

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/255949287>

Camino forestales en islas volcánicas

Chapter · July 2013

DOI: 10.13140/RG.2.1.4867.2884

CITATIONS

0

READS

1,895

2 authors, including:



Juan Carlos Santamarta
Universidad de La Laguna

328 PUBLICATIONS 695 CITATIONS

SEE PROFILE

Caminos forestales en islas volcánicas

Juan Carlos Santamarta Cerezal
Bernabé A. Gutiérrez García

1. Las pistas y caminos forestales en Canarias

Los caminos o pistas forestales comprenden las infraestructuras que permiten el tránsito desde los operarios, máquinas y equipos, para transportar y aprovechar los productos forestales, incluyendo el aprovechamiento de productos forestales no madereros del bosque, el acceso a las instalaciones hidráulicas, la prevención y control de incendios forestales y el uso ocioso del mismo.

Las pistas forestales en la historia de los montes de Canarias han sido construidas, en la mayoría de los casos por los propios usuarios del monte, generalmente para poder acceder al monte con el fin de realizar pequeños aprovechamientos forestales, corta de madera de subsistencia, apicultura, obtención de carbón vegetal, así como aprovechamientos hidráulicos. Qué duda cabe que muchas pistas fueron construidas para poder ejecutar y mantener las galerías o minas de agua que interceptan los acuíferos de las vertientes. Otra de la importancia de las pistas forestales en las islas era que en muchos casos constituían el único medio de comunicación, transporte y comercio entre los caseríos y los pueblos más cercanos y entre los pueblos más próximos, (tal es el caso de la zona de Anaga, en la isla de Tenerife en la zona de Garafía en La Palma).

Por lo tanto históricamente, las pistas forestales en Canarias han sido un dinamizador de la economía y comunicaciones entre localidades (principalmente las más aisladas). Hay que recordar por ejemplo la pista forestal en la isla de La Palma que

acabó con el aislamiento de Garafía, ya que ésta mejoró las condiciones económicas de la zona permitiendo el transporte de madera de tea extraída del norte de la isla. Se da la circunstancia que esta pista presentaba túneles, para salvar obstáculos, excavados en roca, caso singular en las islas.

Las pistas forestales en la actualidad en Canarias, se utilizan para vigilancia, prevención y, en su caso, rápido acceso de los medios de extinción de incendios forestales, también facilitan el acceso para la ejecución de trabajos en áreas y masas forestales, así como permiten el acceso a los diferentes aprovechamientos forestales y en muchísimas ocasiones constituyen el único acceso de los particulares a las fincas forestales de su propiedad. Aún así, siguen permitiendo en menor medida, la comunicación de ciertas zonas muy aisladas de las islas, mejorando así la calidad de vida de los caseríos y pequeñas poblaciones. Por supuesto todavía siguen siendo la única forma de acceso a galerías, incluso a nacientes por donde se abastecen a poblaciones como es el caso en el monte de las Mercedes, en La Laguna. Por último, no cabe duda que las pistas forestales en la actualidad y cada vez más, son un medio de ocio y esparcimiento para el disfrute de los ciudadanos de los espacios naturales y forestales, consistiendo éstas en los medios para el uso recreativo de vehículos a motor (actualmente legislados por la Ley de Montes), el disfrute de las pistas por bicicletas de montaña, los recorridos a caballo por ellas, el senderismo y, cómo no, las cada vez más frecuentes pruebas deportivas internacionales de carreras de montaña. Todo ello combinado con usos de carácter religiosos tradicionales como peregrinaciones.



Figura 16.1 ; Camino forestal en Terceira , Azores. (Santamarta JC, 2011)

En los últimos años, en toda Canarias en general, se ha experimentado un aumento del número usuarios de la bicicleta de montaña, vehículos y motocicletas a motor, usando las pistas forestales para ello. Otro uso muy extendido es el del senderismo sobre todo por turistas que visitan las islas, dinamizando el monte como un recurso turístico importante. Finalmente hay que hacer referencia al uso de las pistas por los cazadores en las épocas establecidas.

2. Sistemas constructivos

Prácticamente en las islas no se construyen nuevas pistas, el criterio es más bien de mantenimiento y conservación, no obstante conviene comentar algunas características a la hora de planificar y construir nuevas infraestructuras.

En general, las islas se dotaron de gran cantidad de pistas forestales para llevar a cabo la explotación del monte. Sobre todo en los años comprendidos entre 1940 y 1970 se abrían accesos al monte hasta el mismo lugar del aprovechamiento o explotación con medios mecánicos o explosivos, que luego se aprovecharon en muchas ocasiones para dar una continuidad a determinados tramos, construyendo una amplia red de pistas (como dato orientativo hay que decir que la isla de Tenerife consta con más de 2.000 kilómetros de pistas), muchas de ellas en desuso, ya que la realidad en todas las islas es que se tiende a mantener una red principal e incluso aumentada con una red secundaria, abandonando los ramales y redes de pistas terciarias, debido al elevado coste del mantenimiento.

Realmente, el trazado en la construcción de las pistas no importaba demasiado, sino que ésta tenía como objetivo el llegar de la forma más rápida posible y por tanto económica al lugar de los trabajos forestales, ya que una vez realizado el objetivo principal de la vía, ésta en la mayoría de las ocasiones se abandonaba, con lo que en muchas ocasiones los trazados discurrían con pendientes elevadas. Distinto era el fin de las pistas construidas para dar acceso a las instalaciones permanentes tales como galerías de agua o plantas, en los que tanto el acceso de la vía a estas instalaciones como en su recorrido desde el pueblo o caserío más cercano, solían trazarse a cota, sin mayor pendiente que el acceso final a las instalaciones de las galerías, con lo que hoy en día, estas pistas son la base de la red principal de las pistas forestales de las islas. Caso aparte constituyen los cortafuegos, en los que sí se diseñaban en líneas anchas de máxima pendiente para evitar la continuidad del combustible, utilizándose así mismo como vía de acceso rápida en caso de incendios forestales. Es por ello que en la actualidad, tanto los cortafuegos, como las pistas forestales

en general, al ser elementos lineales artificiales, aunque necesarios y en muchas ocasiones no dotados de la canalización necesaria para la evacuación del agua, son uno de los elementos principales en el medio forestal en cuanto a los efectos de la erosión hídrica se refiere.

