

# Un sistema de gestión para la mantención de caminos no pavimentados

**Rodrigo GaeteP.**

Ingeniero Investigador, Departamento Ingeniería de Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile, Casilla 306, Santiago.

**Alex T. Visser.**

Profesor de Ingeniería Civil, Universidad de Pretoria, Pretoria 0001, Sud-Africa.

**RESUMEN:** Los caminos no pavimentados constituyen la mayor proporción de la red de carreteras en Chile y en muchas otras naciones, en vías de desarrollo. La asignación de recursos en los caminos sin pavimentar ha sido realizada históricamente en base a la experiencia de las autoridades de carreteras. En un estudio reciente llevado a cabo en Sudáfrica, se desarrolló un nuevo conjunto de relaciones para la predicción de la rugosidad y la pérdida de grava en el tiempo, para caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito, además de un nuevo conjunto de relaciones de costos de los usuarios. El objetivo de este trabajo, es mostrar la efectividad y versatilidad de la aplicación del sistema MDS (Maintenance and Design System) para evaluar la condición actual y futura, asignar eficientemente los recursos de perfilado y gravillado, y eventualmente determinar la conveniencia de pavimentar un cierto tramo, en base a criterios económicos.

## L INTRODUCCIÓN

Los caminos no pavimentados constituyen el mayor porcentaje de la red de carreteras en Chile y en muchos otros países en vías de desarrollo. De los aproximadamente 23.000 km que componen la red básica de carreteras en Chile, sólo están pavimentados con hormigón o asfalto alrededor de 9.000 km (39%) y el resto de la red se compone de caminos, ya sea de tierra o con algún espesor de grava (1). A éstos, se agregan 79.000 km de caminos de la red local, de los cuales un 87% no son pavimentados (2).

La asignación de los recursos de mantención de los caminos sin pavimentar ha sido históricamente realizada en base a la experiencia de las autoridades de carreteras. Esto ha significado que tanto el uso de los fondos, como la condición superficial no hayan sido las más adecuadas, lo que se traduce en una alta rugosidad, originando elevados costos a los usuarios. Gran parte de estos costos están constituidos por el consumo de combustibles, neumáticos y repuestos, los que en una mayor proporción son importados, generando adicionalmente un gasto de divisas.

Debido a que los presupuestos para la mantención de estos caminos son cada vez más reducidos en términos reales, se hace necesario disponer de sistemas que puedan asignar eficientemente estos recursos. En la última década, el Banco Mundial ha desarrollado una serie de estos sistemas para la administración de la mantención de carreteras, en base a estudios realizados en países en vías de desarrollo, dando origen al programa denominado HDM-III (3,4), cuyos rangos de las variables, no necesariamente reflejan las condiciones locales de ciertas zonas.

En estudios recientes realizados en Sudáfrica, se desarrollaron nuevos conjuntos de relaciones para: la predicción del deterioro de caminos no pavimentados de bajo volumen (rugosidad y pérdida de material) (5), relaciones entre la productividad de la motoniveladora con la rugosidad existente (6) y nuevos modelos para estimar los costos de operación vehicular (7). Estas relaciones han resultado ser más simples en su aplicación que las propuestas en el modelo HDM-III, ya que este último, requiere un mayor número de parámetros de entrada y sus algoritmos de cálculo son más complejos, sin que ello signifique una mayor precisión en las estimaciones.

El objetivo de este paper es poder presentar un método simplificado que permita administrar eficientemente la mantención de los caminos sin pavimentar, denominado MDS (Maintenance and Design System), el cual por su versatilidad podría ser fácilmente implementado para su uso en Chile.

La organización de este artículo comprende las siguientes partes: en el Capítulo 2, se hace una descripción del sistema MDS, en la que se muestran las diferentes etapas con que opera el programa, sus requerimientos de datos, como las distintas opciones de salida, para continuar en el Capítulo 3 con la presentación de los modelos que predicen el deterioro superficial, tanto la pérdida de material, como la rugosidad. Posteriormente, en el Capítulo 4 se hace una descripción de los desarrollos que permiten determinar la conveniencia de pavimentar un cierto tramo basados en criterios económicos. Finalmente, se presenta un ejemplo de aplicación y, se entregan las conclusiones y recomendaciones obtenidas.

## II. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA MDS

El sistema MDS es un modelo que fue desarrollado con el objeto de evaluar las distintas estrategias posibles de mantención de una determinada red de caminos sin pavimentar y determinar la asignación de estos recursos de mantención que minimice el costo total de transporte (8, 9, 10). Muchas son las decisiones que deben tomar frecuentemente las autoridades de una red de carreteras no pavimentadas, para las cuales el sistema MDS puede ser de gran ayuda, respondiendo preguntas como las siguientes:

- ¿Cuánto dinero debería gastarse en gravillado y qué volumen de material será requerido anualmente, para mantener un equilibrio entre gastos de colocación?
- ¿Qué presupuesto se requiere para efectuar una mantención rutinaria?
- ¿Cuál debería ser el presupuesto de mantención óptimo para la red?
- ¿Cuántas motoniveladoras se requieren para efectuar la mantención de la red de acuerdo al presupuesto seleccionado?
- ¿Cuál debe ser la frecuencia con que cada tramo debe ser perfilado para asegurar un óptima asignación de recursos de mantención?
- ¿Qué caminos requieren una mantención especial para no comprometer su integridad estructural?
- ¿Cuáles caminos son adecuados para justificar una pavimentación y qué fondos se requieren para ello?

### 2.1 Etapas de la operación del programa

El sistema MDS para su operación considera los siguientes pasos:

- cálculo de un ranking de las distintas estrategias de perfilado para un determinado tramo uniforme de una ruta, en términos del costo total.
- evaluación técnica en base a la inspección visual de la red.
- optimización de la estrategia para la red de carreteras no pavimentadas, sujeta a restricciones presupuestarias y a otros criterios como ser, la necesidad de asegurar la pasabilidad de un tramo durante todo el año.
- determinar para algunos tramos en particular, las prioridades de pavimentación, en base a criterios económicos.

### 2.2 Ranking de las distintas estrategias para cada tramo

La estructura de este paso se muestra en la Figura 1 (10). En primer lugar, se determinan para un cierto tramo, las necesidades de reposición del material de grava con sus costos asociados, con lo cual posteriormente, se pueden evaluar las distintas estrategias de perfilado. Para cada una de éstas, se calcula la condición superficial año a año, los costos de los usuarios y de mantención actualizados, con lo cual se puede generar un arreglo de costos totales de las distintas estrategias para cada sección.

### 2.3 Evaluación técnica en base a la inspección visual de la red

El objetivo de esta etapa, es la de disponer de una evaluación lo más barata y rápida posible haciendo uso de la inspección visual. Esta es realizada en terreno, para lo cual se debe llenar una ficha similar a la presentada en la Figura 2. El formato de evaluación, se divide en la condición funcional y estructural.

La condición funcional, proporciona información subjetiva para evaluar la manera como el camino satisface los requerimientos de los usuarios en cuanto a la calidad de rodado (relacionada con la rugosidad), velocidad límite, drenaje superficial para prevenir la formación de pozas y, resistencia al deslizamiento.

La condición estructural, proporciona información subjetiva de los defectos que contribuyen al deterioro del pavimento como ser: baches, corrugación, deformación, ahuellamiento, pérdida de material, exceso de polvo, agregados de gran tamaño y pérdida de áridos. Estos defectos se evalúan tanto en el grado (magnitud) como la extensión (superficie sobre la sección), por medio de una escala de cinco puntos.

Adicionalmente, se cuenta con un espacio disponible en el encabezado para codificar la información relativa a las características del camino.

En base a los datos anteriores, se puede realizar una evaluación de la condición del estado de la red y determinar los tramos que requieren mantenimiento especial. Estas prioridades de mantenimiento especial se refieren a: regravillado, mantenimiento mayor, agregado de finos, reperfilado, problemas de patinaje y mantenimiento actual insuficiente. El esquema general del algoritmo que determina estas prioridades, se muestra en la Figura 3.

## 2.4 Optimización de la estrategia de mantenimiento de la red

El paso siguiente es la optimización de la estrategia de perfilado a nivel de toda la red. En esta etapa los arreglos de costos obtenidos en el primer paso para cada sección, son utilizados en un algoritmo, el cual determina la estrategia óptima de perfilado para cada tramo mediante el uso de técnicas de optimización como ser: el método del gradiente y la programación dinámica. La formulación general del problema es la siguiente (8):

- minimizar el costo total del transporte actualizado para todas las secciones "j" de una red, en un determinado período de análisis, para cada una de las alternativas de mantenimiento "i".  

$$\text{minimizar } \sum TC_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

Donde  $TC_{ij}$  es el costo total actualizado para cada combinación  $ij$ , y  $X_{ij}$  es una variable muda que toma el valor uno si la combinación  $ij$  es seleccionada, y cero de otro modo.

