncá Ubierna, de Socytec, S.L., presentó el **“Proyecto estético e integración en el entorno de túneles de carretera”**. Para el ponente, el

túnel es la solución ingenieril más en contacto con el terreno, aparte de la consideración de la carretera como un todo que debe integrarse en el paisaje. Las embocaduras y las instalaciones exteriores no deben descuidarse y deben integrarse como algo armónico con su entorno, evitando el efecto “muro”, siendo recomendable la utilización de soluciones ataluzadas en “pico de flauta” o con suaves taludes en montera. En definitiva, en soluciones que abocinen las embocaduras. Ya en el interior, el nivel de mayor influencia es el nivel de claridad ambiental del túnel, factor en el que influyen la iluminación y los tonos de color empleados en el tratamiento de superficies. A ser posible, debe de ser regulable en función de la intensidad de la luz natural en el exterior.

En resumen, el proyecto estético de túneles no es una simple concesión formal, sino una necesidad exigida por los niveles de calidad creciente demandados por la sociedad, y está estrechamente vinculado a factores vitales del mantenimiento y uso de estas infraestructuras como son la seguridad y el confort.

“El sistema ARMATER. Sistema armado del terreno” fue

presentado por **D. Fernando García Marín**, de *Teconma-Sioser*. El sistema consiste en un armado de terreno con celdas exagonales armadas por geotextil de poliéster no tejido, que forma una estructura alveolar con gran rigidez y permeabilidad suficiente para el sostenimiento de tierras. Posee una gran flexibilidad y fácil adaptación, ligera y de instalación fácil con gran resistencia a tracción y desgarro, fácil de manejar por su reducido volumen, alta permeabilidad de las paredes alveolares y que, una vez relleno, permite el paso de maquinaria pesada por él. Tras explicar los modelos y dimensiones, subrayó el especial diseño de la estructura que supone una protección de los taludes contra procesos erosivos, evitando la formación de cárcavas y deslizamientos superficiales. Además, en aquellos taludes donde el suelo no tiene capacidad de arraigo de la vegetación, proporciona un buen soporte para la incorporación de tierra vegetal en espesor variable.

Finalizó su intervención informando de los más de 100 000 m² instalados en taludes con distintas inclinaciones y tipos de materiales.

D. Asier Gárate, de *Construcciones Mariezcurrena, S.A.*, presentó la comunicación **"Tratamiento de taludes en la variante de Idiazábal (Guipúzcoa)"**. En ella presentó una solución que consistió en el sellado de la masa rocosa mediante la aportación de una cubierta vegetal con semillas de especies herbáceas y leñosas locales, con el fin de evitar la oxigenación de la roca y detener su disgregación. La manta, además, debía aportar todas las propiedades físico-químicas de un suelo para servir de sustento de semillas. Tras la aplicación de las 4 capas (arena sílicea procedente de diatomeas, abono orgánico de estiércol compostado, abono mineral rico en N, P y K y estabilizantes), se consigue una película de 4 a 6 cm de espesor.

Posteriormente se ha regado la superficie tratada y se ha extendido otra capa de *mulch*. Hasta la fe-



Un total de 21 comunicaciones se presentaron en esta jornada.

cha los resultados están siendo satisfactorios, evitándose el "chineo" de la roca y, tras la primera germinación de herbáceas, comienza a brotar el árgoma y la retama.

Finalizó su exposición presentando algunas mejoras como lo aconsejable de un mejor mantenimiento en primavera y en otoño, incrementando la proporción del abono orgánico y del mineral, y afirmando que la alteración de las masas rocosas formadas por lutitas es inevitable, por lo que hay que buscar inclinaciones de taludes que permitan que el material desprendido no caiga al pie del talud, sino que sea estable y lo cubra.

La ponencia **"Autopista A-15: actuaciones medioambientales singulares en 2000"** fue presentada por Aude-nasa. La ponencia versó sobre varias actuaciones realizadas en la A-15, que consisten en el revestimiento de 4 000 m² de superficie expuesta (limos muy erosionables) con manta orgánica, buscando evitar la erosión de la lluvia directa sobre el talud y facilitar el asentamiento de una cobertura vegetal que se provocará mediante posterior hidrosiembra, en dos pasadas y con mezclas de especies arbustivas, her-

báceas y arbóreas, en la que se reducirá la dosis de estabilizador para conseguir una mejor penetración de la semilla, y que ésta quede más protegida contra los arrastres de la propia manta. Ésta, 100% de esparto con dos redes fotodegradables, tiene una alta capacidad de absorción hídrica y de amortiguación de impacto de gotas de lluvia. La hidrosiembra se compone de 350 kg de semillas por ha, 500 kg de abono, 75 kg de estabilizador, 400 kg de celulosa y 600 kg de *mulch*.

