

# DRENAJES ALTERNATIVOS EN PISTAS FORESTALES

J. Luis García Rodríguez<sup>1</sup>, José Elorrieta Jove<sup>2</sup>, J. Carlos Giménez<sup>1</sup> & Ricardo García Díaz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> U.D. de Hidráulica e Hidrología, E.T.S.I. Montes de Madrid, <sup>2</sup> U.D. Topografía y Vías de Saca, E.T.S.I. Montes de Madrid

## RESUMEN

En este trabajo se recogen las experiencias realizadas en un tipo de drenajes alternativos a los utilizados habitualmente en las pistas forestales españolas. La integración de los aspectos hidráulicos e hidrológicos, así como topográficos y medioambientales, ha supuesto un avance en el conocimiento de las relaciones de los drenajes con su entorno y las características de diseño de las alternativas propuestas.

## INTRODUCCIÓN

La red española de caminos forestales españoles consiste en más de 60.000 km, de los cuales sólo una pequeña parte está en condiciones adecuadas desde el punto de vista constructivo. La falta de medios económicos para una construcción de calidad y su posterior mantenimiento, ha dado lugar a que dicha red se encuentre en muchos casos en estado de abandono. Como por otra parte, la densidad de la red actual no tiene una distribución homogénea, repercute directamente en trabajos fundamentales como la repoblación forestal o la lucha contra incendios.

En muchos de estos caminos el sistema de drenaje juega un papel muy importante en el estado de mantenimiento de las pistas. Desde hace tiempo, en el diseño de drenajes se

viene considerando la normativa de carreteras (5.2.-IC), a falta de una normativa técnica adecuada al camino forestal. El objetivo fundamental de este trabajo pretende dar un nuevo enfoque al diseño de drenajes, encaminada a generar una normativa específica para el caso de las pistas forestales

Por otra parte, existen cantidad de trabajos en los que se relaciona su relación con el entorno, donde se pone de manifiesto los distintos perjuicios que el camino forestal produce, sobre todo por el impacto ambiental que se ocasiona.

La línea experimental de este proyecto ha sido la combinación de aspectos hidrológicos, con los constructivos o de diseño, estudiando el comportamiento de los diferentes materiales atrapados en los drenajes abiertos propuestos como alternativas.

El recorrido del agua en una ladera es alterado por la construcción de un camino, sin que se sepa en qué medida afecta a la vegetación. Es evidente que las aguas de escorrentía e incluso las subterráneas son interceptadas por el camino pudiendo producir un descenso en la producción de materia vegetal en las laderas aguas abajo, quizá poco aparente o significativo en períodos húmedos, pero que pueden ser vitales en determinadas zonas de nuestro país con prolongados períodos de sequía

El procedimiento clásico de evacuación de aguas en un camino es la construcción de cunetas que permitan la concentración de caudales suficientes para darles posteriormente salida a través de una pequeña obra de fábrica.

La aplicación de la normativa vigente da lugar a la construcción grandes cunetas y alcantarillas. Lo que se pretende con estas propuestas es un menor coste económico en su realización y su mantenimiento; además de suponer un menor impacto ambiental.

### TECNOLOGÍA ALTERNATIVA DE DRENAJE

El proyecto del sistema de drenaje en una pista forestal tiene que tener en cuenta una combinación de drenajes superficiales y de tubos subterráneos que favorezca la evacuación de las aguas sobrantes. De esta forma, se separarán las funciones de evacuación del drenaje superficial, para evacuar agua sobrante del firme de la pista y, el drenaje subterráneo, para evacuar el agua directa de los cursos de agua de cierta importancia.

Las alcantarillas abiertas en "u" propuestas, son muy eficaces en caminos de gran pendiente; se pueden realizar con diversos materiales entre los que destacan los tabloncillos de madera (Fig. 1), aunque existen otros materiales (Darrach *et al.*, 1982).

