



UNIVERSIDAD DE BELGRANO

# Las tesis de Belgrano

**Facultad de Ingeniería y Tecnología Informática  
Carrera de**

**Caminos rurales transitables  
Un sueño, una realidad.**

**Nº 136**

**Alejandro Aragón**

Departamento de Investigación  
Febrero 2005



## Indice

Capítulo I. Introducción .....	5
Capítulo II. Area de Estudio .....	7
Capítulo III. Traza y Características de los Caminos .....	10
Capítulo IV. Método .....	17
Capítulo V. Método Reciclado - Suelo Cemento .....	21
Capítulo VI. Costos .....	37
Capítulo VII. Financiación .....	39
Anexo 1. Planchetas .....	44
Anexo 2. Ensayos .....	46
Bibliografía .....	57



## Capítulo I. Introducción

En el año 2003, se produjo en nuestro país, un boom agroexportador al que muchos identificaron como el fin de la aguda y profunda crisis vivida en los años anteriores. Fundamentalmente fue la Provincia de Buenos Aires la productora de ese estallido económico a costa de las excelentes cosechas logradas y de los precios internacionales de los cereales que se lograron obtener.

Para este año 2004, surgen las mismas posibilidades de exportación, quizás con un aumento de las cantidades cosechadas. Si este hecho a criterio de los economistas puede ser, el inicio de épocas florecientes para el campo, unas de las preguntas clave es desde el punto de vista de la profesión que hoy me toca ejercer, si la infraestructura es lo suficientemente adecuada para soportar no sólo el crecimiento proyectado sino el eficaz mantenimiento de las estructuras existentes.

Existe un déficit alarmante del entramado vial secundario y terciario a lo que se le agrega los graves problemas de desagüe de las cuencas, por falta de un plan piloto de canalizaciones y obras se arte.

Estas falencias generan grandes inconvenientes desde todo punto de vista: económico, social, educativo, etc.

Se corta la regularidad escolar al no poder llegar a las escuelas debido a que la salida de los campos es en mal estado, anegados o directamente no existen.

No hay un acceso rápido en casos de emergencia a los centros de atención de salud.

No se puede sacar los productos de la cosecha en tiempo y forma.

No se puede planificar la explotación rural al carecer de la infraestructura necesaria.

No se puede vincular con los centros urbanos, teniendo en cuenta que ha desaparecido el transporte ferroviario local.

Se deben soportar largos períodos de aislamiento, sobre todo en los meses de invierno.

La población rural migra hacia los centros urbanos ante semejante desamparo e incomunicación.

Se producen constantes conflictos de intereses entre los productores por el mal uso de los caminos.

Los caminos no soportan los requerimientos de una producción moderna, o sea que no son aptos para la actividad económica actual.

Se debe soportar costos adicionales debido al mal estado de los caminos (falsos fletes, transportes encarecidos, mayor mantenimiento en las maquinarias, roturas excesivas en las mismas, etc).

Las explotaciones tienen grandes dificultades logísticas al no poder acceder con prontitud y calidad a los campos más alejados.

Se pierden oportunidades para desarrollar alguna actividad agropecuaria que dependa de la salida diaria de los productos.

Estas causas disminuyen la productividad y la eficiencia que nos obliga a salir de los rangos de competitividad.

Todos estos son algunos de los muchos interrogantes que tiene la gente del campo y que sus gobernantes nunca han podido resolver con eficacia.

El Gobierno Nacional debería construir y mantener la red primaria, pero está en default. No construye ni mantiene nada.

El Gobierno Provincial debe construir y mantener los caminos provinciales, está en default y para peor no consigue empresas concesionarias dado que dichos caminos no son rentables para la explotación por entes privadas.

El Gobierno Municipal debe construir y mantener las redes terciarias, además de proveer la buena circulación en los pequeños centros urbanos.

Los Municipios están en default, incapaces de construir un metro cuadrado de pavimento nuevo y arrastrando con un parque obsoleto de máquinas viales, muchas de las cuales paradas por no poder contar con el capital necesario para repararlas o mantenerlas.

Lo anterior es un síntoma más de la profunda crisis en que están sumidas las instituciones que deberían proporcionarnos soluciones y satisfacer cada una de las preguntas que se hace el común de la gente.

Ahora bien, la mayoría de las regiones de la Provincia de Bs. As. tienen hoy una necesidad imperiosa de desarrollar una infraestructura capaz de sostener el crecimiento que se avizora en esta nueva etapa.