En la actualidad, los caminos o pistas forestales han de ser diseñados y trazados sobre el terreno, siendo la premisa la necesidad de perturbar el suelo lo menos posible, establecer un sistema de drenaje adecuado y evitar, cuando sea posible, el cruce con los cursos de agua de los barrancos.

Necesariamente antes de la ejecución del camino es necesaria una planificación teniendo en cuenta los siguientes aspectos;

- La planificación debe minimizar la alteración causada por la construcción de la pista.
- La planificación debe ajustar la intensidad de la red de las condiciones topográficas y necesidades forestales.
- La planificación debe identificar zonas susceptibles de erosión y deslizamiento.

En las vías forestales se dan dos circunstancias que son determinantes a la hora de abordar los proyectos, por una parte, la gran diversidad de vehículos que las utilizan y, por otra, la distribución irregular del tráfico a lo largo del año. La multiplicidad de usos que normalmente se da a los caminos forestales hace que circulen por los mismos desde camiones de alto tonelaje, todo-terrenos, *quads*, turismos hasta bicicletas.

Tabla 16.1 Densidad de tráfico.

CLASE	I.M.D. Nº DE VEHÍCULOS INDUSTRIALES < 3 t
A	0 - 15
B	16 - 45
C	46 - 150
D	450

En relación a la densidad de tráfico rodado en Canarias, como norma general, el uso de las pistas es mayor que en los terrenos continentales por una parte, debido a que los espacios forestales en las islas son limitados y la densidad de habitantes alta, y por otra parte, a que existe una importante franja de interfase urbano-forestal en cinco de las siete islas más forestales, en la que existe importantes núcleos de

población que forman el límite de la masa forestal. Además el habitante de las islas considera el monte como un espacio de ocio.

Hay que tener en cuenta también que por la orografía de Canarias bastantes pistas están limitadas a vehículos ligeros y por lo general con tracción a las cuatro ruedas (menos de 2.000 kg por vehículo), mientras que los vehículos pesados, suelen estar relacionados con la ejecución de algún tipo de obra forestal , ya sea asociados a labores selvícolas, de repoblación, de infraestructuras e hidrología o como vehículos destinados a la prevención y extinción de incendios forestales.



Figura 16.2; Camino forestal tapizado en Terceira , Azores. (Santamarta JC, 2011)

La secuencia de trabajos de construcción de la pista suele ser la siguiente;

- Replanteo de la traza.
- Despeje y desbroce del área de ocupación.
- Limpieza de la subrasante.
- Excavación en desmonte.
- Compactación de la subrasante y explanación.

- Movimiento de tierras.
- Formación de la caja para contener la superestructura.
- Apertura de zanjas y pozos para las obras de fábrica.
- Formación del firme.
- Obras accesorias.



Figura 16.3 ; Excavación en roca de basalto mediante explosivo (Santamarta JC, 2011)

3. Caminos forestales y el agua. Mejora y mantenimiento de las pistas forestales

3.1. El problema del agua

El agua es el gran enemigo de una pista forestal y en Canarias con un régimen torrencial de lluvias, el problema se incrementa. En las Islas Canarias en algunas ocasiones se producen lluvias intensas, situadas principalmente en la cabecera de los

barrancos, estas lluvias, ocasionan fenómenos erosivos de importancia. Este efecto se ve potenciado por las fuertes pendientes que existen y por las características litológicas de algunas formaciones de las islas, así como por la ausencia de una cubierta vegetal adecuada y consistente en ciertas partes de la superficie, que dificulte la acción erosiva de las aguas. La generación de los caudales sólidos y líquidos provoca que éstos lleguen a los barrancos y a las pistas forestales, removiendo los materiales y comenzando el proceso erosivo hasta su inutilización.

Una pista forestal produce un “efecto barrera” frente a la escorrentía superficial y a los pequeños cursos temporales de los barrancos si no se acometen las obras de drenaje y paso, suficientes y eficientes.



Figura 16.4; Erosión hídrica en camino forestal. (Santamarta JC, 2011)

Con respecto al agua en la pista forestal es necesario darle salida de tal forma que no se llegue a acumular en el camino o preventivamente reducir o eliminar la cantidad de agua que se dirige hacia el camino. Con ello se evita que el agua provoque daños estructurales, como los deslizamientos de taludes e incluso de laderas o la destrucción de puentes e infraestructuras asociadas a las pistas.

3.2. Actuaciones para la Mejora y Mantenimiento de pistas forestales.

Realmente y, debido a que hoy en día y por diferentes motivos es casi imposible la apertura de nuevas pistas forestales o nuevos tramos de pistas forestales ya existentes, las actuaciones se basan en la mejora y mantenimiento de la extensa red de pistas de las islas. Es por ello, por lo que dependiendo de la naturaleza del terreno que caracteriza a la pista forestal se lleven a cabo diferentes actuaciones para la consecución de la mejora de la pista. Por ello distinguiremos diferentes **tratamientos de mejora** según las pistas sean pedregosas (con un elevado porcentaje de piedras y pequeños o nulos porcentajes de limos y/o arcillas), mixtas (con más del 30 % de piedras) o no pedregosas (generalmente arcillosas y limosas).

Realmente los tratamientos de mejora afectan a la plataforma de la pista o en su caso a la dotación de capa de subbase, base y capa de rodadura de aquellas pistas en las que la plataforma esté mejorada o no exista posibilidad de mejora de misma.

3.2.1. Mejora de la plataforma

La mejora de la plataforma consistirá en la adecuación de la misma, de tal forma que los vehículos puedan transitar por ella o en su caso, dejarla preparada para añadirle distintas capas que supongan una mejora en la rodadura final que se quiere establecer.