- sujeto a las siguientes restricciones

$$a) \sum MC_{ij} X_{ij} \leq MB \quad (2)$$

donde  $MC$  es el costo actualizado de mantenimiento para cada combinación  $ij$ , y  $MB$  es el presupuesto disponible de mantenimiento para todo el período de análisis.

$$b) \sum X_{ij} = 1 \quad (3)$$

lo cual significa que sólo puede seleccionarse una estrategia de mantenimiento para cada tramo  $j$ .

Para la solución de este problema, se efectúan diferentes combinaciones de alternativas de mantenimiento para cada tramo, en la cual se evalúan los efectos de un cambio incremental en el presupuesto total de mantenimiento como se muestra en la Figura 4.

En esta representación, la relación beneficio-costos marginal, es la razón entre los beneficios obtenidos al producirse una reducción en los costos de los usuarios y el incremento en los costos de mantenimiento. El punto en el cual esta relación es igual a 1 corresponde al presupuesto óptimo requerido. A la izquierda del gráfico se muestra el presupuesto mínimo de perfilado al cual es factible la operación de la red. Bajo este presupuesto, algunos tramos podrían quedar virtualmente intransitables o con una rugosidad excesiva.

Por otra parte, lo que normalmente ocurre en la práctica, es una restricción de fondos por parte de las autoridades de carreteras, lo que impide aplicar una estrategia óptima de mantenimiento. En estos casos se pueden usar otros niveles de presupuestos en los cuales la razón beneficio-costos marginal varía entre 3 y 5. Se ha encontrado que un nivel deseable de gastos de mantenimiento, corresponde a una razón beneficio-costos marginal cercana a 4, ya que a partir de este punto, los incrementos en los beneficios por cada unidad adicional de inversión en mantenimiento son muy pequeños (10, 11).

## 2.5 Determinación de las prioridades de pavimentación

La última etapa del programa corresponde a la determinación de los tramos para los cuales se justifica realizar una pavimentación, cuyos fundamentos se describen en el Capítulo 4 de este trabajo.

## 2.6 Entrada de datos

El programa para su operación requiere dos tipos de archivo: costos y características de los tramos de la red.

### 2.6.1 Archivos de costos

Existen dos archivos que contienen la información relevante de costos. El primero de éstos, contiene los costos de los insumos incurridos tanto en la mantención como por los usuarios, en términos de costos económicos (sociales). Es importante aquí explicar el factor de productividad del perfilado. Este factor relaciona la productividad real observada de la motoniveladora con el valor teórico usado en MDS. En la práctica, se ha encontrado que este valor varía entre 0.75 y 0.30, dependiendo de la eficiencia del operador, tipo de motoniveladora, kilómetros recorridos sin trabajar, condiciones climáticas, etc. En la Figura 5, se muestra la curva original de productividad propuesta por Grobler(6, 11).

Un segundo archivo contiene la información relativa a los costos de construcción, para evaluar la sensibilidad de justificar la pavimentación de ciertos tramos.

### 2.6.2 Archivos de datos de la red

Existen dos archivos con la información concerniente a los tramos de la red. El primero de éstos contiene la definición de las secciones, características geométricas, clima, tránsito y de los materiales. El otro contiene los datos requeridos para estimar la condición funcional y estructural del camino.<sup>8</sup>

## 2.7 Opciones de salida

El programa MDS genera varias opciones de salida las cuales pueden ser requeridas según las necesidades del usuario y son las siguientes:

- A- validación de los datos de entrada.
- B- determinación de la pérdida de grava.
- C- determinación de las estrategias de perfilado.
- D- efectos de aplicar presupuestos alternativos de perfilado.
- E- estrategia de perfilado para un presupuesto seleccionado.
- F- determinar prioridades de pavimentación.
- S- ordenar las prioridades de pavimentación.
- G- imprimir la evaluación de la condición para la red.
- H- calcular prioridades de los requerimientos de mantención.

### A- Validación de los datos de entrada

Este programa chequea que los datos del archivo con las características de la red sean consistentes y estén dentro de un rango lógico. Si se encuentran datos no válidos, el programa entrega los mensajes respectivos.

### B- Determinación de la pérdida de grava

El sistema entrega la información del volumen y costo incurrido por la reposición de grava, tanto para cada tramo, como en toda la red en los años en que se requiere esta información.

### C- Determinación de las estrategias de perfilado

Se determina para cada tramo los efectos de realizar diversas estrategias de perfilado, indicando además cuál es la óptima.

D- Efectos de aplicar presupuestos alternativos de perfilado

El programa calcula los presupuestos requeridos para distintas relaciones de beneficio-costos marginal y, además, plotea estos valores en un gráfico.

E- Estrategia de perfilado para un presupuesto seleccionado

Se determina la frecuencia de perfilado para cada tramo y época del año, de acuerdo a un nivel de presupuesto seleccionado para una determinada relación de beneficio-costos marginal. Además, se entrega el número de motoniveladoras que se requieren para llevar a cabo esta política.

F- Determinación de prioridades de pavimentación

Se determina el conjunto de tramos que son factibles de pavimentar en base a criterios económicos dentro de los próximos 10 años. El cálculo se realiza para distintos costos de construcción.

S- Ordenar las prioridades de pavimentación

Entrega un listado similar al anterior, pero ordenado en forma decreciente de acuerdo a la fecha estimada de pavimentación.

G- Imprimir la evaluación de la condición para la red

Esta opción, imprime en forma resumida, una valorización de la condición funcional y estructural de cada sección de la red. El número de estrellas es un indicador tanto del grado, como de la extensión del tipo de defecto. Una estrella significa que será necesario una atención en el futuro y dos o tres estrellas indican que se requiere una atención urgente.

H. Calcular prioridades de los requerimientos de mantención

Este programa indica las prioridades de mantención para cada tramo, como también las prioridades ordenadas en forma decreciente para el regavillado, mantención alta y reperfilado.

### III. DETERIORO SUPERFICIAL DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS

Una parte fundamental de todo sistema de administración de carreteras, son los modelos de deterioro, ya que de éstos dependen, tanto los costos incurridos por los usuarios, como los costos de las acciones de mantención que se deben realizar. En el caso particular de los caminos no pavimentados, este deterioro de la superficie se caracteriza principalmente por la pérdida de grava y la rugosidad.

Se presenta a continuación, los nuevos modelos desarrollados en Sudáfrica para predecir el deterioro superficial, los cuales fueron obtenidos a partir de datos recolectados de auscultaciones en 110 secciones de caminos de la provincia de Transvaal y la república de Namibia en un período de más de tres años. El experimento factorial realizado, abarcó un extenso rango de tránsitos, clima y propiedades de los materiales (5).

#### 3.1 Predicción de la pérdida de grava

El mejor modelo que se encontró para predecir la pérdida de material de grava desarrollado durante el estudio de los caminos sin pavimentar en Sudáfrica, fue el siguiente (5):

$$GL = D [ADT (0.059 + 0.0027 N - 0.0006 P26) - 0.367 N - 0.0014 PF + 0.0474 P26] \quad (4)$$

donde:

GL = espesor de la pérdida de grava en mm

D = período de evaluación (días/100)

ADT = tránsito promedio diario en ambas direcciones (ven/día)

N = valor de Weinert, que varía entre 1 para zonas húmedas a un valor máximo de 10 para zonas áridas.

PF = el producto entre el límite plástico y el % que para la malla 0.075 mm

P26 = porcentaje que pasa la malla 26.5 mm

Una importante ventaja de este modelo respecto al propuesto en HDM-III es la simplicidad de la información, ya que todos los parámetros requeridos se pueden obtener sin necesidad de recurrir a sofisticados ensayos de laboratorio. Un aspecto importante a considerar es la topografía del terreno en el cual no es necesario calcular los valores de las pendientes ni curvaturas horizontales promedio, con lo cual se elimina un serio problema de recolección de esta información.

### 3.2 Predicción de la rugosidad

El mejor modelo encontrado en Sudáfrica para predecir el cambio en la rugosidad fue el siguiente (5).

$$\ln R = D[-13.8 + 0.00022PF + 0.064S1 + 0.137P26 + 0.0003N * ADT + GM(642 - 0.063 P26)] \quad (5)$$

donde:

Ln R = logaritmo natural del cambio de la rugosidad en el tiempo

D = número de días desde el último perfilado (días/100)

S1 = variable muda de la estación (1 si es seca, 0 si es húmeda)

GM = módulo granulométrico (suma de los porcentajes retenidos en las mallas 2.0; 0.425 y 0.075 mm dividido por 100).