Si consideramos que las instituciones no nos pueden ayudar, por lo menos en los próximos años, tenemos que pensar seriamente en trabajar a partir de la base de la pirámide, de abajo hacia arriba, nucleando los productores que estén dispuestos a una inversión en el tiempo, para luego resultar beneficiados por el uso de las mejoras.

En este punto es donde debe entrar el aporte técnico y la investigación de los profesionales.

Esto es utilizando los materiales locales, las máquinas más adecuadas, la técnica más moderna, el mejor rendimiento, el costo más accesible.

Cada Municipio de la Provincia tiene una necesidad diferente en el uso de los caminos, así también como materiales aptos para la construcción.

Debido a que sería imposible proponer un plan a nivel provincial debido a lo extensa que es la red vial secundaria y terciaria, se ha enfocado particularmente en el Municipio de Arrecifes, y dentro de él, en caminos particulares que luego de recorrer la zona y observar los diferentes mapas, se han considerado como fundamentales para el desarrollo de la zona.

El objetivo del presente trabajo es realizar, en ésta zona designada, un tratamiento relativamente novedoso para el mejoramiento de las redes terciarias, amen de comparar su calidad, y su durabilidad con respecto a los tratamientos convencionales, obtener el costo del mismo y ofrecer una idea para el posible financiamiento, gestión, y control de este tipo de mejoras.

Cuando se habla de novedoso, significa que se ha usado en muy pocas ocasiones en nuestro país, porque la máquina en la cual se centra todo el proceso es muy costosa y solo es rentable para trabajos de cierta envergadura.

Alguna de estas ideas si demuestran sus beneficios pueden ser aplicables no sólo a la trama terciaria de un Partido sino a una zona cuyas necesidades de sacar sus productos sean perentorias como puede ser una cuenca lechera.

En otras ocasiones algunos otros institutos o técnicos han planteado soluciones similares a las que aquí se presentan, aunque desafortunadamente pocos han tenido éxito, a veces por no ser la solución técnica adecuada, a veces porque no se ha logrado la coordinación entre los productores, las Organizaciones Primarias y los Municipios, o a veces porque los productores no podían invertir para mejorar la infraestructura que usan, porque sus expectativas de retorno de los beneficios eran nulos.

El plan propuesto se basa en la participación de los productores, en los promotores privados y en las Instituciones Públicas.

Es claro, que antes de ofrecer un posible proyecto Institucional del emprendimiento, se debe interesar por las ventajas técnicas del modelo constructivo y llegar a una conclusión de cuales son los réditos obtenidos al comparar con los sistemas tradicionales de mantenimiento.

Para aclarar el tema se desarrollarán los siguientes pasos.

Se comienza por situar la zona en que se va a desarrollar el proyecto, con su descripción geográfica y el estado actual de su red caminera, es decir, ubicando la zona de Arrecifes, sus accesos y sus asentamientos de población. Luego se designan los caminos a tratar y mediante ensayos observar su estado actual.

Conocido el estado actual y sabiendo las solicitaciones de tráfico a las cuales estará sometido, se propondrán diferentes soluciones.

Por un lado, se explicará brevemente la solución más tradicional y muy usada por los Municipios, realizar un refuerzo de suelo seleccionado.

Por otro, la solución más novedosa antes adelantada, en la cual el se combinan dos conceptos fundamentales, por un lado el reciclado, es decir, utilizar los propios materiales existentes en el camino, y por el otro el aporte de un aditivo, que en este caso será el cemento. En este punto se dará el mayor énfasis, ya que es allí donde radica la parte «diferente» a cualquier otro proyecto.

Además de la construcción se ponderará el mantenimiento, debido a que es en este punto donde se encuentra el error de muchos métodos. Se debe lograr un paquete estructural sólido, pero que además sea duradero en el tiempo.

Por supuesto que se explicará el sistema constructivo y una descripción particularizada de la máquina a utilizar llamada generalmente «recicladora» o «reclamadora».

Luego comienza una parte muy importante del proyecto, el momento de calcular los costos de ambas soluciones constructivas.

Teniendo todos los datos en la mano solo quedará comparar ambas soluciones desde el punto de vista de la calidad, durabilidad, tiempo de ejecución, tiempo de utilización, mantenimiento necesario, posibilidades y costos.

Finalmente, se esquematiza alguna solución para su financiamiento. Este punto también representa gran importancia, ya que allí se expone un plan de financiamiento en la cual estarán involucrados los dueños de los campos.

Básicamente la idea será tomar un área de influencia beneficiada por cada camino y con eso calcular el costo por hectárea correspondiente.