Los trabajos de mejora de la plataforma consistirán en realizar los diferentes tratamientos:

- 1) Escarificado**, que consistirá en la remoción del terreno de la propia plataforma, siempre de forma más profunda en la parte más pegada al talud de desmonte de la pista, de tal forma que se consiga que esta parte de la plataforma quede más inclinada hacia el talud de desmonte, con lo que se conseguirá peraltar la pista hacia dicho lado. En ocasiones y debido a que la pista se encuentra “en trinchera”, es decir, delimitada por dos taludes de desmonte, en lugar de la combinación de taludes de desmonte-terraplén, la forma de actuar se basa en la dotación de la pendiente de bombeo, es decir crear una inclinación que se da a ambos lados de la pista, para drenar la superficie, evitando que el agua se estanque o que el agua escurra causando daños debido a la erosión. El bombeo, o peralte de la pista depende del camino y tipo de superficie, se mide su inclinación en porcentaje y es usual un 1,5 a 4 por ciento.

- 2) **Excavación**, en los casos en que de las rejas de los tractores no consigan escarificar la pista debido a la elevada pedregosidad del terreno o la presencia de afloramientos rocosos, se sustituirá o alternarán ambas actuaciones, dependiendo de las características del terreno, procediendo en la excavación de igual forma que en el caso anterior.
- 3) **Construcción de la red de drenaje** es imprescindible para la supervivencia de la pista. Al peraltar la pista, se consigue que el agua acumulada y que discurre por los taludes de desmonte de las pistas, así como la propia que cae sobre la carrilera vayan directamente a la cuneta natural o de fábrica construida, encauzándose por ella, con lo que antes de que la cuneta se desborde, el agua debe ser evacuada a los cauces naturales, es decir, a los barrancos. Es por ello que se debe dotar a la pista de una red de drenaje que cumpla este fin. Dicha red se constituye principalmente por badenes de tierra contruidos mediante el desmonte del ancho de la plataforma, en que la franja removida se modelará una zanja transversal con una pendiente de al menos el 2% con caída hacia el lado del terraplén, que se continuará aguas abajo con un caballón conformado por el material removido. Se tendrá especial cuidado en la distancia entre el inicio del badén (desmonte) y el terraplenado del mismo, siendo ésta suficiente como para que los vehículos entren completamente en él sin que se produzcan roces en los chasis, debiéndose repetir todos aquellos badenes que no cumplan lo dispuesto. La distancia estimada entre el inicio del desmonte y el terraplenado del badén será de 5 a 8 metros. Dicha red de drenaje de badenes en tierra, se suele complementar con una pequeña red adicional de obras de fábrica como arquetas, pasos de agua, badenes empedrados, etc que ayuden a evacuar el agua de escorrentía en puntos críticos como barrancos, confluencia entre varias pistas, o tramos de pistas sin demasiada dotación de drenajes.
- 4) **Planeo y refino del terreno** consistirá en extender y repartir el material resultante de las actuaciones anteriores en toda la plataforma de manera homogénea, recuperando al máximo los finos y descartando la pedregosidad superior a 30 cm de diámetro.
- 5) **Riego de la plataforma**, es necesario para aumentar la efectividad de la compactación. El riego se efectuará de forma que el humedecimiento de los materiales sea uniforme. Se aplicará, de forma general, una dosificación de 80 l/m³ en las pistas arcillosas y de 100 l/m³ en pistas no arcillosas. De cualquier manera, hay que tener en cuenta que el riego sólo se ejecutará cuando las condiciones de la pista no sean las óptimas, ya que en muchas ocasiones ocurre

todo lo contrario, es decir, la pista está empapada por las lluvias que suelen aparecer en las zonas forestales de las islas.

- 6) **Compactación**, se llevará a cabo mediante el empleo de un compactador vibro, con objeto de aumentar su capacidad portante del terreno.

En el caso de pistas mixtas o pedregosas, entre los pasos 3 y 4 en algunas islas de Canarias, se está llevando a cabo además una operación intermedia que consiste en la **trituration del material** resultante del escarificado y de la excavación **con aperos especializados**, de tal forma que este material se incorpora sobre la plataforma como una capa de rodadura, sin necesidad de traer material de escombreras para conformar este acabado, con lo que el ahorro en costes es notable. El inconveniente es que este tipo de aperos no se puede utilizar para pistas arcillosas o limosas, dando sin embargo, excelentes resultados en el resto de pistas.

3.2.2. Construcción de capa de rodadura

Con el fin de mejorar las características de circulación en las pistas, en muchas de ellas aparte de la mejora de la plataforma se lleva a cabo la construcción de la capa de rodadura. Generalmente se dota de esta capa de circulación a aquellas pistas arcillosas en las que la conducción con lluvias se hace peligrosa, pese a ser mejorada la plataforma, debido al deslizamiento que sufren los vehículos sobre estas superficies mojadas. Estas pistas arcillosas son además muy propensas a deteriorarse tras las primeras lluvias, con lo que su mejora debería ser prácticamente anual. Asimismo, se suele construir en aquellos casos en los que las propias características de las pistas o los efectos de la erosión en la carrilera de la misma, no permiten obtener material para llevar a cabo la mejora según lo establecido en los puntos descritos en el apartado anterior. Las ventajas en cuanto a la dotación en las pistas de esta capa de rodadura sobre las que no la poseen son indudables, ya que con ella podemos obtener:

- Mayor seguridad en la conducción.
- Mejor conducción por disminución de baches a largo plazo.
- Mayor durabilidad de la pista.
- Menor mantenimiento.

La desventaja sin duda alguna lo constituye la alta inversión inicial que hay que hacer, ya que el material de aporte tiene que proceder de cantera, o en su caso de escombrera, por lo que los costes en transporte y más por pistas forestales son elevados. Además si la pista es notablemente arcillosa, o la carrilera de la pista presenta cárcavas importantes, habrá que añadir además subbases y/o bases de grava y/o gravilla que encarecerán aún más la obra, por lo que previamente a la decisión de dotar a la pista de estas capas se hace necesario llevar a cabo un estudio económico, de funcionalidad y de importancia de la pistas para acometer las obras.