### 3.3 Efecto del perfilado en la rugosidad

Este modelo es fundamental, ya que permite establecer cual es el punto de partida de la progresión de la rugosidad después de cada perfilado. El mejor modelo obtenido para las condiciones sudafricanas fue (5).

$$LRA = 1.07 + 0.699 LRB + 0.0004 ADT - 0.134 DR + 0.0019 LMS \quad (6)$$

donde:

LRA = logaritmo natural de la rugosidad después del perfilado (QI)

LRB = logaritmo natural de la rugosidad antes del perfilado (QI)

DR = indicador de material fino (razón entre los porcentajes que pasan las mallas 0.075 y 0.425 mm)

LMS = tamaño máximo determinado en laboratorio (no mayor que 75 mm)

El modelo HDM-III requiere significativamente más necesidad de información para realizar esta predicción, lo cual puede ser poco adecuado en términos de operabilidad del sistema.

## IV. REQUERIMIENTOS DE PAVIMENTACIÓN

En una red de caminos no pavimentados, existen algunos tramos en los cuales podría justificarse su pavimentación, ya sea inmediatamente, o en los próximos años. Los criterios utilizados tradicionalmente para tomar este tipo de decisiones, se basan principalmente en los volúmenes de tráfico y los fondos disponibles para estos efectos, los que no necesariamente refleja un análisis económico que asigne adecuadamente estos recursos. Varios ejemplos de estos criterios usados en otros países han sido publicados. En Texas (12) los caminos son pavimentados cuando los volúmenes de tráfico superan los 100 vehículos por día (vpd). Oglesby y Altenhofen (13) proponen que para volúmenes superiores a valores entre 200 y 300 vpd, es más conveniente rehacer y pavimentar que mantener una carpeta de grava en servicio. También en Sud-Africa, es usual que se construya un camino pavimentado cuando el volumen de tráfico supere los 150 a 200 vpd para las regiones secas y 200 a 300 vpd para las regiones húmedas (14).

El sistema MDS justifica estas decisiones en base a criterios económicos, tomando en cuenta factores que consideran además del volumen de tráfico, la composición de este, tipo y propiedades del material de la capa de grava, costos del gravillado, costos de operación de la motoniveladora y el clima. El modelo considera que para asegurar una decisión óptima desde el punto de vista económico, se deben cumplir simultáneamente los siguientes criterios de selección: criterio del valor presente neto en todo el período de evaluación y criterio de los beneficios del primer año.

#### 4.1 Criterio del valor presente neto en todo el período de evaluación

Los beneficios netos de la pavimentación, calculados y actualizados sobre un determinado período de análisis (generalmente 20 años), deben igualar o exceder los costos actualizados incurridos en la pavimentación y posterior mantención de ésta.

Este criterio asegura que el proyecto es económico. El mínimo volumen de tráfico que satisface este criterio durante el primer año de análisis se denomina usualmente tráfico de equilibrio BETV (Break Even Traffic Volume), para el cual se cumple la siguiente relación (15):

$$CC_p + MC_p + UC_p = CC_U + MC_U + UC_U \quad (7)$$

donde:

CC = costos netos de construcción del pavimento excluido drenaje y movimiento de tierra.

MC = costos actualizados de mantención

UC = costos actualizados de los usuarios

sub-índices p, u para caminos pavimentados y de grava respectivamente.

Esta relación puede reescribirse del siguiente modo:

$$CC_p + MC_p = CC_U + MC_U + UC_U - UC_p \quad (8)$$

La forma de la ecuación anterior lleva a la introducción de otro concepto similar: el costo de equilibrio BECMC (Break Even Construction and Maintenance Cost), el cual se define como el máximo costo actualizado de construcción y mantención de un camino pavimentado durante el período de análisis con un determinado volumen de tráfico, para el cual se justifica económicamente esta pavimentación. Para los términos del lado derecho de la relación (8) los costos de construcción y mantención del camino de grava ( $CC_U$  y  $MC_U$ ) se estiman a partir de los modelos que predicen la rugosidad y pérdida de grava. En el caso de los costos de usuarios ( $UC_p$  y  $UC_u$ ), éstos se pueden calcular considerando los consumos de combustibles, lubricantes y neumático, depreciación e intereses y labores de mantención, mediante las relaciones de costos de operación vehicular propuestas en Sud-Africa (7).

Estos costos dependen principalmente de la rugosidad del camino, la cual se calcula mediante la relación (5) en el caso de los caminos no pavimentados. Para los caminos pavimentados, se asumió una relación de comportamiento del índice de serviciabilidad PSI (Presente Serviceability Index) en función del tiempo, como se muestra en la Figura 6, lo cual proporciona el valor de rugosidad necesario para el cálculo de los costos de usuarios por el sistema MDS (15).

Mediante la relación (8), se puede expresar el BECMC, en función de los costos anteriormente explicados. En base a esto, se han realizado estudios de sensibilidad que analizan el efecto de distintas variables como ser: el tráfico y su composición, propiedades de los materiales, topografía, costos de gravillado, costos de operación de la motoniveladora y el clima, en el costo de equilibrio BECMC (15). Por ejemplo, en la Figura 7, se muestra el efecto de la topografía y el clima en el BECMC. Estas relaciones permiten calcular el BETV en función del BECMC y vice-versa. Una situación que se presenta frecuentemente en un camino no pavimentado, es el caso en que se conoce la inversión necesaria para realizar esta pavimentación y, su tráfico actual es menor que el BETV requerido para sus condiciones, el cual, podría alcanzar ese nivel en algunos años por la proyección de su crecimiento anual.

#### 4.2 Criterio de los beneficios del primer año

La relación entre los beneficios del primer año y el incremento de costo de capital incurrido en la pavimentación es conocido como FYB (First Year Benefits). Si FYB es menor que la tasa de descuento

utilizada (generalmente un 10% al año), entonces resulta más conveniente económicamente postergar el proyecto. Este criterio puede usarse para la determinación del momento óptimo en el cual se debe realizar una inversión y resulta ser generalmente más estricto que el del valor presente neto, ya que exige recuperar el capital invertido en un menor tiempo.

## V. EJEMPLO DE APLICACIÓN DEL MDS

Los conceptos anteriormente expuestos, se muestran en un ejemplo de aplicación del sistema MDS, a una red ficticia de 10 caminos sin pavimentar, utilizando las opciones de salida descritas en el acápite de 2.7. En la Tabla 1 se presentan las características generales de la red en cuanto a la información referente a la geometría, clima, tránsito y propiedades de los materiales de cada tramo.

La pérdida anual de grava calculada mediante los modelos de deterioro en los caminos que tengan una superficie con este material y sus respectivos costos, en los años que se requiera esta información, se presenta en la Tabla 2 (todos los costos presentados en este ejemplo son expresados en dólares). Haciendo uso de la opción referente al cálculo de las distintas estrategias de perfilado, en la Tabla 3, se muestran los efectos de la aplicación de distintas frecuencias de pasada para la motoniveladora, indicando el costo total óptimo de mantención (US\$210.405). Posteriormente en base a la información anterior, se puede elaborar una tabla y un gráfico con los presupuestos requeridos para distintas relaciones de beneficio-costos marginal, los que se muestran en la Tabla 4 y Figura 8 respectivamente.

De acuerdo al presupuesto de mantención seleccionado, en este caso US\$140,000 que corresponden a una relación de beneficio-costos marginal igual a 4, se obtiene la estrategia de perfilado para la red, que se muestra en la Tabla 5, indicando la frecuencia de pasadas en cada tramo y época del año, el costo incurrido, la rugosidad promedio obtenida y el número de motoniveladoras requerido en estas condiciones.

Por otra parte, utilizando los conceptos expuestos en el Capítulo 4, se determinan los requerimientos de pavimentación para los próximos 10 años, y su fecha estimada para realizar la inversión, bajo distintos costos de construcción, como se muestra en la Tabla 6.

Posteriormente, haciendo uso de la opción relativa a la evaluación de la condición para la red, se imprime el estado funcional y estructural de ésta, detectándose los tramos que requieren alguna atención y el grado de urgencia de ésta, como se muestra en la Tabla 7.

Finalmente, en las Tablas 8, 9 y 10 se entregan las prioridades para la determinar la mantención especial, regravillado y reperfilado, y el presupuesto requerido para ello.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El sistema MDS proporciona una poderosa y versátil herramienta de apoyo para realizar la gestión de la mantención en una red de caminos no pavimentados. La información que entrega, permite a las autoridades, poder tomar decisiones acertadas en cuanto al presupuesto óptimo requerido, y el uso que se le dé a los fondos disponibles. Por otra parte, el sistema para su funcionamiento, no requiere de un sistema de información voluminoso (sólo un computador personal), lo que lo hace muy accesible a ser implementado por parte de las autoridades de las zonas rurales. Finalmente, se requeriría de algún estudio que permitiera comprobar la bondad de ajuste para las condiciones de Chile, de las relaciones establecidas en las investigaciones de Sud-áfrica para los modelos de deterioro, costos de operación de los usuarios y productividad de la motoniveladora, y efectuar una calibración si ésta fuera necesaria.