## Capítulo II. Área de Estudio

### 2.1 Descripción del Partido de Arrecifes

Arrecifes se encuentra ubicado en la zona centro norte de la Provincia de Buenos Aires, sobre la Ruta Nacional N° 8, a 175km de la Capital Federal.

Las localidades más cercanas son: Pergamino (48km.), Salto (30 Km.), Capitán Sarmiento (28 Km.), San Pedro (65 Km.), Carmen de Areco (45 Km.), Ramallo (70 Km.).

El territorio ocupado por este partido era ya conocido poco después de la fundación de Buenos Aires (1580), con los nombres de «pago del Arrecife», «de Arrecifes» o «de los Arrecifes», por existir sobre el río homónimo, un vado en el camino que unía a la ciudad con Chile, Perú y provincias intermedias.

Hacia 1795 -aunque ya consolidado - adolecía de los defectos comunes de los pueblos establecidos espontáneamente, por lo que en dicho año varios vecinos solicitaron que se proceda a trazar el pueblo, librándose la orden respectiva en el mes de mayo.

En cuanto al partido estrictamente, había quedado erigido en 1784, al resolver el Cabildo de Buenos Aires que en lo sucesivo se elegiría un alcalde de hermandad para el pago de Arrecifes, alcaldía que -en 1821- fue sustituida por un juzgado de paz.

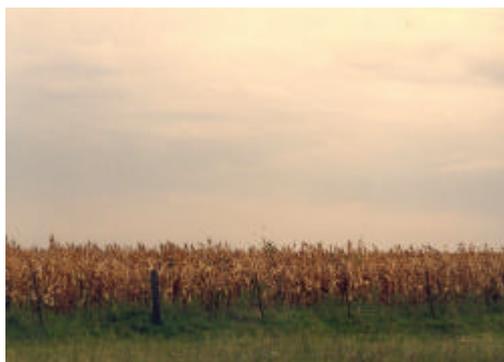
Fue declarado Municipio el 25 de octubre de 1864. Incluyendo las localidades de Todd y Viña y una extensa zona rural.

Por ley de septiembre de 1901 se le asignó el nombre de Bartolomé Mitre en homenaje al ilustre militar y estadista, designación que se aplicó al pueblo hasta 1939, cuando oficialmente se aclaró que para éste perduraba la denominación originaria de «Arrecifes».

Desde 1961, por último, el distrito quedó reducido en su extensión al tomarse tierras del mismo para la formación del partido de Capitán Sarmiento.

Posee una superficie total: 1.326,30 km<sup>2</sup>.

Está enclavado en el sector agrícola más importante de la Pampa Húmeda. Actualmente, junto a Junín, Pergamino y Colón, son los Municipios que obtienen los mejores rindes de explotación agrícola y en los que se está aplicando las técnicas más nuevas y revolucionarias del el país.



Cosechas de trigo y soja

El Municipio está atravesado por Rutas de diferente categoría:

- Ruta Nacional N° 8 (Buenos Aires – Río Cuarto),
- Ruta Provincial N° 51, que forma el quinto anillo de circunvalación de la Capital. Comienza en el Río Paraná en el partido de Ramallo y termina en los alrededores de Bahía Blanca.
- Ruta N° 191 que une San Pedro con Salto, atravesando el centro de Arrecifes.

La cabecera del Partido, es la ciudad de Arrecifes cuya población es 27.259 habitantes.