Los ensayos de campo propuestos se han dirigido para obtener las respuestas hidráulicas que permitan establecer alguna correlación con las descargas naturales de las microcuencas drenantes a las cunetas; relacionar las pendientes del drenaje y el arrastre de los materiales almacenados en los drenajes y, por último, estimar los caudales específicos, para establecer el diseño conjunto de los drenajes subterráneos y los superficiales, bien como alternativa de uso, bien como refuerzo en cabecera de los subterráneos, para que de esta manera se vean reducidas las descargas en el desagüe de la alcantarilla.

El drenaje alternativo ensayado (Fig. 1) consiste en un canal en madera de pino de diez centímetros de anchura, dimensión habitual en Europa central y admitida en la FAO (1990), de longitud adaptable a la anchura de la pista, y de profundidad, 20 cm.

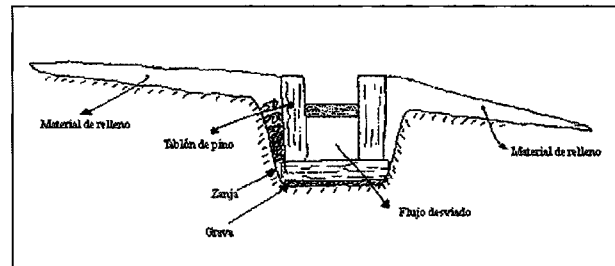


Figura 1

Como se puede observar, estos drenajes abiertos facilitarán la tarea de conservación y/o mantenimiento, uno de los objetivos perseguidos.

### ESTABLECIMIENTO DEL ÁREA DE EXPERIMENTACIÓN

La instalación del tramo experimental en el tramo de pista forestal seleccionada, se encuentra situado en los montes de Cercedilla, en el paraje denominado Matalobos. Este entorno es representativo de un bosque de pino silvestre y reúne una serie de parámetros ecológicos conocidos, lo que permitirá hacer el estudio extensible a zonas de características medioambientales semejantes.

En el tramo se han distinguido dos subtramos, como se puede apreciar en la figura 2, delimitados por el Arroyo de Matalobos; donde se construyeron dos nuevas alcantarillas, una en cada tramo, dispuestas con arquetas y rejilla protectora superior para la recolección de residuos y tubos de 40 cm de diámetro con una pendiente del 3%.

### MEDICIONES HIDRÁULICAS DE CAMPO

Con este tipo de medidas se pretendía, por una parte, determinar la pendiente transversal necesaria para conseguir el autolavado del drenaje y, por tanto, la reducción del mantenimiento y, por otra parte, observar el comportamiento ante la descarga de los drenajes instalados y medir los caudales de descarga provocados.

Para conocer el funcionamiento de los drenajes propuestos, se comenzó midiendo descargas con un aforador Flume Parshall, adaptado al ancho de la cuneta. Una vez instalado,

se midieron los calados de entrada y salida a lo largo de la cuneta.

### ESTUDIO DEL ARRAS- TRE DE MATERIALES EN EL PROTOTIPO DE DRENAJE ABIERTO

Con este fin se realizaron una serie ensayos de laboratorio combinando los efectos de la pendiente transversal y un mismo tipo de material, frente a un mismo caudal de descarga, una vez calculada la rugosidad del canal de madera.

Se realizaron ensayos de arrastre de materiales, simulando a los que ocurren con los materiales que quedan depositados dentro de estos drenajes, para establecer las relaciones entre los caudales, los materiales y las pendientes transversales de los drenajes.

Para desarrollar los ensayos se construyó un prototipo, cuyo diseño responde perfectamente a las exigencias técnicas establecidas en los drenajes instalados en la pista forestal, es decir, un canal en madera de anchura, 10 cm, al que se sometió a toda la gama de pendientes de la instalación del terreno (2%-5,5%).

Los experimentos establecieron los umbrales de velocidades y, por tanto, de los caudales para un rango determinado de pendientes ensayadas, con una gama de diámetros pertenecientes a los materiales del entorno de la pista forestal.