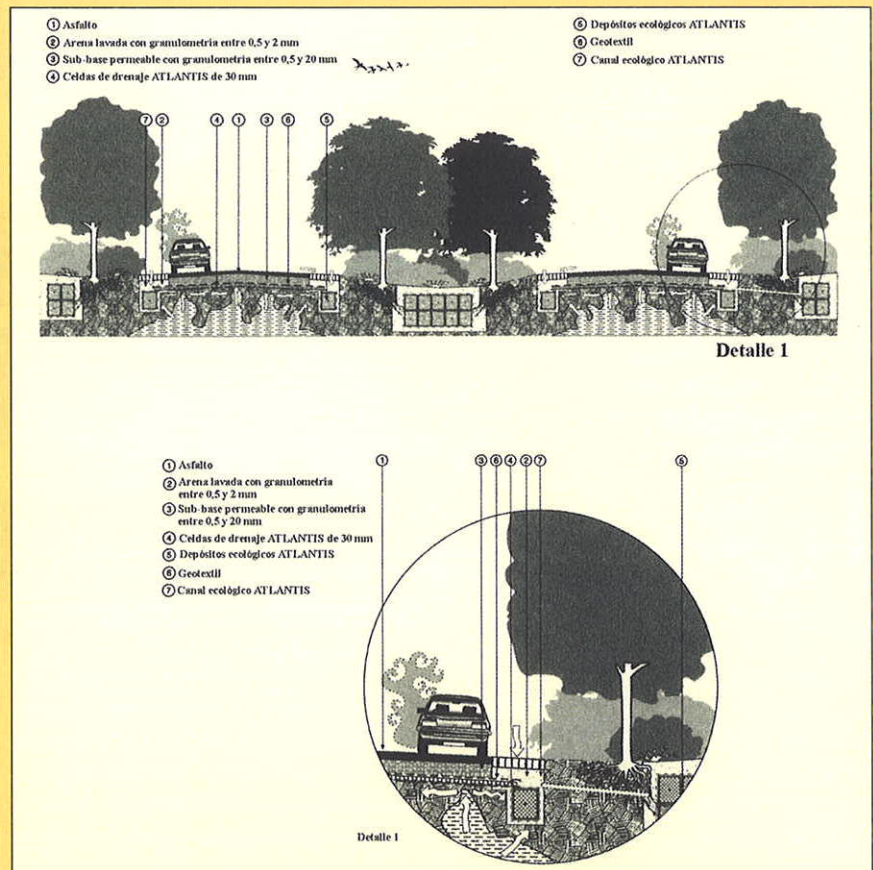
En cuanto a la segunda actuación, la renovación de seto de mediana, el cual se encuentra en un medio hostil, ha comenzado con la retirada de 7 km de mediana, sembrada con *Cupressus macrocarpa* y *arizonica* y *Pinus halepensis*. Su reposición se planifica separándose convenientemente de la calzada.

"Guniverd: sistema de revegetación para taludes rocosos" fue expuesto por **D. Alejandro Marsol**, de *Stachys, S.A.*, presentando este método como respuesta a la necesidad de disponer de un sistema de revestimiento de taludes extremadamente críticos para la revegetación tradicional, formado por la proyección de subs-

trato orgánico por medios neumáticos, con la finalidad de crear un potencial de suelo artificial de forma inmediata, capaz de mantener una cubierta vegetal de forma estable, autosuficiente y poliespecífica. En este contexto, GUNIVERD es un conjunto de técnicas que tratan de mejorar el entorno y que hacen que se active el proceso de recuperación de la roca madre, haciendo que se acelere y continúe más allá de la cubierta verde que se establece a corto plazo.

