

LA RECUPERACIÓN DE RIPIO EN CAMINOS FORESTALES

Una alternativa eficiente y ambientalmente amigable

Juan José Troncoso T.
jtroncot@puc.cl
Departamento de Ciencias Forestales

La fuerte orientación exportadora de las empresas forestales chilenas ha hecho que éstas, con el fin de maximizar sus beneficios, busquen una mayor eficiencia en los procesos productivos optimizando el uso de sus recursos. A lo anterior, se agrega que deben sobreponerse a la limitante climática para lograr un abastecimiento de madera a los distintos mercados en forma continua. Por ello, y en su afán de aumentar sus niveles de producción, se han visto obligadas a realizar mayores inversiones en las redes de accesibilidad, mejorando la planificación, diseño, construcción y mantención de éstas.

En este contexto, para lograr un proceso eficiente de extracción de madera en los meses con mayores precipitaciones, las empresas han debido estabilizar sus caminos forestales, utilizando para ello distintos tipos de materiales, destacándose el ripio,

compuestos químicos y los geosintéticos. No obstante, todos estos métodos de estabilizado se traducen en altos costos de construcción de caminos, y por tanto, cualquier técnica que permita reducirlos y sea ambientalmente aceptable, es considerada una buena alternativa.

Dentro de ese marco, se encuentra la técnica de la reutilización del material proveniente de caminos estabilizados, que ya cumplieron su ciclo productivo, en nuevos caminos que se necesitarán para futuras faenas de cosecha. Este tipo de práctica resulta interesante si se desea manejar los recursos forestales de manera sustentable, ya que permite la utilización de métodos de estabilizado que evitan o disminuyen la importación de componentes granulares (ripio) desde zonas distantes, y a la vez reducen la generación de sedimentos que finalmente van a dar a los cursos de agua.

La accesibilidad forestal

La accesibilidad de un predio

forestal pretende, por medio de un conjunto de instalaciones, posibilitar y facilitar la entrada al bosque con el objeto de servir para el desarrollo y aprovechamiento de la masa forestal. Por lo tanto, debido a la necesidad de asignar adecuadamente las inversiones y disminuir los costos, se debe obtener una mayor producción y de mejor calidad, lo que obliga a tener una accesibilidad del bosque que permita en todo tiempo realizar faenas de poda, raleo, manejo sanitario y protección, entre otras.

Aun más, el manejo sostenible, cuidadoso e intensivo de las áreas forestales y el aumento de las funciones socioeconómicas del bosque, trae otros cometidos para la accesibilidad, además de permitir la extracción y transporte de la madera. Por ejemplo: la parcelación de las superficies boscosas permitiendo la seguridad de rodales pequeños, la subdivisión de las laderas con el objeto de manejar independientemente las diferentes clases de pendiente y la separación de los usos del suelo. Por otro lado, los caminos forestales son el aspecto más problemático de las operaciones de cosecha forestal, porque una parte importante de la erosión del suelo cabe atribuirle directamente a ellos, en muchos casos por deficiencias de diseño, construcción o mantenimiento. Para disminuir los impactos ambientales, los caminos forestales deben ser diseñados y trazados sobre el terreno con la fija idea de que es necesario perturbar el suelo lo menos posible, establecer un sistema de drenaje adecuado y evitar, cuando se pueda, el cruce de los cursos de agua.

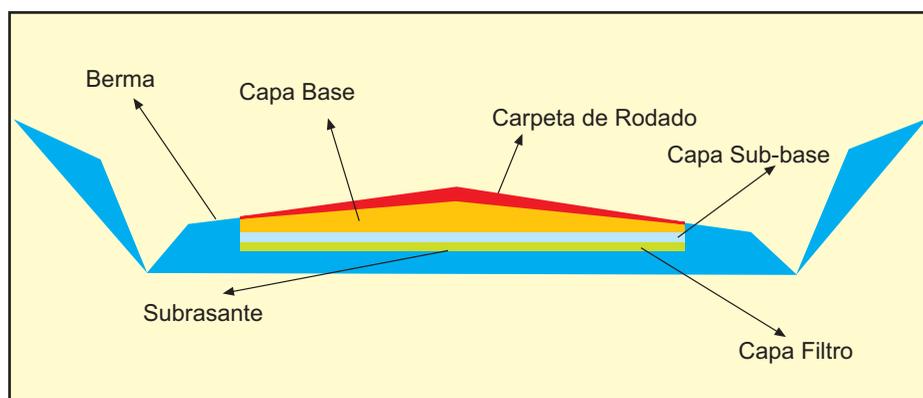


Figura 1. Perfil Transversal de un camino Forestal.