Se establecieron cuatro tipos de ensayos atendiendo a dos aspectos distintos: por una parte, el inicio de erosión y el arrastre total y, por otra parte, la forma en que se realizaría según el obstáculo encontrado dentro del drenaje. En este último aspecto, se tuvieron en cuenta dos posibilidades, por una parte, se colocaron aleatoriamente todos los materiales en la base del canal en una longitud de 20 y, por otra parte, se provocó un mini represamiento interior, simulando un "tapón" natural de piedras, como consecuencia de las aporta-

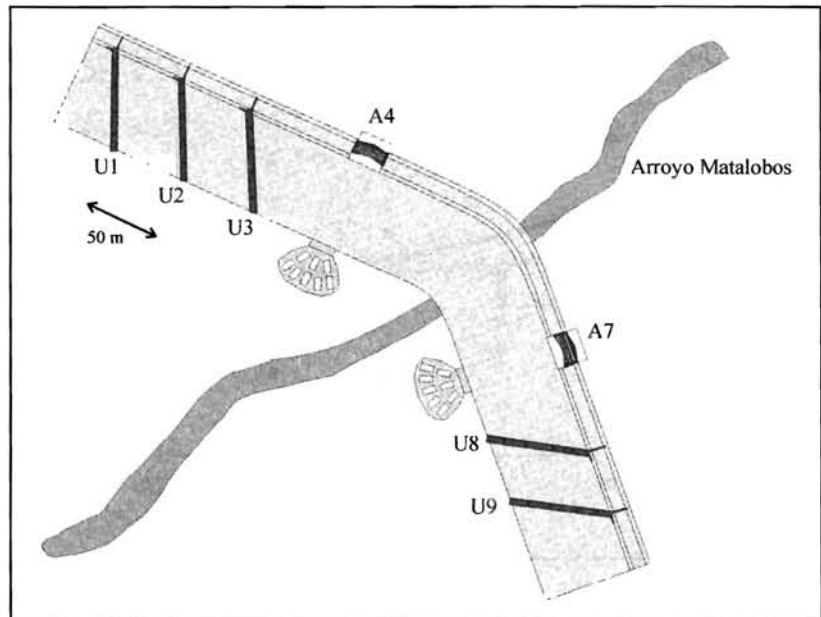


Figura 2

ciones de la cuneta y/o de las propias ruedas de los vehículos.

En cada uno de estos dos ensayos se emplearon cuatro diámetros: 1 1/2", 1", 3/4" y 1/2", representando a los tamaños medios de los materiales encontrados en las cunetas de la pista. Finalmente, se establecieron una serie de pendientes del prototipo (1% al 5%), que representarán a las más utilizadas en la práctica.

Tras unos primeros resultados de bajos ajustes debido, por una parte a la escasa representatividad de resultados, para cada tipo de pendiente y material y, por otra parte a la subjetividad en el establecimiento del inicio y del arrastre total, se optó por una serie de medidas correctoras:

- 1) Obtener, a partir de las velocidades y calados, el valor de los caudales  $Q$  (l/sg), y establecer nuevas relaciones entre éstos y las pendientes de cálculo.
- 2) Centrar el análisis en el denominado "tipo de prueba 4", es decir, el de arrastre total, por ser el que mejores resultados aparentes ofrecía en la correlación de las variables y, además suponía una menor subjetividad.

Después de nuevos ensayos, descartando la pendiente del 1% que generó problemas de

