

MANTENIMIENTO DE CAMINOS RURALES

Gestión y Planificación
Normas y recomendaciones



CASTAGNINO / ZANINI

Proyectos de ingeniería

1

CAPITULOS II y III

Indices

CAPITULO II – RELEVAMIENTO Y PLANIFICACION DEL CAMINO	26
Sistema de información geográfica	27
Longitud de la red.....	28
Topografía de los tramos.....	28
Hidráulica	29
Cota Roja.....	29
Tránsito diario	30
Tipo de suelos.....	31
Granulometrias recomendadas.....	33
Otros datos de interés	34
CAPITULO III – Programación de Mantenimiento.....	36
Clasificación del tramo.....	36
“Clasificación - Aptitud Vial”	36
	3
Tareas a ejecutar	37
Frecuencia de tareas	38
Rendimientos por tarea	40
Aplicación del Plan de Mantenimiento	41
Programa de intervención para caminos rurales.....	43
Programa de Intervención	45

CAPITULO II – RELEVAMIENTO Y PLANIFICACION DEL CAMINO

Plan de mantenimiento

Cada municipio debería tener un Plan de Mantenimiento y Reparación de caminos rurales de su distrito. Dicho Plan debería contar con un programa periódico de conservación de cunetas y drenajes, alcantarillado, repaso y perfilado de calzadas, reposición de material de calzadas, mantenimiento, reposición o incremento de señalización vial.

Este Plan o Programa de Mantenimiento debería desarrollarse y actualizarse periódicamente de acuerdo al estado de los caminos y su evolución por factores

Para una mejor programación del Plan de Mantenimiento, será necesario contar con información de la red a mantener: longitud de tramos, ancho de camino, tránsito, tipo de suelos, alcantarillado, señalización, etc.

Para tal fin resulta de utilidad contar con un GIS (Sistema de Información Geográfica), que permita visualizar la red y donde puedan volcarse los datos básicos de los caminos. Los datos principales a relevar serían:

- Longitud total de la red.
- Longitud de los tramos según su categoría (Primaria, secundaria y terciaria)
- Topografía de los tramos (Llano, ondulado o montañoso)
- Hidráulica.
- Drenaje localizado de los tramos (Bueno, regular o malo)
- Cota Roja
- Tránsito diario estimado y tránsito excepcional en períodos extraordinarios.
- Tipo de suelos (Bueno, regular y malo)
- Servicio de cada tramo (transporte de productos, servicio y accesibilidad urbana o rural, zonas a desarrollar, educativos, turísticos, etc.)
- Vulnerabilidad.
- Otros datos de interés.

Para el relevamiento de datos a incorporar en la Plataforma IDE, se podría utilizar las siguientes pautas metodologías.

Longitud de la red.

Para determinar la longitud de la red, y de los tramos que la componen, puede utilizarse herramientas como el Google earth o directamente la plataforma de transporte IDE, que al seleccionar tramos realiza un cálculo de su longitud. También resulta útil la aplicación de navegadores satelitales y obtención de los datos a través Tracks. De esta forma el encargado del relevamiento podrá fácilmente contar con las longitudes de los tramos relevados.

Dichos "tracks" pueden bajarse a computadora, obteniendo un mapa de la red en coordenadas geográficas. A su vez, el track le dará un perfil altimétrico aproximado, pudiendo identificarse puntos o zonas bajas de la traza.

A su vez, durante el recorrido de la red, el operador puede tomar waypoints de cada evento, como alcantarillas, señales, zonas inundadas, etc. los que se volcarán al mapa geo-referenciado y servirán como información adicional de soporte a la planificación del mantenimiento.

Sería de utilidad además agregar al mapa de red, las curvas de nivel generales, que se pueden obtener a través de imágenes de geo-radar y otros medios (En la página de IGN: <http://www.ign.gob.ar/>. Puede accederse al modelo Digital de Elevación. Estas curvas de nivel, si bien no tienen mucha precisión altimétrica, nos brindan un buen panorama general de los drenajes de la zona.

Longitud de los tramos según categoría.

Sobre la base del relevamiento y mapa de la red, se identificarán los tramos según su categoría, datos de importancia para la toma de decisiones e intervención en los diferentes caminos:

- **Primaria:** caminos de tierra que unen localidades, centros urbanos o puntos de relevancia.
- **Secundaria:** Caminos de tierra que desembocan en un camino de tierra de categoría primaria.

- Terciaria: Caminos de tierra que dan acceso desde las propiedades rurales a la red secundaria.