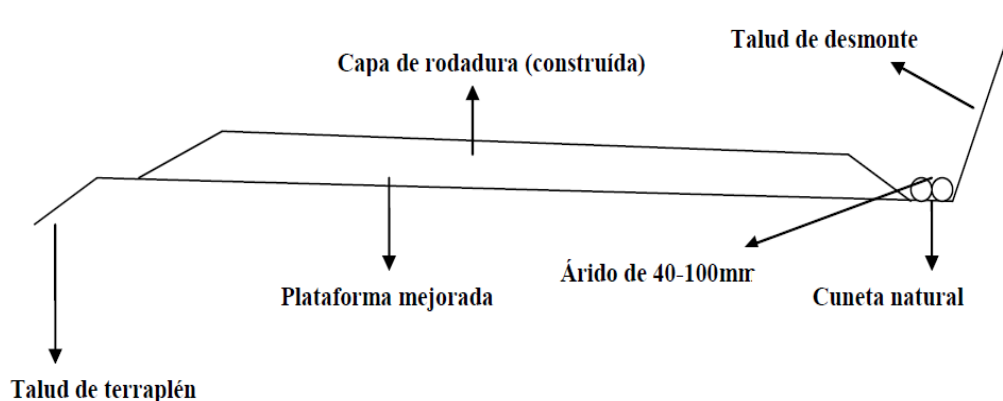


Figura 16.5; Sección pista forestal (Capa base)

La subbase se construirá sobre la plataforma terminada, con diámetros de material mayores que para el resto de las capas que se superpondrán a ésta, de tal forma que tras el extendido de este material y regado del mismo, se compactará y aislará de las siguientes capas de las arcillas. Sobre esta capa se dispondrá de la capa denominada base, con material granular de inferior diámetro que el de la subbase, pero de mayor diámetro que el de la capa de rodadura, de tal forma que rellene los huecos producidos entre las gravas o piedras de la base y que constituya un soporte para la capa de rodadura. Finalmente y tras el riego y compactado de la base se construye la capa de rodadura, con material apto para las rodadas de los vehículos, que generalmente para las pistas forestales de Canarias, se está utilizando el denominado “todo en uno”, o en su caso material de escombrera de características parecidas.

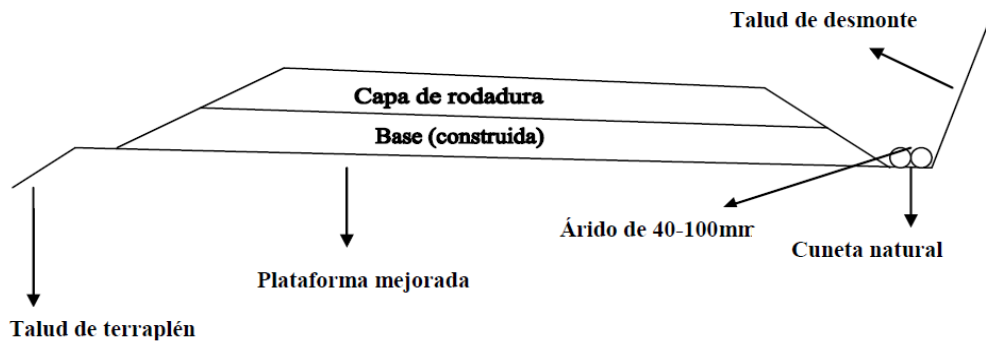


Figura 16.6; Sección pista forestal (Capa rodadura)

De cualquier forma, las características del material de cantera a disponer en la pista, serán consecuencia de los ensayos de laboratorios previos que se realizan para el material de la plataforma, pero por lo general, se está dotando a las pistas forestales sobre la plataforma mejorada de una capa de rodadura de “*todo en uno*”, salvo en aquellos casos en los que la plataforma sea excesivamente arcillosa que entonces se dota además de una base y, sólo en los casos en las que las cárcavas sean importantes y que haya que rellenar la carrilera de la pista, se dispone además de una subbase.

3.2.3. Mantenimiento de las pistas forestales

El mantenimiento de pistas consistirá fundamentalmente en perpetuar la vida de las pistas mejoradas, según los métodos anteriormente expuestos, evitando que se produzca erosión en las mismas, de tal forma que evite realizar dichas mejoras de forma frecuentes. Entre las actuaciones de mantenimiento se pueden mencionar:

- Limpieza de cunetas.
- Limpieza de arquetas y pasos de agua.
- Recebos de baches.
- Recebos de regueros, etc.

Estabilización en pistas y caminos forestales

La estabilización de las pistas no es muy habitual en Canarias, no obstante las especiales condiciones orográficas y climatológicas, caracterizadas por las fuertes pendientes y un régimen torrencial de lluvias, hacen inevitable la estabilización mediante áridos cemento u otras técnicas para impedir el deterioro y los fenómenos de erosión que provoca la escorrentía al fluir por ellos. En realidad, la estabilización consiste en añadir al suelo de la pista, otro material, ya sea natural o artificial, para mejorar las condiciones de la pista estudiados a priori, de tal forma que podamos prever su comportamiento futuro ante las cargas que debe soportar. No se deben utilizar agregados que tengan materiales peligrosos o con alto contenido de compuestos químicos, ya que muchas de las pistas canarias atraviesan áreas de importancia ambiental y espacios protegidos.

Los defectos que se producen en pistas sin mantenimiento son los siguientes:

- Reducción capacidad portante.
- Deterioro estética de la pista.
- Deterioro en trazado y planta.
- Deslizamientos.
- Baches, surcos y cárcavas.
- Cierre de la pista por colapsibilidad e intransitabilidad.

La estabilización de un suelo persigue algunos de los siguientes objetivos:

- Modificar la granulometría del suelo.
- Dar cohesión a un material cuyo rozamiento interno es insuficiente.
- Transformar en hidrófobos materiales sensibles al agua.
- Neutralizar finos arcillosos nocivos, mediante cambio iónico.

La estabilización de pistas se puede acometer mediante dos técnicas: La primera es la estabilización mecánica en ella, mezclando el suelo existente con otro suelo (estabilización granulométrica). El segundo tipo de estabilización es la mezcla del suelo con un conglomerante o aditivo (estabilización con cal o estabilización con cemento).