## REFERENCIAS

1. Salgado, J., Gutiérrez, P. y Romero, F. "Sistema de Gestión y Seguimiento de Pavimentos -Dirección de Vialidad - MOP Chile", Revista de Ingeniería de Construcción N°2, marzo 1987, pp 34-65.
2. Armijo, R. y Correa, C. "Second Road Sector Project", Economic Evaluation, MOP, File Document, March, Chile, 1989.
3. Watanatada, T. et al. "The Highway Design and Maintenance Standards Model", The Highway Design and Maintenance Standards Series, Vol. IV, The World Bank, Washington, U.S.A., 1985.
4. Paterson, W. "Road Deterioration and Maintenance Effects; Models for Planning and Management", The Highway Design and Maintenance Standards Series, Vol. III, The World Bank, Washington, U.S.A., 1987.



5. Paige-Green, P. "The Influence of Geotechnical Properties on the Performance of Gravel Wearing Course Materials", Ph.D. dissertation, University of Pretoria, Pretoria, South Africa, 1989.
6. Grobler, J.E. "Evaluasie van Padskeerprduktiweiteit en Doeltreffendheid Gedurende Grulspadinstandhouding. NITRR Technical Note TM/1/87, CSIR, Pretoria, February, 1987.
7. Du Plessis, H.W. "An Investigation of Vehicle Operating Cost Relationships for Use in South Africa", Ad-Hoc Report DPVT-C96.1, Division of Roads and Transport Technology, CSIR, Pretoria, South Africa, April, 1989.
8. Visser, A.T. "An Evaluation of Unpaved Road Performance and Maintenance" Ph.D. dissertation, The University of Texas at Austin, May, 1981.
9. Visser, A.T. and Hudson, W.R. "Performance, Design and Maintenance Relationships for Unpaved Low Volume Roads " Transportation Research Board, 1983, pp 164-174.
10. Visser, A.T. "A Working System for Programming Maintenance on a Network of Gravel Roads" Proceedings of the International Conference on Roads and Development, Paris, May 1984, Vol. 1, pp 257-262.
11. Seydack, G.A. "Maintenance and Design System Model Revisions", Division of Roads and Transport Technology Project Report PR88/005, CSIR, Pretoria, South Africa, March, 1990.
12. Visser, A.T. and Hudson, W.R. "The Optimization of Roadway Structural Design and Maintenance Strategies with Special Reference to Developing Countries", Paper Prepared for Publication by the Transportation Research Board, February, 1982.
13. Oglesby, C.H. and Altenhofen, M.J. "Economics of Design Standards for Low-Volume Rural Roads" NCHRP Rept 63, Highway Research Board, 1969.
14. Richards, R.G. "Proceeding of Colloquium on Lightly Trafficked Roads Held at NITRR on 25th January 1977", NITRR Technical Report RP/1/77, CSIR, Pretoria, 1977.
15. Visser, A.T. "Warrants for Upgrading Gravel Roads to Bituminous Standard" Proceedings of the Fourth Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa - CAPSA'84, Cape Town, March 1984, Vol. 1, pp 77-90.

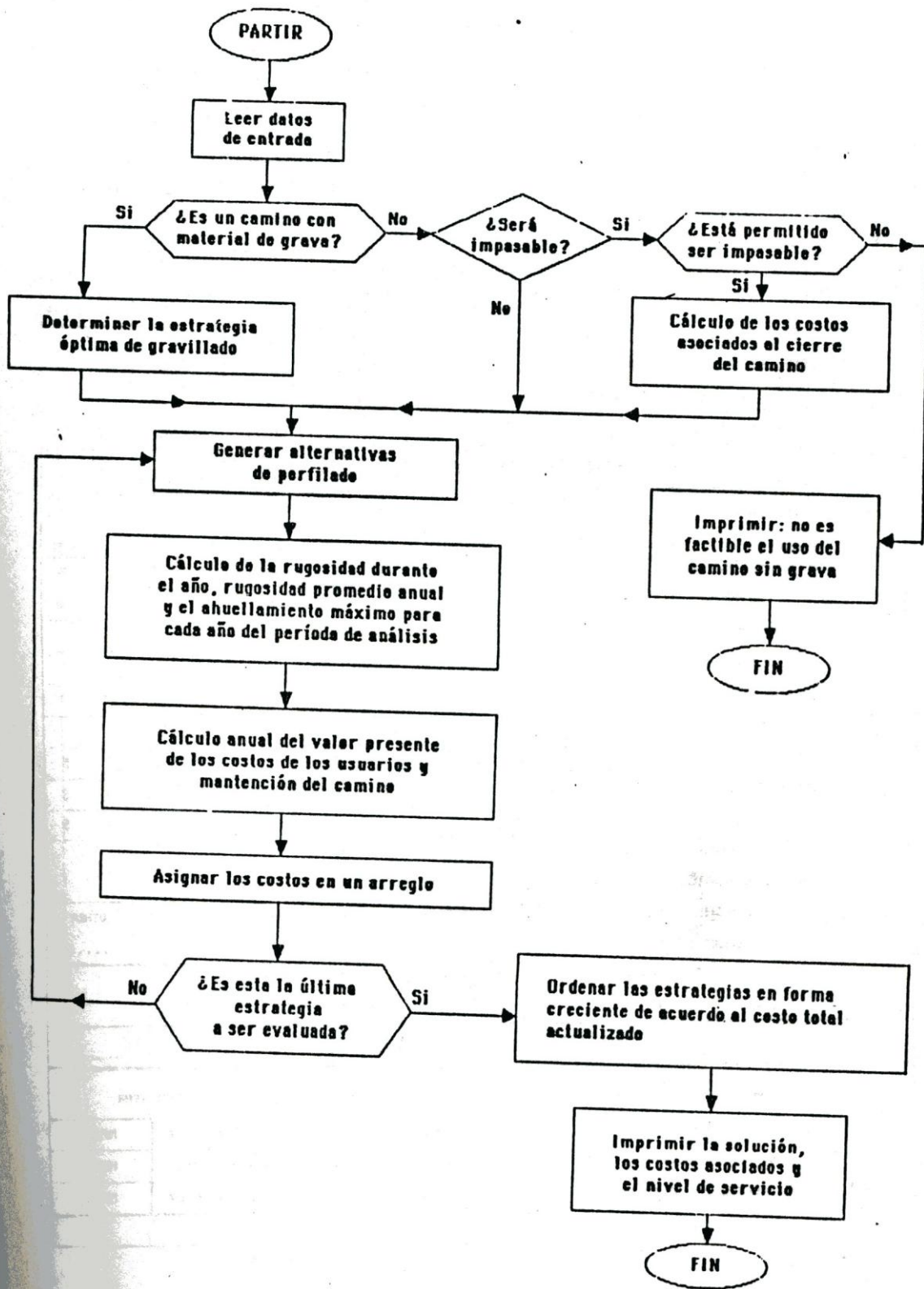


Figura 1 Diagrama de flujo para el ranking de estrategias

<b>PREHAD</b> EKONOMIE & ANALISE (EDMS) BPK ECONOMIC & ANALYSIS (PTY) LTD		PREHABTA 2									
<b>PAVEMENT ASSESSMENT (UNPAVED ROADS)</b>											
CLIENT : .....	DATE : .....										
STREET/ROAD : .....	CLIMATE : <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="width: 30px;">A</td><td style="width: 30px;">B</td><td style="width: 30px;">C</td></tr></table>	A	B	C							
A	B	C									
SECTION : .....	ROUTE : <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="width: 30px;">PRIMARY</td><td style="width: 30px;">SEC'ARY</td><td style="width: 30px;">TERTIARY</td></tr></table>	PRIMARY	SEC'ARY	TERTIARY							
PRIMARY	SEC'ARY	TERTIARY									
TRAFFIC COUNT : .....	RAINED LAST WEEK? <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="width: 30px;">YES</td><td style="width: 30px;">NO</td></tr></table>	YES	NO								
YES	NO										
<b>FUNCTIONAL ASSESSMENT</b>											
RIDING QUALITY	VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR						
CAN SPEED LIMIT BE REACHED?		YES	OCCAS'LLY	NO							
DRAINAGE : SIDE OF THE ROAD		GOOD	FAIR	POOR							
: ON THE ROAD		> 4%	> 2%	0 - 2%							
SKID RESISTANCE		GOOD	FAIR	POOR							
<b>STRUCTURAL ASSESSMENT</b>											
<b>STRUCTURE</b>	<b>DEGREE</b>					<b>EXTENT</b>					
	<b>SLIGHT</b>					<b>SEVERE</b>	<b>RARE/SELDOM</b>		<b>GREAT</b>		
Ø	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
GENERAL DEFECTS											
POTHOLES											
CORRUGATIONS											
DEFORMATION											
RUTTING											
LOOSE MATERIAL											
DUST	Ø	1	2	3	4	5	!	2	3	4	5
STONINESS : FIXED	Ø	1	2	3	4	5	!	2	3	4	5
: LOOSE	Ø	1	2	3	4	5	!	2	3	4	5
AVERAGE GRAVEL THICKNESS (mm)											
GRAVEL CHARACTERISTICS											
MATERIAL TYPE	LATERITE	QUARTZITE	SHALE	DOLERITE	OTHER						
MAXIMUM SIZE (mm)	> 50	> 25	> 13	< 13							
CLASSIFICATION	COARSE		MEDIUM		FINE						
ESTIMATED 'PI'	< 6		< 15		> 15						
<b>MAINTENANCE FREQUENCY</b>											
THIS FREQUENCY MUST BE GIVEN AS A FUNCTION OF THE MAINTENANCE DONE IN THE PAST YEAR											
REGRAVELING	NONE	RARELY	FREQUENTLY	MANY							
GRADER MAINTENANCE	NONE	RARELY	FREQUENTLY	MANY							
BACKFILLING OF POTHOLES	NONE	RARELY	FREQUENTLY	MANY							