Topografía de los tramos.

Se calificará cada tramo de acuerdo a que el drenaje sea bueno, regular o malo, teniendo en cuenta las pendientes naturales del terreno y considerando además la existencia de cunetas, canalizaciones, arroyos o puntos de descarga que aporten al drenaje del camino.

Para cada uno de los tramos, se indicará en el GIS el tipo de topografía del tramo, según las siguientes categorías:

- Llano (Pendientes generales de 0 a 1%)
- Ondulado (Pendientes generales de 3 a 10%)
- Montañoso (Pendientes mayores a 10 %)

	Pendientes		
Valor	$p > 10\%$	$2\% < p < 10\%$	$P < 2\%$
Coefficiente	3	2	1

Tabla 1

Es importante destacar que, más allá de las pendientes propuestas en Tabla 1, la topografía de los tramos es un dato que será determinado por el buen criterio del encargado de relevamiento. Él es quien deberá juzgar, según sus conocimientos, si un tramo determinado es llano, ondulado o montañoso, y si tiene dificultades para el drenaje superficial.

Se recomienda además, normalizar las características de los tramos de forma de facilitar la tarea de relevamiento y manejo de datos. Por ej: Supongamos que estamos relevando un tramo de 20 km de largo, el cual en la mayor parte de su desarrollo presenta una topografía montañoso, pero que en lugares específicos (longitudes breves), pueda presentar una topografía ondulada o llana. La recomendación es normalizar las características de este tramo, asumiendo que es montañoso en toda su extensión.

En las observaciones a cargar en la Plataforma IDE, puede incluirse información referida a estas desviaciones en las características topográficas generales con identificación geográfica de las mismas, indicando se existen dificultades de drenaje.

En los tramos de fuertes pendientes pueden producirse erosiones por escurrimiento pluvial según los tipos de suelos, en cuyo caso deberán aplicarse medidas particulares para evitar o minimizar el fenómeno erosivo.

Hidráulica

Se indicarán en el mapa de la red, las zonas inundables o bajos, lagunas o cursos de agua. Identificados los mismos se podrá gestionar ante la Dirección de Hidráulica la forma de solucionar o mitigar la problemática. Se indicará en la IDE, la ubicación y tipo de alcantarillas y obras de arte mayores.

	Precipitaciones anuales (mm)		
Valor	$Y < 300$	$300 < Y < 1000$	$Y > 1000$
Coefficiente	3	2	1

Tabla 2

Cota Roja

Se define como Cota Roja la altura de rasante del camino, respecto al terreno natural. La Cota Roja es positiva cuando la calzada se encuentra por encima del terreno natural (coeficiente = 1), y es negativa cuando la calzada se encuentra deprimida respecto al terreno natural (coeficiente = 0). Dicho valor será incorporado a la IDE, según tramos o sectores.

	Cota Roja	
Valor	Positiva	Negativa
Coficiente	1	0

Tabla 3

La cota roja es otro parámetro donde juega un papel preponderante el criterio, conocimiento y experiencia del encargado de relevamiento. Al igual que en la evaluación de la topografía se recomienda la normalización de este parámetro para un tramo determinado. Es decir, supongamos nuevamente el relevamiento de un tramo de 20 km; que a lo largo de su desarrollo posee (en general) cota roja positiva, pero en determinados lugares o tramos breves posea cota roja negativa. Se sugiere considerar que este tramo posee Cota Roja positiva en toda su extensión, y en las observaciones del tramo cargadas en la IDE, identificar la existencia de zonas bajas.

A modo de ejemplo presentamos el valor normalizado tomado para tramos que posean Cota Roja positiva (verde) en determinados sectores y Cota Roja negativa (rojo) en otros.



Tramo con cota roja positiva



Tramo con cota roja negativa

Tránsito diario

En cada tramo se indicará el TMDA aproximado para períodos normales y para períodos excepcionales, (períodos de siembra y cosecha, turismo, etc.)

No habiendo datos de tránsito de la red, se podrán realizar censos de tránsito realizando conteos diarios de 6 a 22 horas, o estimarse aproximadamente de la siguiente forma expeditiva:

- Sobre los tramos seleccionados se hará un conteo de vehículos pasantes durante la hora pico. En general la hora pico será entre las 8 y 9 hs. o entre las 18 y 19 hs. dependiendo de la zona, el tipo de servicio y movimiento local.
- La cantidad de vehículos pasantes durante la hora pico representara un 10 o 12 % del TMDA.