Este sistema está diseñado para fijar la superficie pedregosa de un talud de una obra pública, sin limitación de pendiente, estabilizándola y evitando la caída de piedras y, al mismo tiempo, la degradación del talud, creando al mismo tiempo una cubierta vegetal que además evita el impacto visual del muro rocoso. El soporte reticular puede ser una malla metálica de tripe torsión galvanizada, geomallas, georredes bulonadas, etc., que se ciñen al talud en toda su superficie sin que se sobrepasen los 10 cm de separación. Después se ancla el soporte reticular, se cosen entre sí los bordes de cada rollo, y se fija el enrejado al talud y a su borde inferior. A continuación, se colocan tubos de drenaje según los aportes hídricos del talud y su pendiente, o bien sistemas de almacenamiento y distribución de agua para riego, según las posibilidades y necesidades de la zona.

A continuación se recubre la malla con una capa de entre 5 y 10 cm proyectada por vía neumática a través de una máquina especial de gunitar. Este material es una mezcla de tierra vegetal cribada y de consistencia franco-arenosa, mantillo de estiércol animal, turba negra, fibra de madera, paja de cereal molida, fibra de polipropileno, cemento natural, compactador a base de polímeros, correctores, agua y polímeros hidroabsorbentes y, por último, semillas de herbáceas pratenses, arbustivas y arbóreas, seleccionadas para cada caso particular, con la abundancia suficiente como para lograr una germinación escalonada y



Esquema de la carretera "Atlantis" presentada por D. Modesto González y D. Pedro Lasa.

adecuada a las condiciones de humedad que se den en el talud.

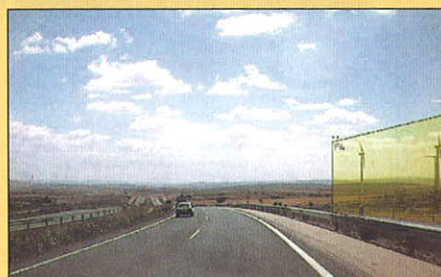
2ª Sesión.- Ecoingeniería aplicada en elementos no resistentes

Más adelante, las **"Normas tecnológicas de jardinería y paisajismo (NTJ) sobre técnicas de bioingeniería para la estabilización y revegetación de taludes"** fueron presentadas por **D. Joaquim Bosch Bosch**, del **Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas y Peritos Agrícolas de Catalunya**. En ellas expuso un extenso trabajo como intento de normalizar las técnicas de integración paisajística y ambiental que se llevan a cabo en las obras lineales, con técnicas de bioingeniería para el control de la erosión, la estabilización y la revegetación de taludes.

En la actualidad ya se han publicado 33 Normas Técnicas de Jardinería y Paisajismo (NTJ) y muchos profesionales del sector, organismos oficiales y empresas ya las han incorporado como herramienta de trabajo. Para facilitar su empleo, se ha creado una serie de manuales prácticos basados en las NTJ. De momento han aparecido cuatro. Con su pequeño formato e ilustraciones y fotografías a color pueden consultarse ágilmente en cualquier lugar. El trabajo realizado hasta ahora es especialmente interesante en las técnicas de fijación de taludes mediante bioingeniería. No está ni mucho menos terminado, y cualquier aportación que se quiera hacer será bien recibida por la Comisión de Jardinería y Paisajismo del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas y Peritos Agrícolas de Cataluña, que es la que elabora estos manuales. Su dirección de correo electrónico es: ntj@coe-tagricos-cat.es

El “**Estudio de la supresión de cunetas de borde de calzada**” fue presentado por **D. Modesto González**, de ICA Ingenieros, y **D. Pedro Lasa**, de Solumed. En ella presentaron y justificaron la utilización del sistema de drenaje Atlantis como elemento idóneo para realizar la función de drenaje encomendada a la cuneta de borde de calzada. El canal drenante transporta e infiltra simultáneamente el exceso de escorrentía, no necesitando obras de desagüe habituales en las cunetas, al tiempo que controla el nivel freático bajo las capas granulares, actuando -según los autores- como un eficaz drenaje profundo longitudinal y a un coste reducido. Además, subrayaron que este sistema aumenta la seguridad vial, reduce la zona de afección al exigir un menor espacio para su colocación, disminuye los costes de explotación de la carretera al no necesitar mantenimiento, no incrementa el presupuesto de ejecución material de la carretera y mejora tanto el aspecto medioambiental como el ecosistema circundante de la carretera.