Figura 2 Ficha de inspección visual

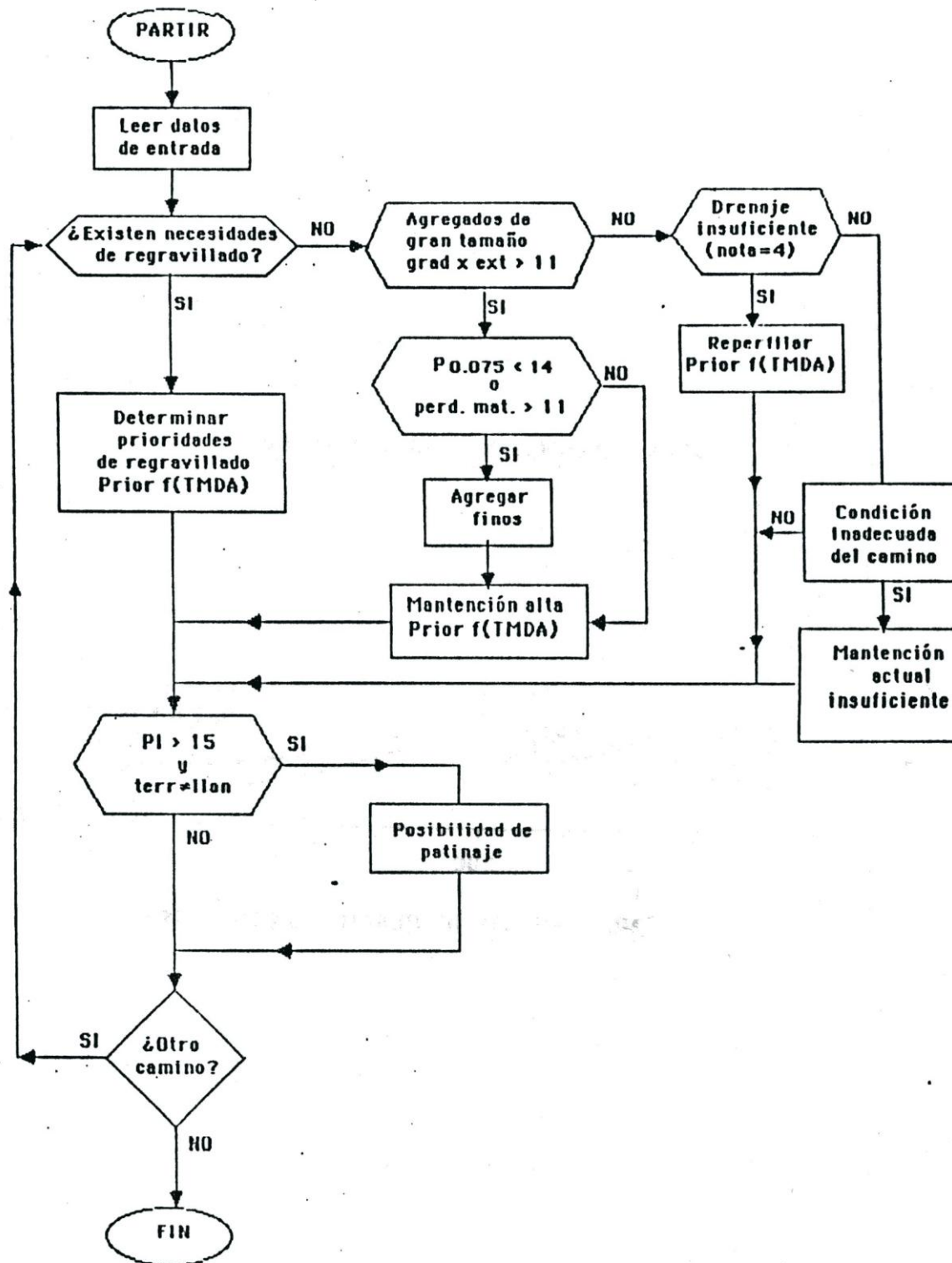


Figura 3 Diagrama de flujo para determinar prioridades de mantención especial

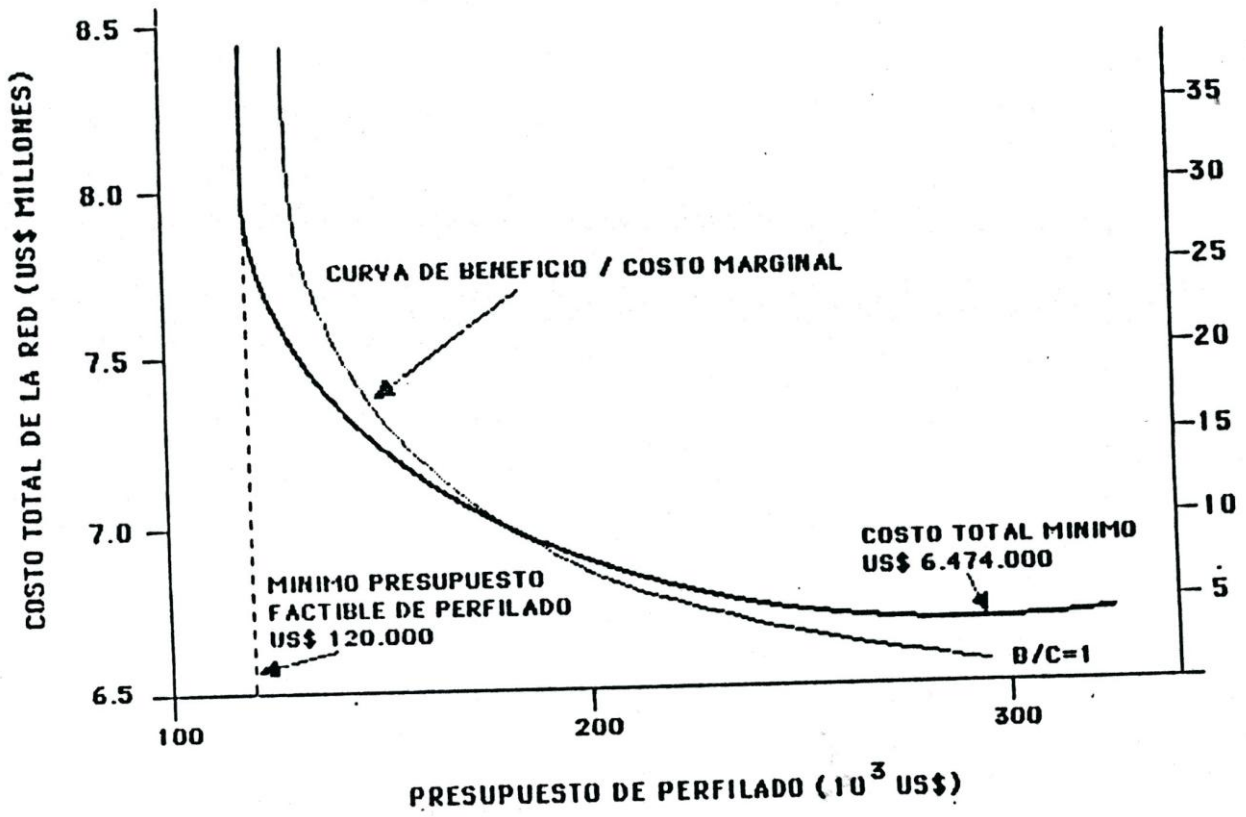


Figura4 Costo total de la red en función del presupuesto de perfilado



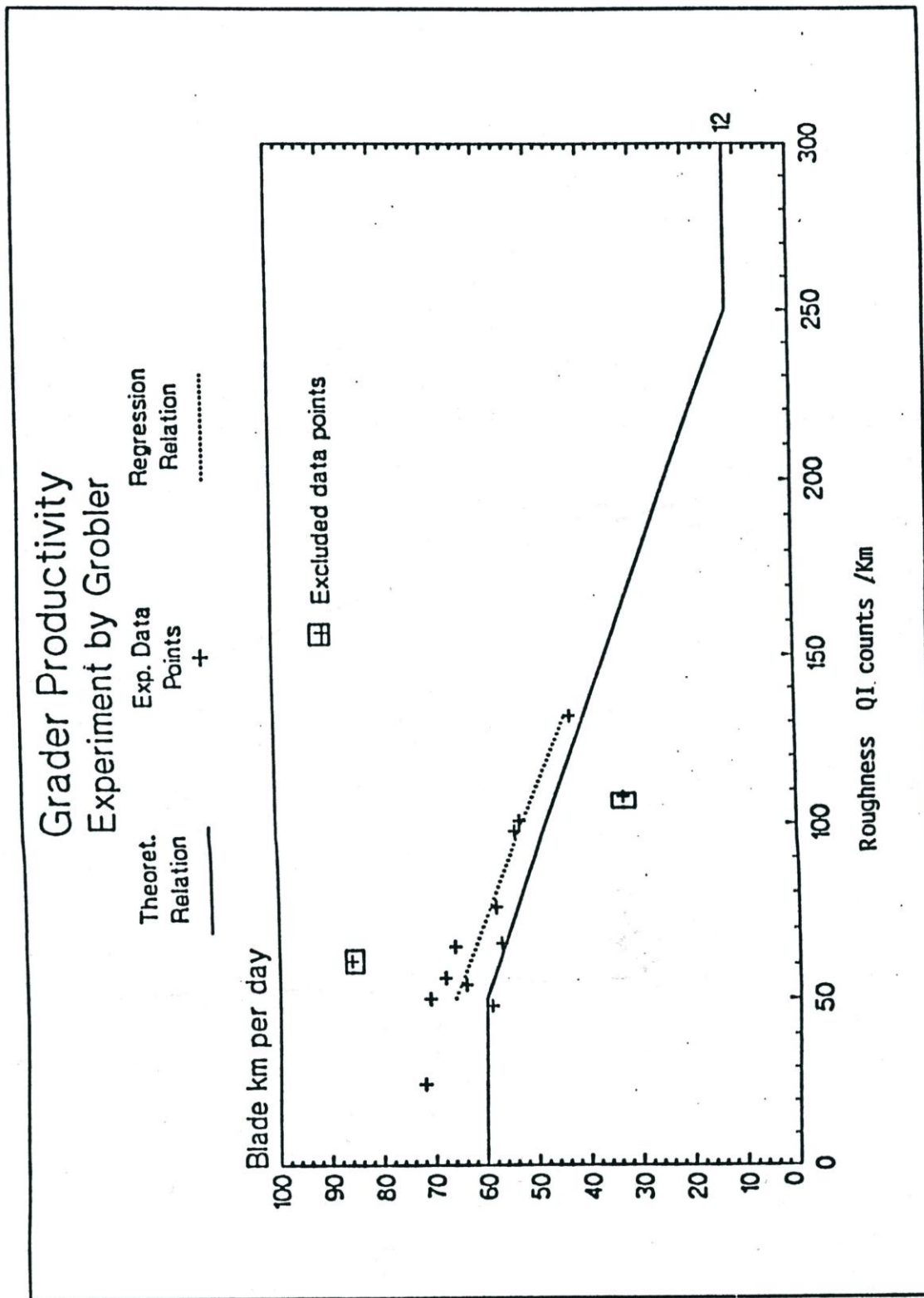


Figura 5 Curva original para la productividad de la motoniveladora

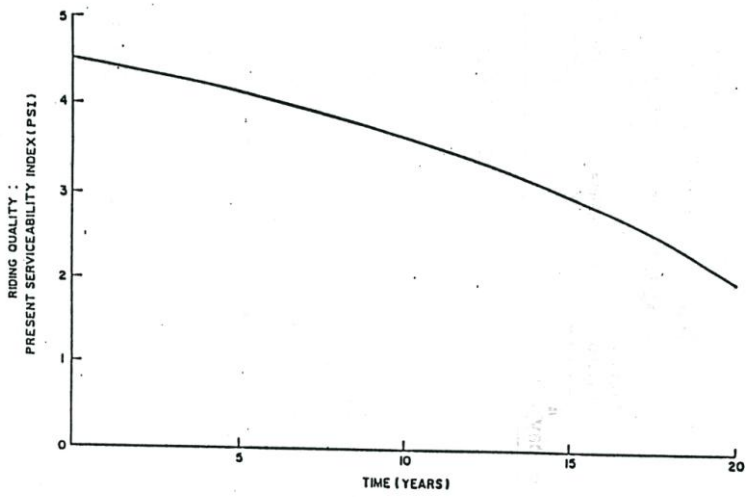
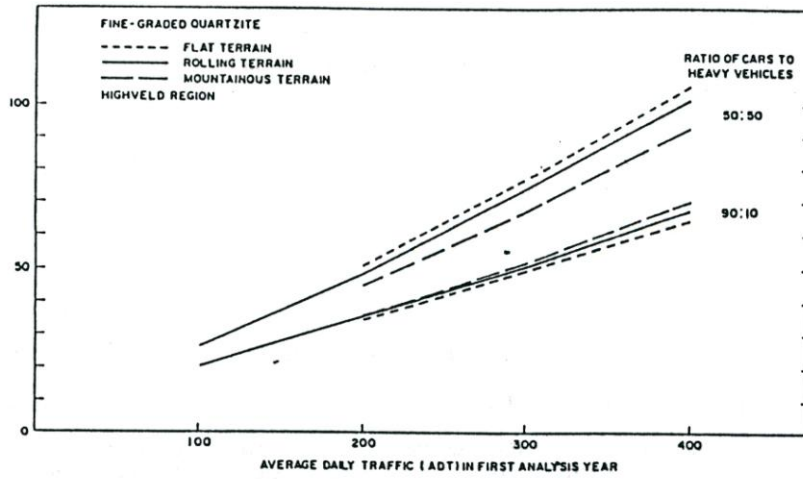
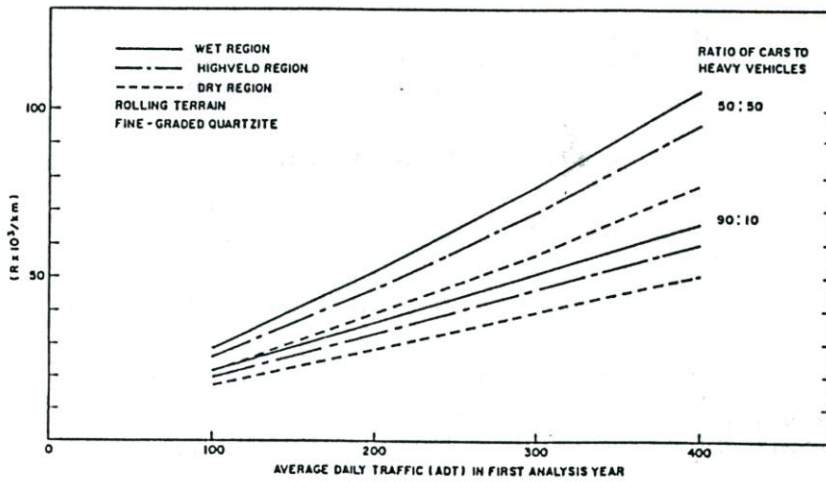


Figura 6 Curva de comportamiento para un camino pavimentado



a) EFECTO DE LA TOPOGRAFIA EN EL BECMC



b) EFECTO DEL CLIMA EN EL BECMC

Figura 7  
Efectos de la topografía y clima en el BECMC



Tabla 1 Características generales de la red

UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE

LISTADO DE DATOS : RED NO PAVIMENTADA FECHA : ENERO 1991

TRAMO INIC FIN	A B C	LONG (km)	ANCHO (m)	TIPO TERR	VALOR WEIN	PER SECO (DIAS)	INDA	AUTO	BUS	CAMION MED PES	TASA CRECIM AUT VEH.P (%) (%)	TIPO MAT	TAM MAX (mm)	LIMIT PLAST (%)	% PASA MALLA mm						
															26,5	4,75	2,00	0,425	0,075		
<b>CAMINO: 00100</b>																					