El TMDA estimado con este procedimiento, se indicará en cada tramo de la red, el que será de utilidad para elaborar el Plan de Mantenimiento periódico. Teniendo en cuenta las características del tránsito, el tipo de suelos y la situación de drenaje, se puede estimar la frecuencia de tareas a realizar: repaso, perfilado, reposición de materiales, limpieza de cunetas, etc

Tránsito (TMDA)		
X < 30	30 < X < 100	X > 100

Tabla 4

Tipo de suelos

En la Plataforma IDE se indicará para cada tramo, el tipo de suelos de la traza, según las siguientes categorías. Este dato deberá ser establecido por un profesional calificado, mediante ensayos de laboratorio según norma.

Buenos: suelos granulares bien graduados. En general corresponde a ripios o materiales granulares, con una mezcla bien graduada, que evita el desplazamiento por el tránsito o la erosión eólica o pluvial. Corresponden a los suelos Tipo A-1, A2, A-3 de la Clasificación HRB. Son suelos con pasa Tamiz 200 menor al 35%, con CBR mayor al 30 % de Valor Soporte e IP menores al 6 %. Transitables aún bajo condiciones de humedad o lluvia.

Regulares: suelos granulares de menor tamaño granulométrico, que proporcionan un buen soporte de tránsito pero son susceptibles de erosión por tránsito, eólica o pluvial. Corresponden a los suelos Tipo A-4 y A-5 de la Clasificación HRB. Son suelos con pasa Tamiz 200 mayor al 35%, con CBR mayor al 10 % de Valor Soporte e IP menores al 10 %. Transitables aún bajo condiciones de humedad o lluvia. Se mantiene la transitabilidad con calzada húmeda pero son susceptibles de deformación o ahuellamiento.

Malos: suelos compuestos por suelos finos, arcillosos o limo-arcillosos. Corresponden a los suelos Tipo A-6 y A-7 de la Clasificación HRB. Son suelos con pasa Tamiz 200 mayor al 35 %, con CBR menor al 10 % de Valor Soporte e IP mayores al 10 %. No proporcionan buena transitabilidad bajo condiciones de lluvia y humedad, debido a posibles deslizamientos del tránsito. Son susceptibles de ahuellamiento.

Una clasificación aproximada puede hacerse recorriendo el tramo con técnico experimentado y/o laboratorista de suelos, que con inspección visual y análisis manual expeditivo, determine su categorización con suficiente aproximación.

(Ver Tabla HRB y Figuras 12.4 y 6.1)

Clasificación HRB	Tipo de Suelo		
	A1 – A3	A4 - A5	A6 - A7
Coficiente	3	2	1

Tabla 5

HRB - CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS PARA SUBRASANTES (CON SUBGRUPOS)

CLASIFICACION GENERAL	SUELOS GRANULARES						SUELOS ARCILLOSO - LIMOSO						
	Pasa tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200) hasta el 35 %						Pasa tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200) más del 35 %						
	A - 1		A - 3	A - 2		A - 4		A - 5		A - 6		A - 7	
CLASIFICACION POR GRUPOS	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7					A - 7 - 5	A - 7 - 6
Ensayo de tamizado por vía húmeda. Porcentaje que pasa por:													
Tamiz IRAM de 2 mm. N° 10	Máx 50												
Tamiz IRAM de 425 micrómetros N° 40	Máx 30	Máx 50	Min 51										
Tamiz IRAM de 75 micrómetros N° 200	Máx 15	Máx 25	Máx 10	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Min 35	Min 35	Min 35	Min 35	Min 35	Min 35
Características de la fracción que pasa por tamiz IRAM 425 micrómetros N° 40													
Límite Líquido w_L (%)	-	-	-	Máx 40	Min 41	Máx 40	Min 41	Máx 40	Min 41	Máx 40			
Índice de Plasticidad I_p (%)	Máximo 6		No plástico	Máx 10	Máx 10	Min 11	Min 11	Máx 10	Máx 10	Máx 10	Min 11	Min 11	Min 11
Índice de Grupo IG	0	0	0	0	0	Máx 4	Máx 4	Máx 8	Máx 12	Máx 16	Máx 20	Máx 20	Máx 20
CONSTITUYENTES PRINCIPALES DE TIPOS MAS COMUNES	Fragmentos de rocas, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas arcillosas limosas				Suelos limosas		Suelos arcillosos			
COMPORTAMIENTO GENERAL COMO SUBRASANTE	Excelente a bueno												
	Regular a pobre												

El índice plástico del Sub - Grupo A - 7 - 5 es igual o menor que Límite Líquido menos 30. ($I_p \leq (w_L - 30)$).