Cuadro 1
Antecedentes Técnicos de Caminos de Origen de Material

Ítem	Camino 1	Camino 2	Camino 3	Camino 4
Longitud de Carpeta (m)	5.236	1.235	4.102	2.365
Ancho Prom. Carpeta (m)	4,95	5,01	5,05	4,97
Espesor de Carpeta (cm)	25	25	22	20
% Compactación	95	95	96	97
Granulometría máxima (pulg)	2	2	2	2

Las características de diseño de los caminos forestales

Las características de diseño de los caminos forestales difieren de los caminos públicos debido a sus condiciones especiales de tránsito y topografía, entre otros factores. En Chile, los caminos forestales generalmente se construyen con un ancho de 4 m, con radios mínimos de curvas de 30 m, y con pendientes longitudinales máximas de 12%. Estas características promedio permiten una velocidad de los vehículos de 25 a 40 km/hr y pueden variar dependiendo de la intensidad del tránsito a soportar, el suelo, el clima y la pendiente del terreno.

Con respecto a la calzada de los caminos forestales, que es desde donde se recupera el ripio, ésta está constituida -desde abajo hacia arriba- por materiales de capacidad de soporte ascendente, organizados en capas fácilmente distinguibles. Estas capas son la capa filtro, las capas estabilizadoras (base y sub-base) y la capa de cubierta o carpeta de rodado (Figura 1).

La Capa Filtro del Camino

Esta capa se utiliza sólo en suelos cohesivos que pueden ser influenciados por el agua. La capa filtro se ubica sobre la subrasante compactada para impedir el ascenso de agua capilar y evitar que el material granular de la sub-base se incruste en el suelo cohesivo. Los materiales granulares empleados son arena gruesa y gravilla, colocadas en capas de 5 a 10 centímetros. Esta capa no es necesaria cuando los materiales de la capa siguiente son granulares gruesos y muy porosos.

Las Capas Estabilizadoras

(Base y Sub-base)

Cada suelo posee una cierta capacidad de soporte, que depende de su roce interno, de la cohesión y de la humedad. La estabilización de suelos es un método de construcción que permite subir esa capacidad de soporte, ya sea por adición de mineral o aglomerantes, así como por mezclado y compactación. Éstas tienen por objetivo distribuir las cargas para evitar grandes deformaciones y están constituidas por materiales estables, como la grava, arena, limo y arcilla, generalmente sometidas a compactación. La cantidad de sub-capas, calidad requerida de los materiales y espesores, dependerán de las exigencias del tránsito.

La Carpeta de Rodado

Esta capa tiene la función de cubrir las capas base, para absorber los efectos del roce de los neumáticos y frenado de los vehículos.

Determinación del porcentaje de recuperación de ripio

Para determinar el porcentaje promedio de recuperación de ripio, se utilizaron caminos existentes en un predio forestal ubicado en la precordillera de la VIII Región de Chile, a 78 km de la ciudad de Chillán. Dentro de este predio se seleccionaron 4 caminos ripiados que ya habían cumplido su vida útil.

En terreno se realizó la medición de la longitud, del ancho y espesor de carpeta cada 30 metros lineales (m-l) para los cuatro caminos. Las características técnicas obtenidas se presentan en el Cuadro 1.

Las Consideraciones Técnicas

cas para la Recuperación de Ripio

Desde el punto de vista técnico, realizar la recuperación de ripio es completamente factible si se dispone de caminos que, después de haber terminado las faenas de cosecha, van a ser desactivados o cerrados para ser reforestados, sembrados o simplemente no utilizados para el tránsito de vehículos, con el objeto de permitir su recuperación de manera natural. En general, la desactivación de los caminos debe ser efectuada cuando no es posible realizar un mantenimiento del camino y de sus estructuras de drenaje; además de aquellos que ya cumplieron su vida útil y los que fueron construidos en exceso.

Con respecto a los caminos que generalmente se utilizan como fuente de material recuperado, la mayoría de las empresas emplea sólo caminos secundarios y que se encuentran cercanos a las nuevos caminos. Además, el requisito fundamental es que el material (ripio) no se encuentre muy contaminado con otros materiales más finos, ya que le baja la calidad y dificulta su reutilización.

La secuencia de actividades que se puede establecer para la faena de recuperación de ripio y construcción posterior del camino nuevo, se presenta en la Figura 2.