00000-12300	B	12.3	6.5	ONDU	5.5	210	101	65	8	17	11	5.0	5.0	GRAV	38	21	98	45	32	26	13
12300-20100	B	7.8	6.0	MONT	5.5	210	101	65	8	17	11	5.0	5.0	GRAV	58	21	84	52	35	24	23
<b>CAMINO: 00200</b>																					
00000-15800	C	15.8	5.5	ONDU	4.8	210	45	31	2	5	7	5.0	5.0	SUEL	26	10	100	40	30	20	15
<b>CAMINO: 00300</b>																					
00000-12700	C	12.7	7.0	ONDU	4.5	210	89	55	5	14	15	5.0	5.0	GRAV	32	20	84	72	68	51	38
12700-31000	C	18.3	6.5	LLAN	4.5	210	89	55	5	14	15	5.0	5.0	GRAV	38	14	90	43	36	23	11
<b>CAMINO: 00400</b>																					
13200-37700	B	24.5	6.3	ONDU	5.2	210	359	189	21	94	55	5.0	5.0	GRAV	36	19	100	55	46	33	19
<b>CAMINO: 00500</b>																					
00000-08400	C	8.4	6.0	ONDU	4.9	210	32	28	0	3	1	5.0	5.0	SUEL	43	27	97	40	30	20	15
<b>CAMINO: 00600</b>																					
00000-22500	B	22.5	6.5	MONT	4.4	210	482	348	43	68	23	5.0	5.0	GRAV	29	12	100	40	40	35	25
<b>CAMINO: 00700</b>																					
11200-25900	C	14.7	6.8	LLAN	5.1	210	65	44	2	17	2	5.0	5.0	SUEL	26	17	99	48	46	35	35
<b>CAMINO: 00800</b>																					
00000-32300	C	32.3	6.3	ONDU	4.2	210	178	151	10	12	5	5.0	5.0	GRAV	26	20	94	42	21	17	10