Los materiales utilizados para la estabilización de la pista deben ser compatibles con el medio ambiente donde se depositan, en aras de la sostenibilidad del medio. Otro aspecto es el coste de algunos materiales como el cemento, cal, u otros materiales típicos de la construcción, que hace que el uso de estas técnicas de estabilización no se lleve con la periodicidad deseada. Asimismo, al ejecutarse estos trabajos a la intemperie hace que la humedad nunca sea la óptima para llevar a cabo los trabajos, por lo que en unas ocasiones nos encontraremos con un suelo empapado, en el que se deberá esperar a que se oree, con el riesgo añadido de que la cal o cemento acopiado o extendido en la pista se pierda y; por otro lado, habrá que aportar tanta agua en la pista, que se tendrá que valorar si la actuación es rentable, debido a la distancia de la toma de agua o en su caso, a la cantidad de agua que se necesita para ejecutar la actuación. En definitiva, es necesario planificar la época de ejecución de las estabilizaciones con cal o cemento para que la actuación sea rentable y los resultados adecuados.

La estabilización granulométrica consistirá en la mezcla del terreno existente que por su naturaleza carezca de las propiedades adecuadas para resistir el tráfico, aún siendo ligero, con otro tipo de terreno que se complemente con el existente. De esta forma podemos estabilizar un suelo arcilloso con arena (estabilizaciones arcilla-arena), o un suelo arenoso con arcilla (estabilizaciones arena-arcilla), con lo que en ambos casos se modificarán los límites líquidos e índices de plasticidad, con lo que definitivamente se mejora su curva granulométrica.

La estabilización con cal o cemento se está utilizando para mejorar las explanadas, con lo que si se hace en la época adecuada de humedad de la pista, se consigue una importante mejora en ésta a un importe económico muy inferior a la dotación de la pista de bases y capa de rodadura. Si bien la mezcla del terreno con cemento, se utiliza para la gran mayoría de los suelos, la estabilización con cal es adecuada principalmente para suelos de naturaleza arcillosa, aunque en ambos casos para llevar a cabo la estabilización, la plataforma de la pista debe tener un mínimo de material fino para realizar la mezcla, pues si careciera del mismo, por la presencia de grandes cárcavas, no valdría estos métodos sino que se tendría que recebar la pista con una base, e incluso subbase y finalmente una capa de rodadura. En ningún caso se

podrá estabilizar con cal o cemento aquellos suelos orgánicos, ya que los resultados para este tipo de suelos son desastrosos.

La estabilización con cemento es mucho más exigente en cuanto a las condiciones de humedad, de tal forma que si ésta no es la adecuada, la cantidad de fallos en cuanto a baches y futuras fisuras en la pistas son mucho más abundantes que con cal, que permite modificaciones en el grado de humedad mientras se ejecutan los trabajos.

El procedimiento de trabajo en ambos casos se basa en los siguientes pasos y por este orden:

- 1) Escarificado de la plataforma de tal forma que se suelte el material.
- 2) Riego del material removido si la humedad no es la adecuada.
- 3) Vertido de la cal o cemento sobre el material removido y en la cantidad necesaria, previo ensayos del suelo, que consisten para la cal entre un 3% y 8% del peso seco del suelo, mientras que para el cemento y siempre dependiendo de las condiciones del terreno, se barajan cantidades de 24 kg/m² de cemento y para un espesor de 10 cm de terreno.
- 4) Riego.
- 5) Mezcla de las dos capas mediante un apero estilo rotavator.
- 6) Riego de la mezcla terminada.
- 7) Compactado del firme resultante.

En cualquier caso, parte de los riegos descritos se pueden suprimir o aumentar dependiendo de la humedad del terreno.

La última opción debe ser obviamente, cubrirlos con capas asfálticas o de hormigón coloreado, que aunque le prolonguen el periodo de vida útil, cambian el aspecto de los mismos, ya que deben conservar el aspecto rústico o forestal. Esta opción es muy cara y habría que justificarla y hacerla compatible con la función forestal, así como observar la figura de protección que tenga el espacio natural si permite este tipo de soluciones.

4. Geotecnia del terreno volcánico para su uso en caminos forestales

El conocimiento y caracterización de los materiales volcánicos para la ejecución de las pistas es fundamental y necesaria para llevar a cabo el éxito en la estabilidad y durabilidad de las obras ejecutadas. El problema fundamental en el caso de los terrenos en islas volcánicas radica en que la legislación y algunas metodologías no son eficientes con los terrenos volcánicos por diversas cuestiones; éstas se pueden resumir en lo siguiente:

- La heterogeneidad en el terreno.
- Expansividad y colapsibilidad del terreno.
- Anisotropía en las propiedades de los materiales.
- Topografía, elevadas pendientes.
- Geomorfología, movimientos del terreno, desprendimientos...

Los materiales más usuales por los que se ejecutan y transcurren las trazas de las pistas agroforestales se pueden englobar en materiales brechoides, depósitos aluvio-coluviales y suelos arcillosos y/o limosos.

En alguna ocasión es posible que la pista deba atravesar una colada de material basáltico con escorias, por lo que será necesaria la utilización de explosivos y tomar las medidas pertinentes, sobre todo las que conciernen a los desprendimientos de ladera.

Tabla 16.2; Grupos de terrenos que contempla el CTE para la programación del reconocimiento del terreno Fuente (Documento Básico de Seguridad Estructural-Cimientos (DB SE-C). CTE

Grupo	Descripción
T-1	Terrenos favorables: aquellos con poca variabilidad, y en los que la práctica habitual en la zona es de cimentación directa mediante elementos aislados.
T-2	Terrenos intermedios: que presentan variabilidad, o que en la zona no siempre se recurre a la misma solución de cimentación, o en los que se puede suponer que tienen rellenos antrópicos de cierta relevancia, aunque probablemente no superen los 3,0 m.