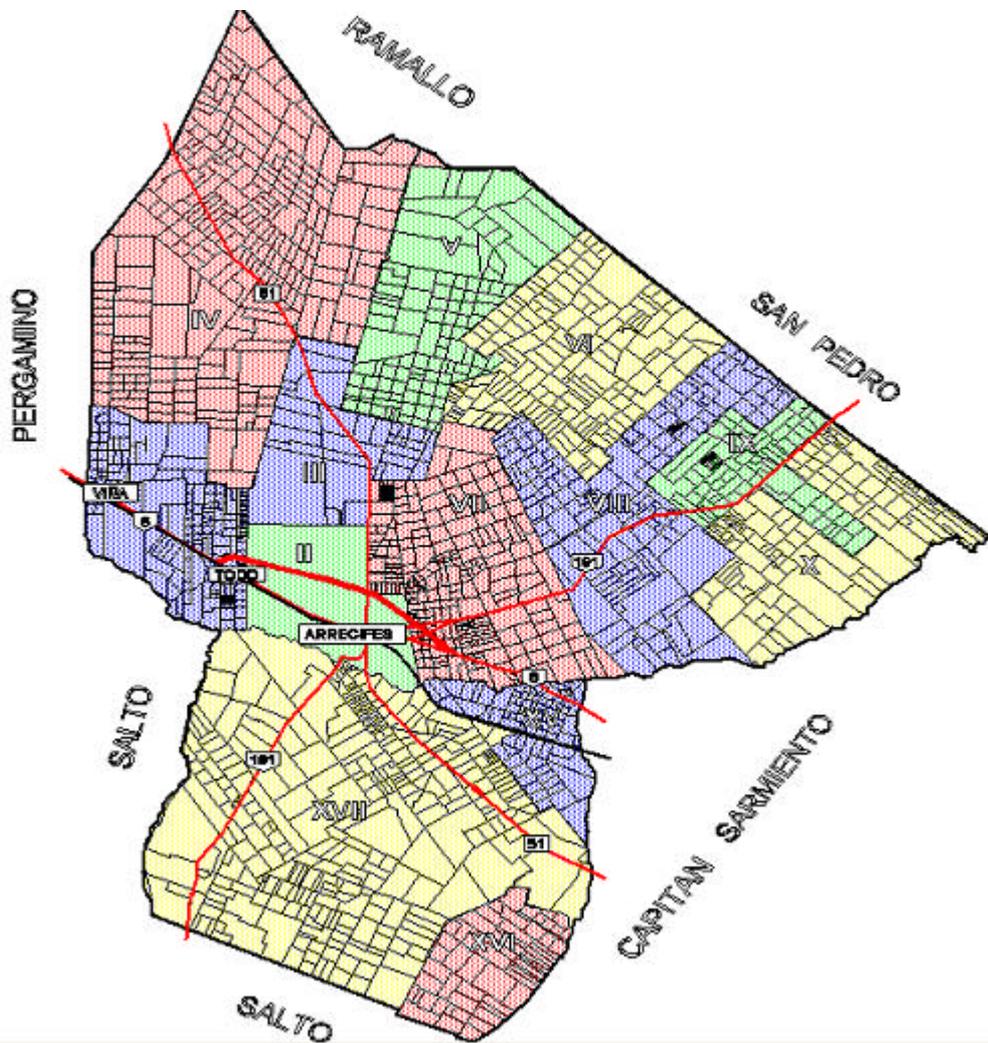
Si observamos el ejido del partido, la ciudad ocupa la parte central y es un punto donde se entrecruzan las tres Rutas antes mencionadas.

En cuanto a su descripción económica se puede decir como primera aproximación que potencialmente es uno de los Municipios más ricos del país, sus campos se utilizan un 80% para la producción agrícola y un 20% para la ganadera. Su industria se mueve alrededor de la explotación agrícola-ganadera.

Allí se emplean las técnicas más nuevas en cuanto a riegos y sembrados y los últimos modelos de maquinaria agrícola y el valor promedio de una hectárea es de u\$s 3500.



Silos ubicados en los alrededores de las rutas troncales



Todos estos datos llevan a pensar que la infraestructura caminera debe ser la adecuada para este brillante panorama productivo. En la actualidad esta situación es totalmente lo contrario. Los únicos caminos pavimentados relativamente en buen estado que existen son las rutas troncales antes mencionados.

Pero el estado del resto de los caminos no es el adecuado, con lo cual si llueve 25 mm el acceso a los campos se ve impedido durante al menos un día, con los costes que esto produce para el propietario del campo al no poder extraer su producción.

Además a esto se le debe sumar la situación de la población rural, la cual ante una lluvia de esta magnitud le quedan solo dos alternativas para llegar al centro urbano, el caballo o el tractor, siendo éste último el peor enemigo de los caminos en malas condiciones o inundados. Es sabido que al recibir la lluvia los suelos vegetales o recubiertos con suelos arcillosos absorben gran cantidad e humedad, se hinchan, y no soportan el paso de cargas dejando las ruedas de los tractores grandes huellas que no permiten el paso inmediato de los vehículos una vez que estos se secan y se vuelven transitables.

Todo esto es un círculo cerrado, los municipios muchas veces por problemas económicos, otras veces por problemas financieros, otras veces por desconocimiento no pueden recuperar o mejorar los caminos rápidamente luego de las lluvias. Al no plantear una solución definitiva o a más largo plazo tienen que correr detrás del mantenimiento permanente sin obtener ningún tipo de resultados porque no hay máquina ni personal que de abasto para realizar en el tiempo necesario todas las reparaciones. El problema es cuando sobre un camino que no ha llegado a mantenerse cae la segunda o tercera lluvia, cosa que sucede frecuentemente en épocas de invernales, donde las lluvias se producen una a continuación de la otra, impidiendo a los caminos recuperarse y transformándolos en intransitables.