LONGITUD TOTAL DE LA RED = 169.3 km

Tabla 2 Pérdida anual de grava para la red

UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE

PERDIDA DE GRAVA : RED NO PAVIMENTADA                      FECHA : ENERO 1991

AÑO DE ANALISIS : 1    COSTO GRAVA : \$ 13.5 POR m<sup>3</sup>

CAMINO	TRAMO INIC FIN	LONG (km)	PERD GRAVA ANUAL (mm)	VOL.GR/km (m <sup>3</sup> )	VOL.GR (m <sup>3</sup> )	COSTO (\$)
B00100	00000-12300	12.3	13.7	89	1099	14831
B00100	12300-20100	7.8	13.3	80	624	8429
C00200	00000-15800	15.8	12.1	66	1049	14159
C00300	00000-12700	12.7	11.4	80	1010	13636
C00300	12700-31000	18.3	14.3	93	1704	23007
B00400	13200-37700	24.5	25.6	161	3948	53297
C00500	00000-08400	8.4	9.8	59	493	6659
B00600	00000-22500	22.5	29.0	189	4243	57287
C00700	11200-25900	14.7	10.4	71	1042	14072
C00800	00000-32300	32.3	18.7	118	3799	51293
TOTAL PERDIDA DE GRAVA =		19013	m <sup>3</sup>	TOTAL COSTO ACTUALIZADO = \$ 256670		

Tabla 3 Efectos de aplicar distintas estrategias de mantención

UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE

INFORMACION GENERAL DE PERFILADO : RED NO FAVIMENTADA

FECHA : ENERO 1991

NUMERO PERFILADO POR AÑO	COSTO MANTEN (\$)	COSTO USUARIOS (\$)	COSTO TOTAL (\$)	RUGOS MINIMA (Q1)	RUGOS MAXIMA (Q1)	RUGOS MEDIA (Q1)
CAMINO : B00100		TRAMO : 00000-12300				
13	13108	83663	96771	55	63	59
10	10458	85909	96366	60	72	66
9	9602	87121	96722	61	79	69
8	8768	88711	97479	66	83	74
7	7982	90973	98955	69	93	80
6	7277	94431	101708	76	109	90
5	6780	100160	106940	87	127	105
4	6983	111681	118664	105	167	134
3	14350	144277	158627	145	264	200
2	9567	349323	358889	279	999	400
1	4783	349323	354106	400	999	400

CAMINO : B00100		TRAMO : 12300-20100				
13	8208	52898	61106	52	60	56
10	6546	54327	60873	57	69	63
9	6010	55100	61110	58	76	66
8	5489	56120	61609	63	80	71
7	4997	57574	62572	67	90	78
6	4560	59813	64373	73	107	87
5	4259	63545	67804	84	125	103
4	4432	71154	75586	103	168	132
3	9100	93291	102391	145	271	202
2	6067	224407	230474	288	999	400
1	3033	224407	227441	400	999	400

CAMINO : C00200		TRAMO : 00000-15800				
7	6589	45272	51860	46	57	51
6	5771	46039	51810	49	62	55
5	4983	47245	52228	53	71	61
4	4258	49406	53663	61	86	73
3	3750	54244	57994	77	118	96
2	6033	72699	78733	121	231	170
1	4608	202192	206800	400	999	400

CAMINO : C00300		TRAMO : 00000-12700				
6	5927	70491	76417	20	19	19
5	4939	69871	74810	19	15	17
4	3951	69065	73016	16	12	14
3	2963	68006	70969	13	9	11
2	1976	66617	68592	8	4	6
1	988	65012	66000	2	1	1

Tabla 3 Efectos de aplicar distintas estrategias de mantención (continuación)

UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE

INFORMACION GENERAL DE PERFILADO : RED NO FAVIMENTADA FECHA : ENERO 1991

NUMERO PERFILAD POR AÑO	COSTO MANTEN (\$)	COSTO USUARIOS (\$)	COSTO TOTAL (\$)	RUGOS MINIMA (QI)	RUGOS MAXIMA (QI)	RUGOS MEDIA (QI)
CAMINO : C00300		TRAMO : 12700-31000				
13	19444	117803	137247	55	62	58
10	15494	120778	136272	59	71	65
9	14216	122381	136598	60	78	68
8	12970	124482	137452	65	82	73
7	11789	127466	139255	69	92	79
6	10721	132012	142733	75	107	88
5	9936	139520	149456	85	124	103
4	10078	154502	164580	103	163	131
3	21350	196105	217455	142	255	194
2	14233	474131	488364	270	999	400
1	7117	474131	481247	400	999	400
CAMINO : B00400		TRAMO : 13200-37700				
31	63373	724102	787475	60	67	64
26	54140	733096	787236	63	72	67
21	45065	747471	792535	67	79	73
16	36372	774000	810372	73	93	83
13	31653	804059	835712	82	108	93
10	28221	863170	891391	97	132	113
9	27950	898398	926348	101	155	125
8	28918	949480	978397	112	177	141
7	33635	1029858	1063494	128	208	163
6	57167	1179670	1236837	144	290	201
5	47639	1507602	1555241	190	364	267
4	38111	2642370	2680481	270	999	400
3	28583	2642370	2670954	400	999	400
2	19056	2642370	2661426	400	999	400
1	9528	2642370	2651898	400	999	400
CAMINO : C00500		TRAMO : 00000-08400				
7	4934	11739	16673	54	70	62
6	4382	12109	16490	59	80	68
5	3878	12708	16587	66	92	78
4	3501	13852	17353	78	116	96
3	3733	16741	20475	102	172	135
2	6533	32738	39272	180	390	271
1	3267	66142	69409	400	999	400

Tabla 3 Efectos de aplicar distintas estrategias de mantención (continuación)

UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE

INFORMACION GENERAL DE PERFILADO : RED NO PAVIMENTADA FECHA : ENERO 1991

NUMERO PERFILAD POR AÑO	COSTO MANTEN (\$)	COSTO USUARIOS (\$)	COSTO TOTAL (\$)	RUGOS MINIMA (Q1)	RUGOS MAXIMA (Q1)	RUGOS MEDIA (Q1)
CAMINO : B00600		TRAMO : 00000-22500				
36	66258	623946	690204	57	63	60
31	57797	630614	688411	59	66	62
26	49416	640408	689824	61	71	66
21	41195	656169	697364	65	78	71
16	33369	685608	718977	72	93	82
13	29198	719530	748728	81	109	93
10	26439	787825	814264	97	136	115
9	26526	829531	856057	101	160	128
8	28154	891440	919595	114	186	145
7	35010	991846	1026855	131	220	170
6	52500	1189694	1242194	148	316	213
5	43750	1665745	1709495	201	999	289
4	35000	2895765	2930765	292	999	400
3	26250	2895765	2922015	400	999	400
2	17500	2895765	2913265	400	999	400
1	8750	2895765	2904515	400	999	400
CAMINO : C00700		TRAMO : 11200-25900				
8	9194	55591	64785	43	52	47
7	8185	56350	64535	45	57	51
6	7197	57464	64662	48	64	55
5	6260	59237	65496	54	74	63
4	5437	62505	67942	63	92	76
3	5065	70205	75270	81	133	106
2	11433	104005	115438	139	289	205
1	5717	251804	257521	400	999	400
CAMINO : C00800		TRAMO : 00000-32300				
21	54409	250215	304624	51	59	55
16	42694	257303	299997	54	67	60
13	35848	265008	300856	60	74	66
10	29398	279400	308798	68	86	77
9	27462	287546	315008	70	99	83
8	25741	298778	324518	77	108	91
7	24475	315476	339951	84	124	102
6	24271	343382	367653	93	159	120
5	27903	394943	422846	115	192	150
4	50244	525506	575750	151	284	210
3	37683	1197504	1235188	237	999	369
2	25122	1423958	1449081	400	999	400
1	12561	1423958	1436520	400	999	400
TOTAL COSTO OPTIMO DE MANTENCION : \$ 210405						
TOTAL COSTO USUARIOS : \$ 2066396						