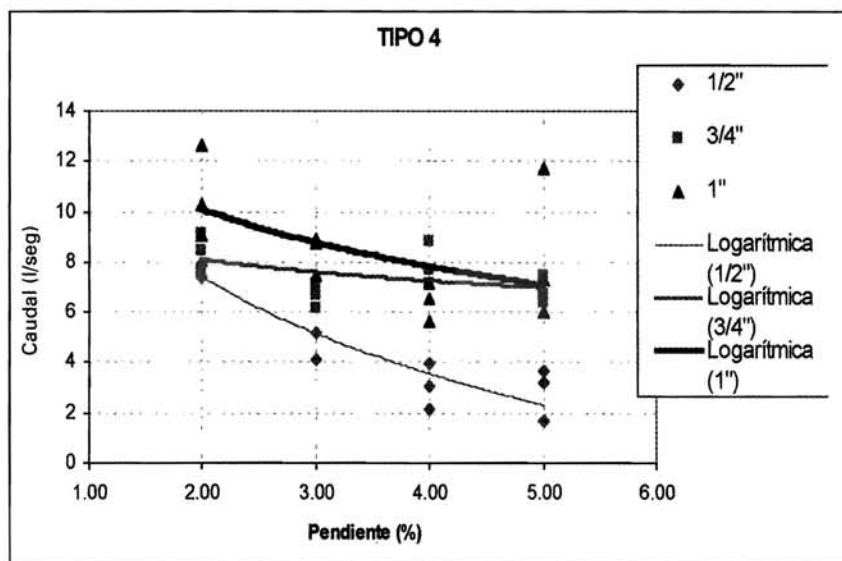


Figura 3

desbordamiento del canal y el tamaño de 1 1/2", por tratarse de fracciones escasamente representada en los materiales depositados en los drenajes instalados, se obtuvieron gráficas (Fig. 3), ajustando a la nube de puntos obtenida una curva logarítmica, escogida por ser la que mejor tendencia ofrecía. Según estas gráficas, como cabría esperar, el caudal necesario para producir el arrastre total de los materiales va disminuyendo a medida que aumenta la pendiente. Los valores observados permiten extraer una serie de conclusiones que se indican en el apartado correspondiente.

## CONCLUSIONES

- Los drenajes transversales en pistas forestales con pendientes de moderadas a fuertes, se deben sustituir en muchos casos por este tipo de drenajes, por tener un menor coste de construcción y mantenimiento, iguales condiciones de confort para la circulación de vehículos y una notable reducción de impactos medioambientales.
- Los criterios de instalación, como son la separación de tajeas, su inclinación, modificaciones de diseño, etc. presentan notables ventajas si se realizan de acuerdo con los resultados obtenidos.
- Manteniendo la instalación diseñada en la pista forestal de los drenajes con una pen-

diente transversal entre el 2% y el 5%, se asegura el autolavado del canal del dren y, por tanto, su auto-mantenimiento.

- Los materiales de mayor tamaño presentan cierta dificultad al arrastre, a causa de un "efecto coraza" observado, una vez iniciados los primeros movimientos de los materiales.

- El impacto ambiental que supone la construcción de un camino forestal disminuye, al reproducirse las circunstancias naturales más fielmente.

- Se ha conseguido la relación de intensidades de lluvia con caudales específicos, de tal manera que se puedan aplicar a zonas con las mismas características pluviométricas y fitolitológicas que Cercedilla.

## BIBLIOGRAFÍA

- CHOW, V.T.; MAIDMENT, D.R.; MAYS, L.W. 1988 *Applied Hydrology*, Mc.Graw-Hill Co.
- DARRACH, A.G, SAUERWEIN, W.J. y HALLEY, C.E. 1981. *Building water pollution control into small private forest and ranchland roads*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service and Soil Conservation Service.
- ELORRIETA, J. 1995 *Vías de Saca. Construcción de Caminos Forestales*". 2ª Ed. 251 pp. Fundación Conde del Valle de Salazar. E.T.S.I.Montes. Madrid.
- FAO.;1990 *Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas. Diseño y construcción de caminos en cuencas hidrográficas frágiles*, Guía 13/5 FAO CONSERVACIÓN.
- INSTRUCCIÓN 5.2-IC 1990. *Drenaje Superficial*. M.O.P.U.
- TEMEZ, J.R. 1987. *Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales*
- YOUNG, R.A., C.A. ONSTAD, D.D. BOSH, W.P. ANDERSON. 1994. *AGNPS User's guide Version 4.03*. USDA-ARS. Morris, MN. 76 pp.