Los “**Usos y abusos de las técnicas de revegetación en la restauración ambiental de carreteras**” fue el título de la ponencia presentada por **D. Pablo J. Gómez Sánchez** y **D. Alberto González Sanz**, ambos de El Ejidillo Viveros Integrales, S.L., en la que trataron de disertar, analizar y evaluar los frecuentes prejuicios, imprecisiones e incorrecciones de aparición frecuente en los proyectos o en la propia ejecución de las obras, analizando los factores que los desencadenan, desde el exceso de información de tipo oral poco contrastada, la escasez de ensayos o la infravaloración del contenido técnico de las decisiones. Más adelante defendieron que todo proyecto debe resultar un equilibrio razonable entre los criterios técnicos, los del promotor y los paisajísticos. Tras ello presentaron algunos problemas relativos a las plantaciones en cuanto a la elección



Acondicionamiento de un parque eólico.

adecuada de especies, tamaños, presentaciones, etc. subrayando que la gran biodiversidad botánica española debe permitir el estudio y evaluación de muchos más taxones vegetales de los actualmente utilizados y cultivados en viveros. Tras analizar la casuística variopinta en relación con la hidrosiembra, analizaron las mantas y georredes, las cuales resultan desaconsejables su utilización sin técnicas complementarias.

Posteriormente llegaron a las conclusiones de la necesidad de considerar las técnicas de revegetación como tratamientos muy técnicos, en el marco de la ecoingeniería, y, por ello, alejado de opiniones profanas. Así mismo, la necesidad de subordinar los Pliegos de condiciones al sentido común, si bien este último debe estar a su vez subordinado a los conocimientos técnicos y experiencias, en lugar de creencias infundadas, pero admitidas por tradición o repetición.

Finalmente, que no debemos olvidar que los planes de obra presentan un desarrollo muy oportuno en cuanto a la obra civil, frente a un mero tratamiento final de restauración. Este planteamiento, claramente incorrecto, debe orientarse por el contrario en el sentido de reconocer la complejidad técnica de

la restauración y prever su desarrollo óptimo a lo largo de la obra.

Por su parte, **D. Francisco Navarro Alvillo**, de Esteyco, S.A., presentó el “**Acondicionamiento paisajístico de parques eólicos. Metodología paliativa desde una carretera**”, en la que se habló del coste medioambiental que suponen los parques eólicos, al situarse en lugares de gran impacto visual. En el caso de cercanía de las autovías, es conveniente utilizar técnicas de apantallamiento visual, analizando el estado de los impactos antes y después de actuar. A modo de ejemplo, se ha tomado el parque eólico de El Perdón, cercano a la carretera de Pamplona a Puente de la Reina, así como los relativos a los parques de Echagüe-Alaiz-Aizquibel.

En el caso estudiado, la autovía atraviesa el parque eólico desde un sentido de la circulación. La solución propuesta se basa en un conjunto de tres pantallas que, en una primera aproximación al parque, más que ocultar, “compiten” visualmente con las torres, y logra una alienación sobre el talud del margen izquierdo. Sigue una pantalla que bloquea la visión más “espectacular” del parque eólico, con su posible incidencia en la seguridad vial, y luego una tercera que ter-

mina de bloquear las vistas directas, añadiendo un efecto de restitución del trazado. Las pantallas se harían con pequeños movimientos de tierras y, sobre todo, plantación de árboles y arbustos, con lo que la contribución a la mejora del entorno visual de la autovía será doble.

D^a. Balbina Casas, de *Projar, S.A.*, dedicó su intervención a las **"Técnicas actuales de restauración ambiental y control de erosión"**, afirmando que la restauración tiene como objetivo la recuperación del entorno a su estado natural, tratando de integrar las acciones humanas en el paisaje con el menor impacto posible. Prosiguió definiendo sus objetivos y clasificando los materiales en biodegradables y no biodegradables. Entre los primeros, destacó las mantas orgánicas Fijavert que son "mulches" prefabricados contruidos a base de fibras naturales entrecosidas con mallas de polipropileno no estabilizado degradable por acción de la radiación U.V., que aumenta la disponibilidad del agua al estimular su infiltración, reduce su evapotranspiración, controla la erosión, favorece la implantación de la cubierta vegetal y son un aporte adicional de materia orgánica. Entre sus tipos, destacó las mantas de paja de cereal o de heno de pradera al 100%, las de paja-coco o heno-coco al 50%, las de coco al 100% y las orgánicas con semillas incorporadas. Posteriormente habló de las redes orgánicas, que son redes naturales de yute, coco, etc., que controlan la erosión de los desmontes y crean celdas como soporte de hidrosembras, facilitando el crecimiento vegetal y actuando como pequeños diques contra la erosión producida por la escorrentía. De ellas destacó las redes de yute y las de coco que se recomiendan para zonas de pluviometría media-alta. Su ventaja sobre las mantas orgánicas es que permiten adaptarse con mayor facilidad a terrenos poco preparados, mal perfilados, e, incluso, con salientes rocosos.