El índice plástico del Sub - Grupo A - 7 - 6 es mayor que Límite Líquido menos 30. ($I_p > (w_L - 30)$).

El índice de Grupo debe ser indicado entre paréntesis después del símbolo del grupo (ej.: A-2-6 (3) y debe ser un número entero, si da menor que cero el IG es igual a cero. El IG no tiene límite pero se lo suele acotar a un valor máximo de 20.

IG = $(F - 35) [0.2 + 0.005 (w_L - 40)] + 0.01 (F - 15) (I_p - 10)$

F = % que pasa el tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200)

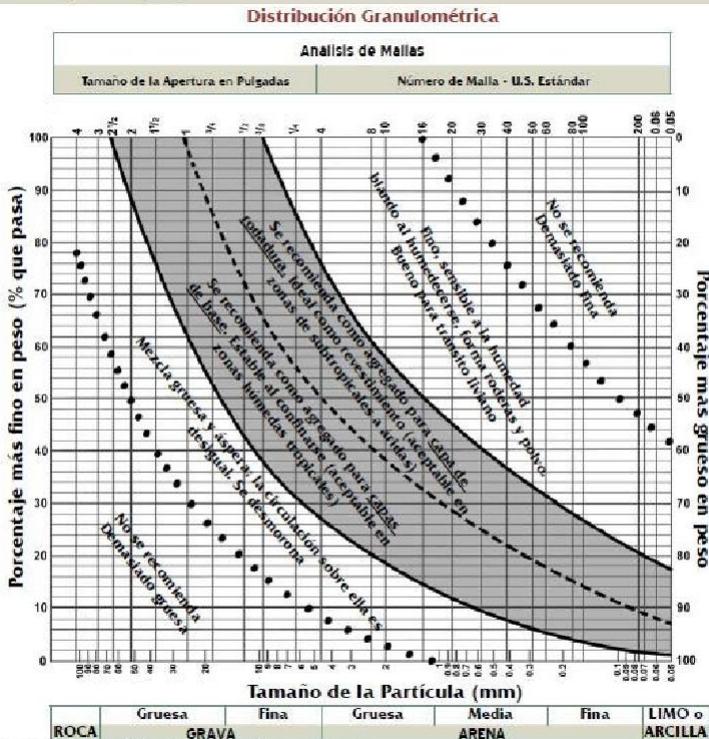
$I_p = (w_L - w_p)$ $w_p =$ Límite Plástico

Granulometrias recomendadas

A partir del siguiente grafico, pueden trazarse las curvas que resultan al obtener el porcentaje en peso de material pasante a traves de los distintos tamaños de mallas. Una mezcla bien graduada será aquella que desarrolle una linea de puntos como las observadas en el grafico y dependiendo de la posicion de dicha curva, podran inferirse las capacidades o alternativas de aplicacion de la muestra de suelo.

Se observan en sombreado-gris las muestras de suelo con mejores características y posibilidades de soportar tránsito.

Figura 12.4 Intervalos de variación de la granulometría para materiales de base y de revestimiento de caminos y sus características de comportamiento. (Adaptado de R. Charles, 1997 and the Association of Asphalt Paving Technologists)



NOTA: Los intervalos de variación de la granulometría son aproximados.

Los mejores materiales para revestimiento de la superficie del camino son bien graduados, tienen granulometrias paralelas a las curvas arriba mostradas, y caen cerca de la curva "ideal" a la mitad de los intervalos de variación de la granulometría que se muestran.

Para las bases granulares se puede utilizar una mezcla bien graduada (curva continua) de material granular, arena silícea y tosca que cumpla con las siguientes especificaciones

Granulometría:

Tamiz IRAM	Porcentaje pasante
38 mm (1 ½)	100
25 mm (1")	80-100
19 mm (¾")	65-90
9.5 mm (3/8")	45-70
4.8 mm (N°4)	30-55
2.0 mm (N°10)	20-40
0.420 mm (N°40)	5-20
0.074 mm (N°200)	0-7
Limite líquido	Menor que 25
Índice plástico	Menor que 6
Valor soporte	Mayor que 80 (1*)
Sales totales	Menor que 1,5%
Sulfatos	Menor que 0,5%

(1*) El ensayo de valor soporte se realizará según el ensayo de Vialidad Nacional VN-E.6-84 y su complementaria (Método dinámico N°1 simplificado)

Otros datos de interés

Se incorporará como información adicional en la IDE otros eventos que sean de interés, como zonas de deslizamiento de laderas y erosionables, canteras, escuelas, establecimientos rurales, tambos, etc.