T-3	<p>Terrenos desfavorables: que no pueden clasificarse en ninguno de los tipos anteriores. De forma especial se considerarán en este grupo los siguientes terrenos:</p> <p style="padding-left: 40px;">a) Suelos expansivos</p> <p style="padding-left: 40px;">b) Suelos colapsables</p> <p style="padding-left: 40px;">c) Suelos blandos o sueltos</p> <p style="padding-left: 40px;">d) Terrenos kársticos en yesos o calizas</p> <p style="padding-left: 40px;">e) Terrenos variables en cuanto a composición y estado</p> <p style="padding-left: 40px;">f) Rellenos antrópicos con espesores superiores a 3 m</p> <p style="padding-left: 40px;">g) Terrenos en zonas susceptibles de sufrir deslizamientos</p> <p style="padding-left: 40px;">h) Rocas volcánicas en coladas delgadas o con cavidades</p> <p style="padding-left: 40px;">i) Terrenos con desnivel superior a 15°</p> <p style="padding-left: 40px;">j) Suelos residuales</p> <p style="padding-left: 40px;">k) Terrenos de marismas</p>
-----	--

Las siguientes recomendaciones se han obtenido de la guía geotécnica para terrenos volcánicos del Gobierno de Canarias cuyo coordinador es Hernández Gutiérrez *et al.* (2010).

4.1. Materiales brechoides

Están asociados a violentos episodios eruptivos de alta explosividad asociados o no, a procesos de colapso de caldera o bien a fenómenos de deslizamientos gravitacionales en masa cuyo resultado final es una masa caótica y brechoide formada por bloques de naturaleza diversa. En general muy angulosos, con gran variación en el tamaño de los mismos englobados en una matriz fina más o menos cementada y ocasionalmente muy dura.

Forman paquetes de grandes espesores (hasta cientos de metros) y pendientes poco pronunciadas de brechas compactas y caóticas de naturaleza mono o poli-míctica. Presentan valores de RMR entre 65 a 75 y se consideran terrenos de tipo T2.

Los problemas geotécnicos a tener en consideración serán:

- Resistencia media a alta y deformabilidad moderada.
- Inestabilidades de laderas naturales o taludes excavados.

- Agresividad de aguas freáticas.
- Asientos debidos a la compresibilidad de niveles orgánicos o con abundante materia orgánica.

4.2. Depósitos aluvio-coluviales

Los depósitos aluvio-coluviales se extienden a lo largo de los tramos inferiores y zonas de desembocadura de los fondos de barranco. Ocasionalmente pueden aparecer a cotas superiores como consecuencia del encajamiento de dichos barrancos. Generalmente presentan escaso espesor.

También forman mantos en forma de abanicos con notables signos de inestabilidad debido a que en ocasiones la pendiente supera los límites del ángulo de equilibrio.

Son depósitos constituidos por arenas y cantos muy heterométricos con tamaños desde centimétricos a mayores de un metro y formas de tendencias redondeadas a subredondeadas.

La matriz, de naturaleza detrítica, puede ser abundante o estar ausente. Son terrenos blandos o sueltos de tipo **T3c**.

Los problemas geotécnicos que pueden afectar a las condiciones de cimentación en esta unidad son, entre otros, los siguientes:

- Baja resistencia y deformabilidad moderada a alta.
- Inestabilidades puntuales en zonas proximas a relieves montañosos de pendiente moderada a alta. Ligeros abarrancamientos.
- Asientos diferenciales.
- Asientos de consolidación en términos arcillosos y con presencia de nivel freático superficial.
- Moderada expansividad de los niveles arcillosos.

4.3. Suelos arcillosos y/o limosos

Suelos residuales y sedimentos lacustres de naturaleza fundamentalmente arcillosa y/o limosa. Se forman bien en el fondo de cuencas lacustres cerradas o semicerradas por sedimentación de detritos finos o muy finos de tamaño arcilla, o bien asociados a la intensa alteración superficial de material rocoso hasta la formación de capas de suelos que en ocasiones pueden alcanzar espesores de varios metros.

En ambos casos, el material resultante suele tener naturaleza limosa o arcillosa. En general son suelos blandos tipo **T3j**.

Los problemas geotécnicos más habituales de estas unidades son los siguientes:

- Baja resistencia y alta deformabilidad.
- Asientos debidos a la compresibilidad de niveles orgánicos o con abundante materia orgánica.
- Fenómenos de hinchamiento o expansividad motivados por cambios de humedad del terreno.



Figura 16.7; Erosión por poca capacidad portante del terreno, en camino forestal. (Santamarta JC, 2011)

4.4. Estudio geotécnico del camino

Para el estudio de la calidad y la geotecnia del camino son necesarios unos ensayos de laboratorio y trabajos de campo. Se realizan para la caracterización de los materiales afectados por el proyecto de construcción de la red de caminos o pistas.

Con ello se pretende determinar:

- Tipos de explanada.
- Excavabilidad de los materiales.
- Utilidad de los materiales de excavación.
- Aptitud de materiales de préstamo.
- Taludes más recomendables.

En la pista agroforestal, se hace necesario realizar unas calicatas, generalmente en los lugares donde indique el director de la obra o representante de la administración. Se toman las muestras y se envían al laboratorio.

Las calicatas para pistas forestales es una técnica de prospección empleada para facilitar el reconocimiento geotécnico que también es válida para estudios edafológicos. Las excavaciones son de profundidad pequeña a media, realizadas normalmente con pala retroexcavadora. Las calicatas permiten la inspección directa del suelo que se desea estudiar y, por lo tanto, es el método de exploración confiable y completa. El coste es relativamente bajo.

Tras el reconocimiento, es necesario hacer una recopilación bibliográfica para incorporar una descripción somera de la geología de la zona, que se complementa además con las observaciones efectuadas en la ejecución de las calicatas.

En el laboratorio, con las muestras tomadas de las calicatas se realizan diversos ensayos para la caracterización de los materiales encontrados. Los ensayos se deben realizar según normas NLT o procedimientos de buena práctica.

Tabla 16.3 Ensayos para realizar a las calicatas.