Entre los soportes no biodegradables, destacó las georredes de po-



Sesión de clausura.

lietileno de alta y baja densidad que no se oxidan en los puntos de torsión, tienen buena adaptabilidad al terreno y resistencias a tracción elevadas, coste material competitivo, etc. Como ejemplos presentó la malla volumétrica Trinter recomendada para la creación de suelos en taludes con material pedregoso abundante, emboquilladuras de túneles, etc, y las geoceldas de confinamiento celular, especialmente diseñadas para la estabilización de carreteras, protección de taludes y canales y formación de muros.

Más adelante, **D^a Verónica Kuchinov**, de *Acycsa*, intervino con la ponencia **"Pantallas acústicas ambientalmente correctas"**, presentando dos ejemplos de pantallas acústicas (T-Sonic y Eco-Plak) que han obtenido el Distinti-

vo de Calidad Ambiental de la *Generalitat de Catalunya*, algunos de cuyos ejemplos se pueden observar en la Ronda Litoral de Barcelona y en la autovía de Estella, las primeras; y en la Ronda de Dalt de Barcelona y en la Ronda Sur de Grànellers, las segundas. La T-Sonic está construida con tierra reforzada y permite plantaciones en todo su entorno lo que permite la máxima integración paisajista, pareciendo un suave talud ajardinado. Su reforzada configuración permite forzar el talud permitiendo su colocación en ubicaciones donde las pantallas de tierra son inviables. Con un mantenimiento mínimo, el 75% de su composición es material reciclado y se fabrica "in situ".

La segunda es una gama de pantallas acústicas de altas prestaciones y realizada al 100% con material reciclado, configurado con placas y cuidadosamente seleccionado. Son del tipo absorbente-aislante que se combina tipo "sandwich" con una gran variedad de configuraciones y diseños.

La **"Estabilización de talud rocoso con revegetación sobre malla de triple torsión y malla plana de polipropileno en las obras del túnel de Larraikaitz (Navarra)"** fue el título de la presentación de **D. Daniel Rodés**, del Gobierno de Navarra,

La restauración ambiental tiene como objetivo la recuperación del entorno, tratando de integrar las acciones humanas en el paisaje con el menor impacto posible

y **D^a. Fabiola López**, de *Gestión Ambiental-Viveros y Repoblaciones de Navarra, S.A.*, en la que explicaron brevemente un ejemplo de corrección de impacto ambiental mediante la instalación de una malla plástica plana de polipropileno de 15x15 mm bajo otra metálica de acero galvanizado de triple torsión de 10x8 cm en los taludes de una boca del túnel mencionado, con el objeto de estabilizarlos y favorecer así su colonización. El ponente mostró gráficamente lo anteriormente enunciado y explicó que ambas mallas se han instalado sobre los taludes de esquistos y pizarras de la boca norte del túnel, tanto sobre el desmonte frontal de orientación Norte, como sobre el lateral de orientación Este. Las dos mallas se han anclado en la cabecera del desmonte con picas de 20 mm de diámetro y 1 m de longitud, separadas otro metro entre sí. Además, en la coronación se han colocado barras de reparto del mismo diámetro que las de anclaje, y ambas mallas se ha sujetado a la vez sobre la superficie del talud mediante picas de 16 mm de diámetro y 0,80 m de longitud.

Una vez terminada la colocación, se ha realizado una hidrosiembra convencional en dos pasadas con semillas herbáceas pratenses y leñosas arbustivas.

La superficie sobre la que se ha actuado ha sido de unos 4 000 m², en taludes 1h:2V y de 35 m de altura máxima, sobre el relleno del falso túnel. Sobre sus resultados prometedores se mostraron fotografías actualizadas.