CAPITULO III – Programación de Mantenimiento

A continuación se presenta un método para la planificación del mantenimiento anual y plurianual de una red de caminos de tierra. Para esta programación nos valemos de la herramienta Excel a través de tablas automáticas, donde una vez definidas las características de los tramos y su tránsito, se obtienen las cantidades anuales a realizar de las principales tareas de conservación rutinaria definidas previamente en esta guía.

El programa de Excel fue desarrollado de forma tal que pueda ser modificado y adaptado a las necesidades y realidades de las diferentes regiones del país, al permitir la modificación de costos y frecuencias de las tareas presentadas, como se explicara más adelante.

Reconstrucción y puesta en servicio

En el momento de elaborar el Plan de Mantenimiento se hará un recorrido de la red, clasificando el estado actual de los tramos en:

- Transitables.
- Intransitables.

Esta clasificación, combinada con el índice priorización o potencial de crecimiento, ayudarán a definir los tramos que necesiten una pronta puesta en servicio.

Clasificación del tramo

Se clasifican los tramos a través del método de evaluación de caminos presentado en el capítulo anterior, asignando a cada uno de los factores determinantes del camino, un coeficiente, de acuerdo a lo indicado en Tablas 1, 2, 3 y 5

- Cota Roja
- Pendientes
- Régimen de precipitaciones
- Suelo

De este análisis resultará un “Coeficiente de Aptitud Vial” del tramo, como la sumatoria de los coeficientes correspondientes a cada uno de los factores determinantes. Este Índice hace referencia a las características topográficas y de materiales; que en su conjunto, definen la capacidad que tendrá un camino o terreno para el drenaje superficial y soporte del tránsito, sin considerar el estado actual de transitabilidad del mismo.

“Clasificación - Aptitud Vial”

- Alta
- Media
- Baja

Coef. Aptitud Vial	Clasificación
8 – 10	Alta
5 – 7	Media
3 – 4	Baja

Tabla 6

EVALUACION DEL TRAMO		Coefficientes
Cota Roja	Positiva	1
Pendiente	Ondulado	2
Precipitaciones (mm)	500<Y<1000	2
Suelo	Regular	2
Aptitud Vial	Regular	7

Tabla 7

En Tabla 7 se muestra un ejemplo de evaluación de un tramo como resultado del análisis de factores determinantes presentados en esta guía.

Tareas a ejecutar

En Tabla 8, de frecuencia de tareas, se indican las cantidades a ejecutar anualmente por cada kilómetro de camino (Cantidad / año km), según el índice de "Aptitud Vial" y el TDMA del tramo.

Los coeficientes de Tabla 8, se dan en forma orientativa y deberán ajustarse de acuerdo a la experiencia local y con los resultados obtenidos a medida que se desarrollen los programas de mantenimiento. Teniendo en cuenta las necesidades de tareas de conservación rutinaria observadas a lo largo del tiempo, se podrán modificar las frecuencias, acercando el plan de mantenimiento a la realidad de cada región.

Importante: Tener en cuenta las unidades adoptadas a la hora de modificar la Tabla 8 de frecuencias de tareas.

Frecuencia de tareas

Tareas	Clasificación Aptitud Vial	Coef. Aptitud Vial	Tránsito (TDMA)		
			X < 30	30 <X <100	X >100
Bacheo (m3)	Alta	8-10	0,5	1	2
	Media	5-8	1	2	3
	Baja	3-4	2	3	5
Perfilado de calzada (km)	Alta	8-10	2	5	8
	Media	5-8	4	7	12
	Baja	3-4	6	9	16
Alteo (m3)	Alta	8-10	20	30	40
	Media	5-8	30	40	60
	Baja	3-4	40	50	80

Riego de calzada (m3)	Alta	8-10	5	10	15
	Media	5-8	5	10	15
	Baja	3-4	5	10	15
Control de malezas (m2)	Alta	8-10	100	100	100
	Media	5-8	100	100	100
	Baja	3-4	100	100	100
Limpieza de cunetas (m3)	Alta	8-10	5	7	10
	Media	5-8	7	10	12
	Baja	3-4	10	12	15
Limpieza de alcantarillas (u/año)	Alta	8-10	1	1	1
	Media	5-8	1	1	1
	Baja	3-4	1	1	1
Reparación de alcantarillas (u/año)	Alta	8-10	0,1	0,1	0,1
	Media	5-8	0,1	0,1	0,1
	Baja	3-4	0,1	0,1	0,1
	Alta	8-10	0,1	0,1	0,1
	Media	5-8	0,1	0,1	0,1