Como puede verse en la Figura 2, las actividades que conforman la recuperación de ripio corresponden a las faenas de escarificación y acordonado del material o ripio, y el posterior carguío y transporte del material recuperado al lugar de destino. No obstante, si se considera que el ripio que se compra a los pozos de extracción de áridos, también se transporta, esta faena no debiera considerarse en la evaluación económica de la recuperación de ripio, si la distancia media de transporte de ripio (DMTR) es igual para ambos casos.

Porcentajes de Recuperación de Ripio Obtenidos

Luego de realizarse la faena de recuperación, los volúmenes de material recuperado proveniente de los cuatro caminos se presentan en el Cuadro 2.

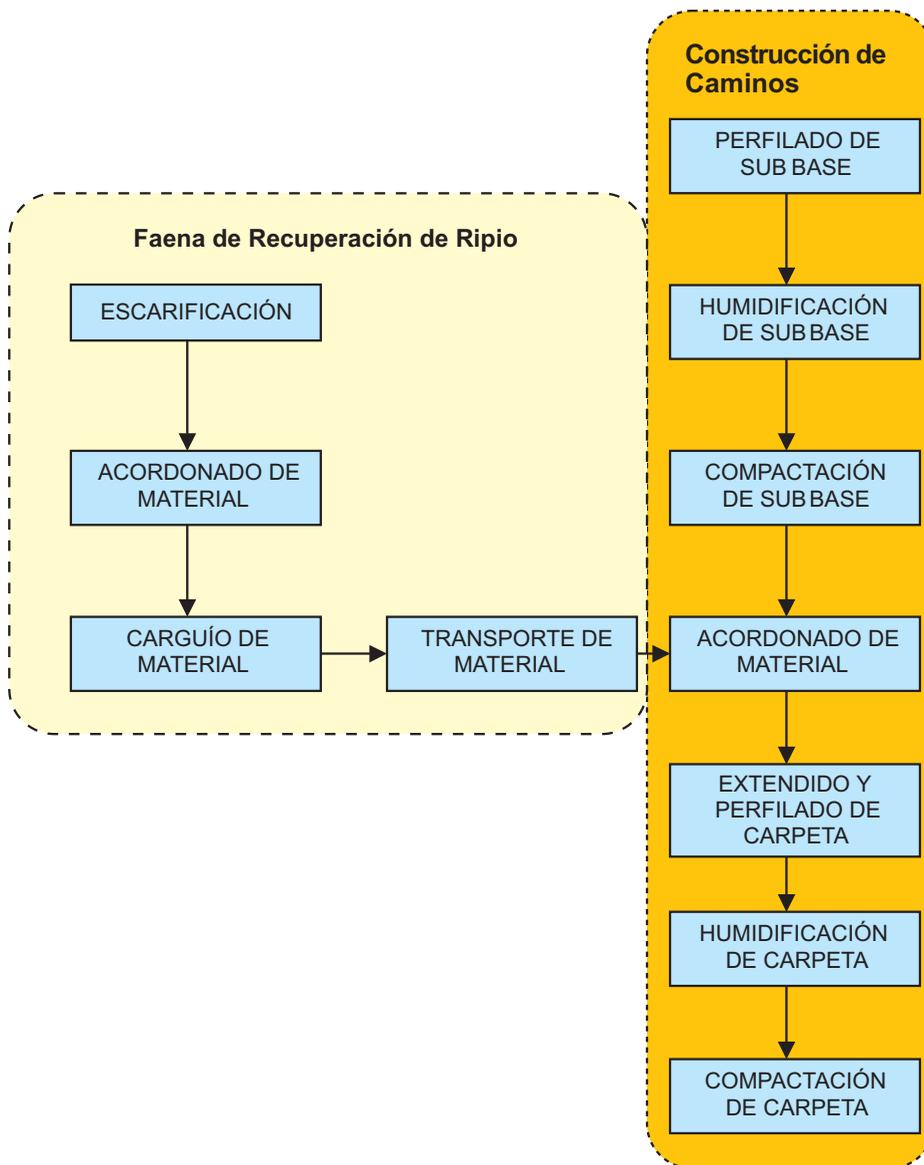


Figura 2. Secuencia de Actividades para la Faena de Recuperación de Ripio y Construcción de Caminos

Como se puede observar en el Cuadro 2, los porcentajes de recuperación no superaron el 55% del volumen inicialmente utilizado en la construcción de dichos caminos, por lo que para un kilómetro de camino nuevo que se desee construir con material recuperado, se requeriría de casi dos kilómetros de caminos de origen para entregar la cantidad de ripio necesario para lograr el espesor y ancho de carpeta planificado, si es que estos dos últimos elementos de diseño son iguales para ambos caminos.