No obstante, no finalizó la ponencia sin destacar lo adecuado del clima predominante y la facilidad de penetración de los materiales.

Así mismo, los anteriores ponentes presentaron también la **"Construcción de tragaluces para favorecer el paso de fauna en una estructura de drenaje en la N-121-A, Pamplona-Behovia"**, en la que expusieron la construcción de dos tragaluces para iluminar el in-

terior de una obra de drenaje, recorrida por una regata, con el fin de favorecer el paso de fauna silvestre. La estructura de drenaje larga se ubica en el mencionado túnel, en la N-121-A, entre Sunbilla e Igautzi, sobre la regata de Iruribietta, y soporta la nueva clazada y una rotonda partida, con una sección de 4x5 m y una longitud de 100 m, de los que 61 son de nueva construcción y el resto pertenecen a una obra de drenaje anterior. Los tragaluces se instalaron en las dos isletas existentes sobre la mencionada obra de drenaje, con una separación entre ellos de 14 m, evitando colocarlos sobre la calzada para no interferir el tráfico. Cada tragaluz consiste en un tubo de hormigón de 1 m de diámetro y 5 m de altura que deja pasar la luz desde la superficie de la isleta al interior de la obra de drenaje. En la boca exterior del tubo se ha encofrado y hormigonado una sección cuadrada exterior de 1,40 m en la que se apoya una rejilla de tipo trámex.

"El control de la erosión de suelos con mantas orgánicas: experiencias y aplicaciones prácticas" fue presentado por **D. Valentín Contreras Medrano**, de *Bonterra Ibérica*, cuya exposición versó sobre la problemática de la erosión en la creación de infraestructuras, centrándose en el uso de mantas orgánicas, que —según el ponente— constituyen un elemento eficaz en el control de la erosión superficial del suelo, afirmando que las diferencias de pérdida del suelo varían desde las 148 t/ha/año en las superficies sin tratamiento, hasta las 1,6 t/ha/año en superficies tratadas con mantas orgánicas de esparto.

Tras introducir el tema, definir los tipos de mantas orgánicas, aplicaciones, así como algunas experiencias realizadas en diversos lugares de nuestra geografía, llegó a las conclusiones de que con esta protección se consigue disminuir las pérdidas de suelo por erosión hasta en un 99% para el caso de

utilización de mantas con fibra de esparto 100%, una mayor cantidad de agua retenida e infiltrada, aumentar el desarrollo general de la plantación o nivel de arraigo e implantación, un mayor nivel de fijación y retención de semillas y de desarrollo de plántulas.

Para el ponente, la experiencia demuestra la versatilidad y utilidad económica de estas instalaciones que redundan en un mejor acabado y una mayor garantía de la obra, junto a una economía en su conservación.

Finalmente, de nuevo intervino **D. Asier Gárate** con el tema **"Depuración de aguas en la construcción del túnel de Larrakaitz (Navarra)"**, en el que, de no mediar tratamiento, las aguas provenientes de la excavación hubieran terminado en la regata de Larrakaitz, que vierte directamente al Bidasoa. La solución consiste en la instalación de un vaso de impulsión, un cilindro de floculación donde se decantan los lodos y un filtro prensa para su tratamiento. Tras explicar los cálculos previos y ubicar la obra, describió el proceso. En primer lugar, se refirió a la balsa de decantación, de 6x3 m y 1 m de profundidad en la que se instaló la bomba de impulsión de material abrasivo. El agua bombeada pasa por un tubo de alimentación donde se realiza la mezcla del polielectrolito que actúa de floculante.

Con una dosificación de polielectrolito de 30 gr por litro de agua, se vierte todo en el cilindro de floculación, que se cierra en forma de cono. Como el caudal de agua que hay que tratar es pequeño, el mismo cilindro actúa de depósito de los lodos. Éstos se extraen con una bomba, a razón de 2,28 m³ al día de media (1,14 t/día), hacia un filtro prensa de funcionamiento hidráulico, dotado de quince placas filtrantes. El lodo, así compactado, se convierte en tortas sólidas que pueden trasladarse al vertedero, mientras lo que resta de agua limpia puede volver a incorporarse a la regata de Larrakaitz. ■