ENSAYO	NORMA
Granulometría por tamizado	UNE 103 101
Límites líquido y plástico	UNE 103 103 y 103 104
Contenido en materia orgánica	UNE 103 204
Proctor normal	UNE 103 500
Índice C.B.R.	UNE 103 501

También es necesario analizar los materiales de préstamo que se encuentren en la traza de la pista y se vayan a utilizar en la misma.

Los ensayos deben concluir con el resultado de “adecuados” y constituir una explanada E-1. Estos suelos “adecuados”, compactados con energía correspondiente a Proctor Modificado, tendrán capacidad portante correspondiente a explanada tipo E-2.

5. Desprendimientos en las pistas. Barreras estáticas y dinámicas

5.1. Factores naturales

En Canarias, los desprendimientos en las pistas y caminos forestales son muy habituales. Esto se debe a factores geológicos, que se basan en la naturaleza de los materiales, la alternancia de materiales y la erosión diferencial. No se les suele dar mucha importancia al ser vías muy poco transitadas.

Las rocas basálticas en las laderas se encuentran muy fracturadas y por los efectos climatológicos se van desprendiendo, a esto se le suman los piroclastos no cohesivos que siguen la misma suerte, sobre todo con lluvias torrenciales. Por último los suelos finos de las zonas húmedas están muy meteorizados.

La alternancia de materiales debido a que el terreno volcánico es muy heterogéneo produce que se sucedan materiales de distinta resistencia, con la consiguiente fácil erosión de los estratos sueltos o blandos.

Los factores medioambientales también son importantes, aunque nadie duda del factor positivo de las masas forestales, sobre todo por su función conservadora del

suelo. En este sentido, las raíces de los árboles contribuyen a la fracturación y disgregación de las rocas en zonas abruptas, incluso en macizos compactos de basalto. El viento en algún caso puede provocar la caída de materiales. La fauna sobre todo las cabras, también puede remover materiales y provocar su caída.

Obviamente cuando se construye una pista forestal hay una modificación de la morfología con la alteración de las pendientes naturales del trazado, hecho que crea unas inestabilidades y desequilibrios en la ladera que provoca posteriores desprendimientos.

Los materiales desprendidos van desde pequeños piroclastos, piedras de mayor tamaño, bolos o “bimbas”, bloques individualizados hasta desprendimientos superficiales de canchales.

5.2. Actuaciones de protección

Las actuaciones para prevenir los desprendimientos no son fáciles ni económicas, más aún cuando se trata de caminos forestales o agrícolas que no tienen un uso intensivo como para compensar su inversión económica. En todo caso hay que valorar caminos donde exista un peligro patente de causar víctimas o problemas a edificaciones, ladera abajo, o en su caso, donde la caída de materiales afecte a pistas de elevada importancia.

Entre los sistemas más utilizados para la solución de los desprendimientos se destacan los siguientes para su uso en pistas.

- Barreras estáticas.
- Barreras dinámicas.
- Mallas metálicas.
- Muros de piedra.
- Muros de gaviones.
- Eliminación de bloques inestables.
- Modificación geometría taludes de la pista.

Las barreras en Canarias se comienzan a instalar a mediados de los 80, principalmente en carreteras secundarias. Su uso para pistas forestales es más limitado o casi inexistente.



Figura 16.8; Barrera dinámica de protección de desprendimientos. (Santamarta JC,2009)

Las barreras estáticas o pantallas estáticas son útiles para contener desprendimientos pequeños pero continuos. Se construyen en base a una estructura de acero, cable y malla de triple torsión.

Las pantallas estáticas se colocan transversalmente a la trayectoria de las piedras o bloques individualizados de las coladas volcánicas; en su caída con el fin de detenerlas se colocan barreras estáticas rígidas. Las barreras están formadas por redes metálicas de alta resistencia hecha con cable de acero y anclada al terreno mediante postes, en los cuales se instalan disipadores de energía cinética.

El diseño depende de los siguientes factores:

- Amortiguación del terreno.
- Cargas del impacto.
- Topografía.
- Pendiente.

- Geomorfología, movimientos de ladera.
- Grado de disgregación del material de la ladera.
- Presencia de animales (caprídos).

Cuando los posibles desprendimientos consisten en rocas de gran tamaño la solución aconsejada son las pantallas dinámicas, debido a que son capaces de absorber una gran masa en un corto espacio de tiempo. Estas pantallas absorben la energía cinética de las piedras o bloques que se desprenden mediante la deformación de la propia barrera y de los elementos disipadores de energía.

Para su instalación es necesario estudiar los puntos más apropiados para instalar las barreras dinámicas según las posibles trayectorias de los materiales desprendidos. Además, teniendo en cuenta los impactos que deberán soportar, se calculan sus dimensiones para conseguir un punto óptimo de resistencia y de coste económico. En este sentido, suponen una alternativa mucho más barata que soluciones más convencionales como los muros.

Los muros son una solución muy cara en este tipo de infraestructuras y suelen ser de piedra basáltica. En algunos casos se utilizan muros de gaviones, los cuales son efectivos sobre todo para pies de monte, canchales.



Figura 16.9 ;Obra de protección de ladera con piroclastos volcánicos, en la isla de El Hierro. (Santamarta JC,2009)

5.3. Obras de fábrica y paso

En las pistas forestales es necesario realizar obras auxiliares, para su correcto funcionamiento. Estas obras se dividen entre obras de paso y de fábrica. Se limitan a las necesarias para el drenaje transversal de la vía. Para la definición del número de caños, sus dimensiones y ubicaciones se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- Microcuencas de recepción.
- Cubierta vegetal.
- Desarrollo de la rasante.
- Intensidad-duración de las precipitaciones máximas.
- Fórmula de Talbot de definición del área de sección de un caño.
- Método racional de cálculo de caudales.
- Caños construidos en caminos del entorno del monte.

Se deben excavar cunetas y construir, a intervalos apropiados, estructuras de drenaje transversales para canalizar el agua hacia las zonas de vegetación contiguas a los caminos. Son estructuras sencillas y baratas, dependiendo de la terminación y capacidad de las mismas, que con frecuencia se descuidan y que son indispensables para limitar la erosión del suelo que provoca la construcción de las pistas. De la construcción de las obras de drenaje, dependerá en gran parte la facilidad de acceso y la vida útil del camino.