Las causas principales de que la recuperación de ripio no haya superado el 55% del volumen supuestamente disponible en el camino de origen, son las siguientes:

- Después de varios años de uso del camino, el material se va desplazando hacia las cunetas y hacia el eje del camino, debido principalmente al ahuellamiento que producen los vehículos que transitan por dicho camino.
- No hubo una mantención adecuada y periódica de los caminos, por lo que el material de la carpeta de rodado y capa base se sueltan y se facilita la pérdida y contaminación del material.
- Si el ripio se encuentra muy contaminado con partículas de menor tamaño, se dificulta su posterior uso en los caminos nuevos ya que no es factible lograr los porcentajes de compactación deseados. Por lo tanto, en

caminos donde el material esté mezclado con otras partículas, se reduce notoriamente la cantidad de material reutilizable.

Factibilidad Económica de la Recuperación de Ripio

La diferencia principal entre la construcción de un camino nuevo con material proveniente de la cantera o pozo, a otro construido con material recuperado, está en que para el segundo caso deben calcularse además los costos que implica recuperar el material.

De hecho para una misma distancia media de transporte de ripio (DMTR), los costos que deben compararse entre ambos tipos de construcción de caminos son el costo de un m³ de ripio comprado en el pozo de extracción de áridos, contra los costos de levante, acordonado y carguío asociados en la recuperación de un m³ de ripio desde algún camino existente.

Luego, si se considera el porcentaje promedio de recuperación de ripio obtenido en este estudio (52,5%), se puede estimar el costo de recuperación de ripio. Para tal efecto se consideró la construcción de un kilómetro de camino nuevo, utilizando una DMTR igual para el transporte de material comprado como para el de material recuperado, aislando de esta manera el efecto del transporte, que es el ítem de costo más elevado en la construcción de caminos con estabilizado granulométrico. El resto de las faenas de construcción del camino, tales como el acordonado y extendido del material y la posterior humidificación y compactación de la carpeta, se consideraron también iguales.

Los antecedentes técnicos usados para el análisis económico, tanto para el camino origen y destino, son los siguientes:

Camino Destino:
Espesor de carpeta: 25 cm
Ancho carpeta: 5 m

Camino Origen:
Porcentaje de recuperación: 52,5%
Espesor de carpeta: 20 cm
Ancho carpeta: 5 m

Luego, en base a los antecedentes anteriores, el volumen de ripio

Cuadro 2
Volúmenes y Porcentajes de Recuperación de Ripio

Camino	Volumen Inicial utilizado (m ³)	Volumen Recuperado (m ³)	% de Recuperación
Camino 1	6.479,6	3.226	49,8
Camino 2	1.546,8	847	54,7
Camino 3	4.557,3	2.375	52,1
Camino 4	2.350,8	1.251	53,2
Promedio			52,5

necesario a recuperar para construir un kilómetro de camino es de 1.250 m³, lo que equivale a realizar el levante y acordonado del material en el camino de origen por una distancia aproximada de 2.380 metros lineales, aproximadamente. Los costos asociados a la recuperación del ripio se presentan en el Cuadro 3:

Por lo tanto, y si se compara el costo de un m³ de ripio comprado en la VIII Región, cuyo monto alcanza un valor promedio de 3,85 US\$/m³ - cifra que sólo considera el valor del material, sin incluir el costo del transporte hacia la faena-, la recuperación de ripio resulta siempre conveniente y factible, ya que se produce un ahorro de US\$3.138 por cada kilómetro de camino nuevo construido con material recuperado, considerando una misma distancia de transporte de ripio (DMTR) para el caso de la compra de material.

En otras palabras, la recuperación de ripio siempre será más econó-

mica que la compra de material a pozos de extracción de áridos, si la DMTR para la recuperación es menor o igual a la del pozo.

Por otro lado, para determinar hasta qué DMTR para el material recuperado conviene reutilizar el ripio, en vez de comprarlo a pozos de extracción, se calculó la distancia que iguala el precio de compra de un m³ de ripio con el costo de recuperación y transporte de un m³ de ripio recuperado. Para realizar dicha estimación se utilizó el costo de transporte de ripio, el cual alcanza un valor de mercado promedio de US\$0,20 por m³/km, en la VIII Región de Chile.