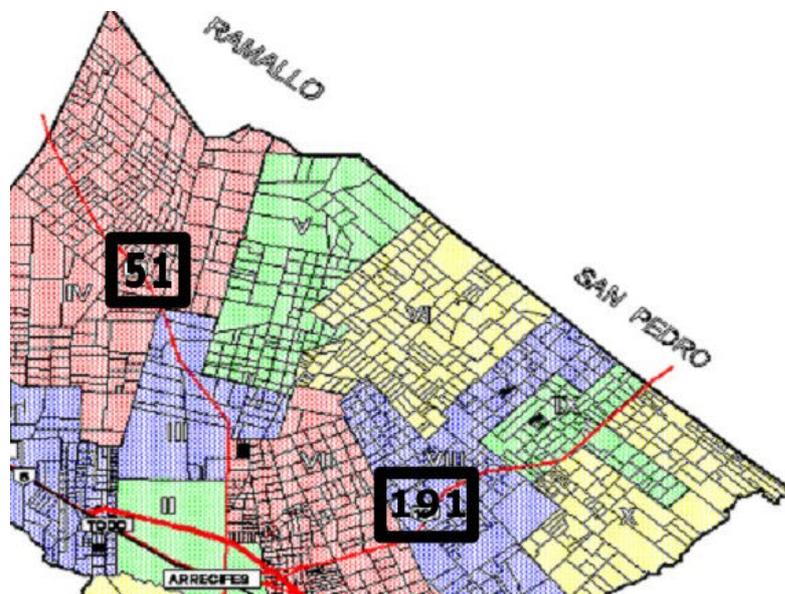
Esto ocurre en toda la Pampa Húmeda, socialmente el problema afecta a todos los habitantes por igual, pero ésta zona al tener una producción agrícola-ganadera muy importantes, se justifica buscar el método para que la solución sea rápida, efectiva, duradera en el tiempo y de mínimo mantenimiento.

Volviendo a Arrecifes, la necesidad del mejoramiento de los caminos provinciales, de los caminos reales, de los caminos que acceden desde las Rutas hacia los grandes establecimientos, de los caminos de tercera categoría que muchas veces llevan a las escuelas, almacenes de campo o a los pequeños centros asistenciales, es sustancial.

## 2.2 Área de Estudio

Para realizar nuestro estudio hemos tomado, una porción importante del Partido de Arrecifes comprendidos por un cuadrilátero cuyos lados están formados por:

- La Ruta Prov. 51, entre el límite del partido de Ramallo y Arrecifes;
- La Ruta Prov. 191 entre Arrecifes y el límite de San Pedro
- El límite con el partido de San Pedro
- El límite con el partido de Ramallo.



La superficie aproximada calculada a través de las planchetas es de 38.500 Ha.

En esta zona nace el Arroyo del Tala que desagua en el Río Paraná en las proximidades de San Pedro. Desde el punto de vista de la altimetría es una zona alta que va cayendo hacia un punto bajo formando el nacimiento del arroyo.

Morfológicamente es una área suavemente quebrada, atravesada por pequeños cursos de agua bastante bien canalizados que raramente tiene desbordes, haciendo que los campos mantengan su máxima superficie en explotación.