Tabla 4 Presupuestos de mantención requeridos para diferentes valores de beneficio-costo marginal

PRESUPUESTOS PARA DIFERENTES VALORES B/C					
B/C	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8
8	128493	124322	124322	124322	124322
7	128493	128493	128493	128493	128493
6	134933	134933	130214	128493	128493
5	135370	134933	134933	134933	134933
4	139079	137143	136075	136075	136075
3	156421	147728	147728	147728	139902
2	166432	159982	159982	158801	158801
1	207443	190724	188054	178191	176945

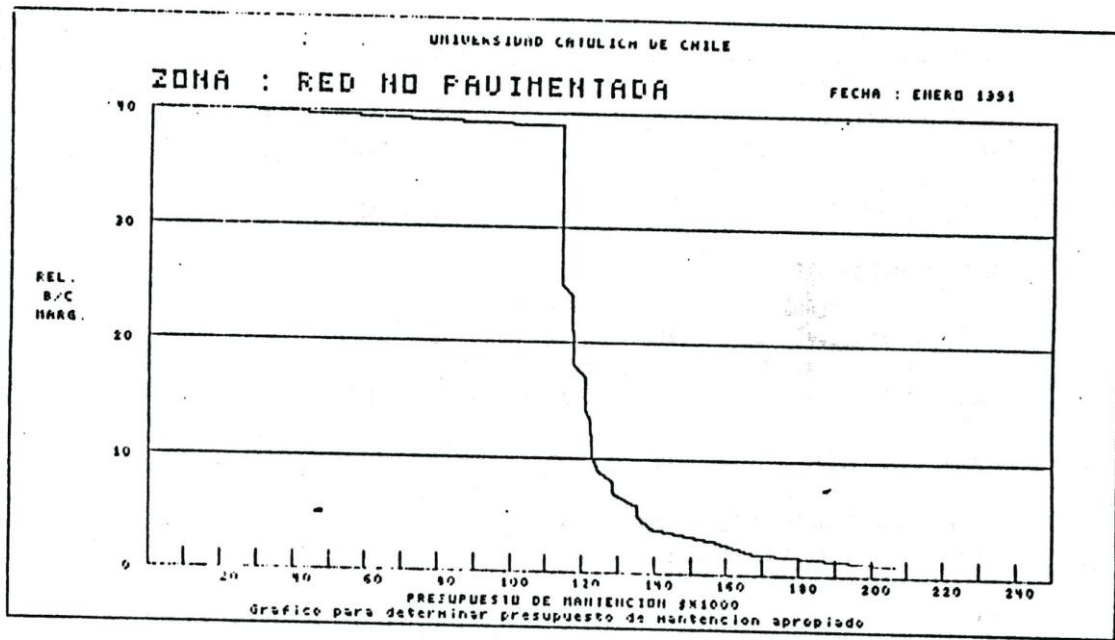


Fig. 8 Curva de beneficio-costo marginal

Tabla 5 Estrategia de mantención para un presupuesto seleccionado

UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE

ESTRATEGIA DE PERFILADO : RED NO PAVIMENTADA FECHA : ENERO 1991

PRESUPUESTO SELECCIONADO : \$ 140000

IDENT CAMINO	TRAMO INIC FIN	LONG (KM)	NO DE PERFILAD POR AÑO	FREC DE PERFILADO PER SECO (DIAS)	PER HUM (DIAS)	COSTO MANTENC (\$)	RUGOSIDAD PROMEDIO (QI)
B00100	00000-12300	12.3	7	53	52	7713	80
B00100	12300-20100	7.8	7	53	52	4834	78
C00200	00000-15800	15.8	4	91	91	4123	73
C00300	00000-12700	12.7	2	182	182	1796	6
C00300	12700-31000	18.3	7	53	52	11398	79
B00400	13200-37700	24.5	16	23	22	35146	83
C00500	00000-08400	8.4	4	91	91	3353	96
B00600	00000-22500	22.5	16	23	22	32246	82
C00700	11200-25900	14.7	5	73	73	6084	63
C00800	00000-32300	32.3	10	35	39	28445	77

NUMERO DE MOTOHIVELADORAS : 0.8  
 RUGOSIDAD PONDERADA PROMEDIO : 72.9 QI

Tabla 6 Determinación de las prioridades de pavimentación

UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE

LISTA DE DATOS : RED NO PAVIMENTADA FECHA : ENERO 1991

TASA DE DESCUENTO (%)	: 10.0
FACTOR COSTO AUTO NUEVO	: \$ 6000
FACTOR COSTO BUS NUEVO	: \$ 55000
FACTOR COSTO CAMION MEDIANO	: \$ 19000
FACTOR COSTO CAMION PESADO	: \$ 49000
FACTOR COSTO GASOLINA, POR lt	: \$ 0.29
FACTOR COSTO DIESEL, POR lt	: \$ 0.28
FACTOR COSTO NEUMATICO AUTO	: \$ 37
FACTOR COSTO NEUMATICO CAMION	: \$ 170
COSTO DE OPERACION MOTONIVELADORA, POR DIA	: \$ 700
PRODUCTIVIDAD DE PERFILADO (%)	: 0.60
COSTO GRAVILLADO, POR M3	: \$ 13.50

UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE

LISTADO DE DATOS : RED NO PAVIMENTADA FECHA : ENERO 1991

CAMINO	TRAMO		LONG (km)	AÑO DE PAVIMENTACION A COSTOS DE (t/km)			
	INIC	FIN		50000	100000	150000	200000
B00100	00000	12300	12.3	2001+	2001+	2001+	2001+
B00100	12300	20100	7.8	2001+	2001+	2001+	2001+
C00200	00000	15800	15.8	2001+	2001+	2001+	2001+
C00300	00000	12700	12.7	2001+	2001+	2001+	2001+
C00300	12700	31000	18.3	2001+	2001+	2001+	2001+
B00400	13200	37700	24.5	1991	1991	1997	2001+
C00500	00000	08400	8.4	2001+	2001+	2001+	2001+
B00600	00000	22500	22.5	1991	1991	1996	2001+
C00700	11200	25900	14.7	2001+	2001+	2001+	2001+
C00800	00000	32300	32.3	1991	2001+	2001+	2001+

Nota: 2001+ significa despues de 2001



Tabla 7 Evaluación de la condición para la red

UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE

ESTADU DE LA RED : RED NO PAVIMENTADA      FECHA : ENERO 1991

CAMINO	TRAMO INIC    FIN	ESP GRAVA (mm)	DRENAJE LAT    SUP	BA CHES	CORR	DEF	HUELL	PER MAT	AGREGADO BLAN    DUR	TIFO MAT
B00100	00000-12300	100	.	.	.	.	.	.	.	GRUE
B00100	12300-20100	100	.	.	.	.	.	.	.	GRUE
C00200	00000-15800	70	##	##	.	.	.	.	!	MEDI
C00300	00000-12700	130	##	.	.	.	.	.	.	MEDI
C00300	12700-31000	90	.	.	.	.	.	.	!	GRUE
B00400	13200-37700	150	.	.	.	.	.	.	.	GRUE
C00500	00000-08400	50	.	.	.	.	.	.	.	MEDI
B00600	00000-22500	200	.	.	.	.	.	.	.	GRUE
C00700	11200-25900	70	##	##	.	.	.	.	##	MEDI
C00800	00000-32300	120	.	.	.	.	.	.	.	MEDI

Tabla 8 Prioridades para la atención especial

UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE

MANTENCION ESPECIAL : RED NO PAVIMENTADA      FECHA : ENERO 1991

CAMINO	TRAMO INIC    FIN	PRIORID GRAVILL	PRIORID MANT.ALTA	AGREG FINOS	PRIORID REHACER	POSIBLE PROBLEMA PATINAJE	MANT. ACTUAL, INSUF.
B00100	00000-12300						
B00100	12300-20100						
C00200	00000-15800				45		
C00300	00000-12700						##
C00300	12700-31000						
B00400	13200-37700						
C00500	00000-08400						
B00600	00000-22500						
C00700	11200-25900			65			
C00800	00000-32300						

Tabla 9 Prioridades para el reperfilado

UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE

PRIORIDAD REHACER ; RED NO PAVIMENTADA FECHA : ENERO 1991

CAMINO	TRAMO		PRIORID REHACER	COSTO POR TRAMO(\$)	COSTO ACUMUL(\$)
	INIC	FIN			
C00200	00000	15800	45	8848	8848

Tabla 10. Prioridades para la mantención alta

UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE

PRIORIDAD MANTENCION ALTA ; RED NO PAVIMENTADA FECHA : ENERO 1991

CAMINO	TRAMO		PRIORIDAD MANT.ALTA	AGREG FINOS	COSTO POR TRAMO(\$)	COSTO ACUM (\$)
	INIC	FIN				
C00700	11200	25900	65		20580	20580