Con estos antecedentes, la distancia se calculó de la siguiente manera:

$$\text{US\$1,34/m}^3 + \text{US\$0,2/m}^3\text{-km} \cdot D = \text{US\$3,85/m}^3$$

$$D = 12,6 \text{ km}$$

De esta manera, se puede determinar que para distintas DMTR,

tanto para el material recuperado (DMTR_{mr}) como para el comprado (DMTR_{mc}), y para lo antecedentes económicos considerados en este estudio, la recuperación de ripio será conveniente sí y solo sí se cumple la siguiente condición:

$$\text{DMTR}_{mr} \leq \text{DMTR}_{mc} + 12,6$$

Lo anterior significa que si los caminos desde los cuales se extraerá el ripio para reutilizarlo poseen una DMTR superior en 12,6 kilómetros o más, comparado con la DMTR del pozo, convendrá comprar el ripio.

Consideraciones finales

Debido a las exigencias del mercado actual y la necesidad de invertir adecuadamente, la accesibilidad a los bosques debe permitir el cumplimiento ininterrumpido de sus funciones de protección, recreación y producción.

Por ello, el estabilizado con ripio es una de las alternativas más usadas actualmente para construir caminos transitables todo el año. No obstante, y debido a que el costo del estabilizado tradicional (ripio) se va encareciendo cada vez más como consecuencia del agotamiento acelerado de los yacimientos de áridos de buena calidad, y que en la actualidad se encuentran algo retirados de las zonas de cosecha forestal, la recuperación del ripio existente en caminos que ya cumplieron su vida útil, es una alternativa que permite emplear este material en el estabilizado de nuevos caminos y, por ende, dar un uso más eficiente de los recursos de las empresas forestales.

En términos técnicos, la recuperación de ripio es perfectamente factible si se dispone de caminos que ya cumplieron su vida útil y/o su función, y que además se encuentran cercanos a los caminos que van a ser construidos. Esta factibilidad quedó demostrada al obtenerse un porcentaje promedio de recuperación de ripio sobre el 50%, usando las mismas máquinas y equipos que se utilizan en la construcción de caminos. La única limitante encontrada para la recuperación de ripio, es la disponibilidad de caminos usados y las características

Cuadro 3
Costos de Recuperación de Ripio

Faena: Levante y Acordonado
Máquina: Motoniveladora

Longitud (m-l)	Rendimiento (m-l/hora)	Costo (US\$/hora)	Horas de trabajo	Costo para 1 km de Camino Destino (US\$)
2.380	2.380	30,8	29,8	916,3

Faena: Carguío
Máquina: Cargador Frontal

Volumen a Cargar (m ³)	Rendimiento (m ³ /hora)	Costo (US\$/hora)	Horas de trabajo	Costo para 1 km de Camino Destino (US\$)
1.250	38	23,1	23,1	760,0

Costo Total (US\$/km) **1.676,3**

Costo de Ripio Equivalente (US\$/m³) **1,34***

* Dólar = \$700

del material. En este sentido, si el ripio se encuentra muy contaminado con otros materiales de menor tamaño, o se encuentra muy disperso sobre la superficie del camino, la recuperación de dicho material no es conveniente.

Con respecto a la factibilidad económica de esta actividad, en general siempre será conveniente la recuperación de ripio si es que la distan-

cia media desde los pozos de extracción, que es donde se compra el ripio, es mayor o igual a la distancia media a la que se encuentran los caminos que aportaran el ripio, ya que el costo directo de recuperación por metro cúbico, esto es el costo de acordonado, levante y carguío, es menor que el valor de un metro cúbico de ripio comprado en el pozo, sin incluir, en

ambos casos, el costo de transporte del ripio hacia la faena de construcción de caminos.

La única condición bajo la cual resulta más conveniente la compra de ripio, considerando los antecedentes aquí utilizados, es cuando la DMTR para la recuperación es mayor en 12,6 km o más, a la DMTR del pozo de extracción de áridos. 

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
FACULTAD DE AGRONOMÍA E INGENIERÍA FORESTAL
DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA AGRARIA

Diploma en Administración de Negocios y Empresas Silvoagropecuarias

Abril a Octubre de 2004
Martes y Jueves de 18:00 a 21:00 horas

Orientado a profesionales y ejecutivos del sector, que deseen perfeccionar sus conocimientos en el área de administración de empresas.

Áreas de formación

- Economía para la gestión
- Administración estratégica de empresas
- Contabilidad y control de gestión
- Gestión de recursos humanos
- Marketing
- Gestión de operaciones
- Finanzas y evaluación de proyectos

Talleres de desarrollo profesional de habilidades gerenciales
Seminarios de actualidad

Inscripciones hasta el
15 de Marzo de 2004
Cupos Limitados

Para mayor información
Teléfonos: 686 5726 - 686 5704
Fax: 686 5702 - 686 5727
e-mail: danes@puc.cl



PROGRAMA DE DESARROLLO EMPRESARIAL 2004