Reparación de señalización (u/año)	Baja	3-4	0,1	0,1	0,1
---	------	-----	-----	-----	-----

Tabla 8

Adaptación del programa a las diferentes realidades del país

Esto se logra mediante la posibilidad del programa de modificar los precios unitarios de cada tarea, debido a que estos dependerán en gran medida de las características topográficas y climáticas de cada región, así como también de la capacidad del personal empleado y los equipos utilizados.

Para la determinación de los precios unitarios se recomienda la presentación ordenada de los requerimientos de recursos humanos y equipos de cada tarea, como se vio en el capítulo de Normas de trabajo de la presente guía.

Factores a considerar en la estimación de costos de cada tarea de conservación rutinaria

Mano de obra

- Tipo y cantidad de personal
 - Capataz
 - Oficial
 - Ayudante

Equipos

- Tipos y cantidad de equipos
- Consumo y precio de combustibles y lubricantes
- Amortización e intereses
- Reparación y repuestos

Otros Costos

- 38 • Costos de transporte y mantenimiento de caminos rurales
- Gastos generales
 - Costos financieros
 - Impuestos
 - Beneficios

Rendimientos por tarea

El programa posee en la hoja de cálculo "frecuencias de tareas" una tabla que define los rendimientos de las cuadrillas de trabajo de las diferentes tareas de conservación rutinaria. Los valores se obtuvieron a partir de los recursos necesarios propuestos en cada una de las tareas presentadas en esta guía y se dan de forma orientativa.

Se recomienda el ajuste de estos valores a la experiencia local y su actualización a medida que se desarrollen los planes de mantenimiento.

Determinación del rendimiento de tarea de perfilado (Ejemplo)

Recursos humanos afectados por día

- Oficial especializado = 8hs
- Ayudante = 8hs
- Horas hombre totales: 16 hs.

Rendimiento general del equipo de trabajo: 3.5 km/día

Rendimiento tarea de perfilado: $3.5\text{km} / 16\text{hs} = 0.22\text{ km/hora}$

Tarea	Rendimiento de tareas	Unidades
Bacheo m3	3.4	m3/h
Perfilado km	0.22	km/h
Alteo m3	4.2	m3/h
Riego m3	5	m3/h

Control Malezas m2	47	m2/h
Limp.cunetas m3	2.7	m3/h
Limp.alcantarillas U	0.2	u/h
Rep.Alcantarillas	0.025	u/h
Señalización	0.125	u/h

Aplicación del Plan de Mantenimiento

Para la determinación del plan de mantenimiento anual, el programa requiere del usuario la carga de los datos relevados de cada tramo. Una vez cargados dichos datos, el programa devolverá automáticamente las cantidades a realizar de cada tarea, así como también el presupuesto parcial y total del plan de mantenimiento; incluyendo a su vez una estimación de la cantidad de horas hombre necesarias.

DATOS DEL TRAMO	Nombre	RP56b
Longitud	km	10

Ancho calzada	m	10
Cota Roja	Positiva	1
Pendiente	Ondulado	2
Precipitaciones	500<x<1000	2
Suelo	Bueno	3
TMDA	>100	veh/d
Alcantarillas	(U)	8
Señales	(U)	6
Coficiente - Aptitud Vial	8	Bueno

Tabla 9

Tareas	Can tida d	Unida d	PRE CIO UNI T.	PRESUP UESTO	INCIDENCI A	Horas Hombr e
Bacheo m3	20	m3	10	200	1.99	% 4.4
Perfilado km	80	km	90	7,200	71.13	% 256
Alteo m3	40	m3	3.5	140	1.32	% 5.6
Riego m3	150	m3	3.5	525	5.27	% 15
Control Malezas m2	1000	m2	0.2	200	1.72	% 20
Limp.cunetas m3	100	m3	8	800	8.20	% 40
Limp.alcantarillas U	8	U	24	192	1.95	% 12.8
Rep.Alcantarillas	0.8	U	930	744	7.39	% 41.6
Señalización	0.6	U	170	102	1.03	% 4.8
TOTAL				10,103	100.00	% 400.2

Tabla 10

Plan de Mantenimiento anual (Ejemplo para 10 km – en dólares)