También existen las contra cunetas, que son cunetas que se construyen paralelas a la pista forestal con la función de prevenir que llegue el agua en exceso por la ladera. No son muy populares porque provocan que esa zona de la ladera se reblandezca y se pueda deslizar.



Figura 16.10 ;Obra de paso sobre cauce en Tenerife. (Santamarta JC,2010)

Inicialmente hay que hacer un cálculo hidráulico, en el se debe ver la dotación de infraestructuras de drenaje acorde a los requerimientos de la zona. Hay que tener en cuenta algunas premisas:

- Cada tubo de hormigón debe drenar el caudal máximo que las cunetas son capaces de desaguar.
- La Instrucción de Carreteras sólo considera caños a partir de 60 cm de diámetro, aunque visto que los caños de esta dimensión se obturan con facilidad, ya que el mantenimiento en los mismos es escaso y que por otro lado, se cierran como consecuencia del material forestal acumulado, tales como ramas o troncos de diámetros importantes, se están sustituyendo por caños de al menos 1 metro de diámetro que forestalmente se ha visto que es más adecuado.
- Serán puntos obligados de colocación de drenes transversales aquellos en los que exista tendencia al encharcamiento por ser puntos de paso de pendiente a rampa. Por lo demás, una vez cubiertos estos puntos críticos, la distribución de los restantes se hará siguiendo un patrón de ubicación calculado.

La necesidad de instalar embocaduras está directamente relacionada con la velocidad con la que sale el agua por el tubo de hormigón, de modo que si ésta resulta mayor de la máxima admisible, será conveniente colocarlas para evitar que se produzca erosión a la salida del caño. Por su parte, las velocidades máximas admisibles son en función del tipo de material que constituye el terreno.

La recogida del agua de las cunetas para que penetre al interior de los caños se hace mediante unas cajas de hormigón situadas en ellas que reciben el nombre de arquetas.

Es usual construir obras de paso o vados en zonas por donde transcurren micro barrancos o drenajes naturales de las laderas que interceptan a la pista forestal. Los vados son estructuras artificiales, generalmente se trata de losas de hormigón o mampostería. La construcción de vados es económica. Su diseño debe evitar provocar erosión aguas arriba y aguas abajo, además de evitar que se provoque socavación.

En algunas ocasiones se llega a construir pequeños puentes (más de 5 metros de luz). En Canarias suelen ser de mampostería y deben asegurar que tengan dimensiones de paso, para que puedan evacuar todo el caudal cuando haya lluvias. Si no es así pueden ser destruidos por una avenida como así ha ocurrido en islas como El Hierro.



Figura 16.11 ; Obra de refuerzo de firme en camino forestal de La Gomera. (Santamarta JC,2009)

6. Legislación y uso de las pistas o caminos forestales. El caso de Tenerife

Es evidente que las pistas forestales en las islas suponen un recurso de ocio para sus habitantes que acceden a las diferentes partes del monte. Esto si no se controla o regula puede llegar a ser un problema y un impacto considerable a la sostenibilidad del ecosistema.

La accesibilidad al monte puede llegar a provocar el acceso de personas con intereses que pueden conducir a la destrucción del monte o sus recursos, como por ejemplo los pirómanos, corredores ilegales, cazadores furtivos etc...

En la actualidad en Tenerife, el tráfico recreativo y deportivo por estas vías se ha incrementado notablemente, no siendo seguro, dadas las características de las pistas y produciendo además, problemas de conservación en los espacios naturales protegidos, así como importantes daños en los firmes no asfaltados, por lo que se hace imprescindible regular la circulación.

La Ley 43/ 2003 del 21 de noviembre de Montes, establece en su artículo 54 bis, en su punto 2:

2. La circulación con vehículos a motor por pistas forestales situadas fuera de la red de carreteras quedará limitada a las servidumbres de paso que hubiera lugar, la gestión agroforestal y las labores de vigilancia y extinción de las Administraciones Públicas competentes. Excepcionalmente, podrá autorizarse por la Administración Forestal el tránsito abierto motorizado cuando se compruebe la adecuación del vial, la correcta señalización del acceso, la aceptación por los titulares, la asunción del mantenimiento y de la responsabilidad civil.

En Tenerife la circulación con vehículos de motor está prohibida con carácter general, quedando limitada a las servidumbres de paso, la gestión agroforestal y las labores de vigilancia y extinción de incendios forestales. No obstante, el Cabildo de Tenerife, en desarrollo de la Ley de Montes, ha establecido la siguiente regulación:

- Senderistas y paseantes a pie, ciclistas y jinetes a caballo pueden transitar por cualquier pista forestal.
- El acceso a las áreas recreativas, zonas de acampada o campamentos se podrá realizar con cualquier tipo de vehículo apto para circular por carreteras (turismos, furgonetas, guaguas o motocicletas, entre otros.)

- Para el esparcimiento y recreo con vehículos de motor por las pistas forestales se ha habilitado la Red de pistas para la circulación de vehículos de motor con finalidad recreativa.

Bibliografía consultada y referencias

ABREU PIDAL, J.M.(1983).Planificación y Proyectos de Vías Forestales. ICONA.

BEN HUR, M. FERNANDEZ, C.SANTAMARTA CEREZAL, JC. 2009: Ecological Studies. Chapter; Overland flow, soil erosion and stream water quality in forest under different perturbations and climate conditions.Ed. Springer. Germany.

ELORRIETA JOVE, J. (1989).Vías de Saca. Fundación Conde del Valle de Salazar.ETSI Montes.UPM. Madrid.

HERNÁNDEZ GUTIÉRREZ, LE. ET AL. 2010. Guía para la Planificación y Realización de Estudios Geotécnicos para la Edificación en la Comunidad Autónoma de Canarias. Inédito.

LÓPEZ-BACHILLER FERNÁNDEZ, M.2008.*Reparación de caminos forestales*.