## Capítulo III. Traza y Características de los Caminos

### 3.1 Rutas existentes y nuevos caminos

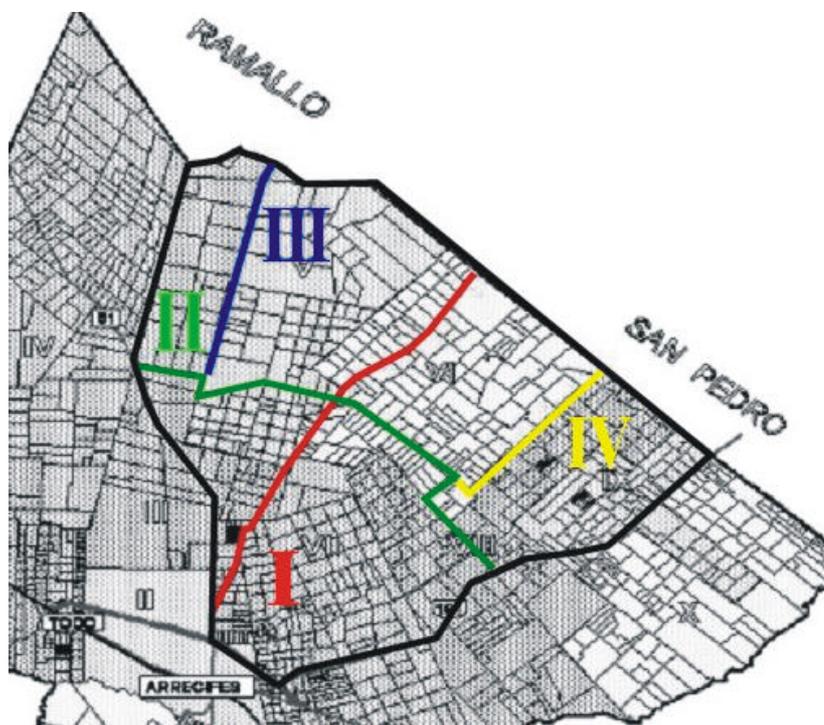
Situación de las rutas troncales:

- ✂ La Ruta 8 está concesionada, posee un tráfico intenso de cargas, es angosta pero bien mantenida. Es una de las rutas más transitadas del país.
- ✂ La Ruta 51 ha sido repavimentada hace poco tiempo con créditos del Banco Mundial. Esta es una de las rutas con mayor tránsito pesado del País.
- ✂ La Ruta 191 está en pésimo estado y es poco mantenida con aportes Municipales o Provinciales que solo se utilizan para reparar los baches que frecuentemente se forman. Ésta es la salida de la producción hacia los puertos del Paraná y en combinación con la Ruta 9 hacia los Puertos de Buenos Aires y Rosario.

Salvo éstas Rutas, todos los demás caminos del partido deben ser mejorados y mantenidos.

Si nos enfocamos particularmente en nuestro cuadrilátero, existen algunos caminos provinciales que permitirían una vez tratados abastecer toda la zona de influencia delimitadas por el borde del cuadrilátero. Esos caminos los nombraremos del I al IV y su longitud total es aproximadamente 65km.

Estos caminos fueron elegidos especialmente debido a que son una salida directa hacia las rutas troncales, además de ser donde se encuentran los pequeños centros rurales, asistenciales, proveedurías y colegios.



Club «La Estrella» ubicada sobre el Camino II Escuela V. Mercante, en los alrededores del Camino IV



Escuelas N° 27 José Mármol y N° 28, ubicadas sobre la traza de los Caminos I y III, respectivamente

Los caminos son existentes y de vieja data y como muestran las fotos anteriores, además de ser importantes para los productores, unen puntos estratégicos para la vida del Municipio, como son las Escuelas y clubes.

Éstos caminos tienen un nivel de tránsito similar y su estado es inadecuado para las necesidades actuales.

En toda la trama no existe camino alguno que pueda ser transitable inmediatamente después de la lluvia.

Luego de una fuerte precipitación pierden su gálbo, que solo es recuperado cuando se pasan las motoniveladoras de mantenimiento. Al no tener gálbo, luego de las lluvias el escurrimiento es imposible y se forman sobre la superficie grandes encharcados.

Actualmente el mantenimiento consiste en pasar la motoniveladora, sin luego compactar, debido a lo cual con una segunda o tercera lluvia vuelven a deformarse.

Para poder analizar mejor el problema de los caminos se han tomado muestras de suelo a lo largo de los 4 caminos en estudio (ver Anexo 2 - Ensayos).

De ellos se desprende que hay una gran disparidad en lo que se refiere a las clases y tipos de suelo, fundamentalmente porque nunca se ha encarado la construcción de una base del camino siguiendo los pasos y las técnicas acordes, sino que se ha depositado un suelo arriba de otro tratando de solucionar el problema momentáneo.

Para modificar esta situación se plantea la construcción de bases nuevas, mediante la aplicación de diferentes técnicas, y después mantener estas bases en un plazo que se ha fijado arbitrariamente en 5 años. Pero queda claro que lo existente solo nos ha de servir como apoyo de esas bases. Nada de la rasante actual puede ser utilizada sin realizar un mejoramiento a fondo y sin colocarle capas resistentes por arriba.

Los caminos actuales cruzan algunos cauces pequeños de agua con alcantarillas, algunas diseñadas y construidas por vialidad, otras construidas por los mismo usuarios, casi todas de ellas mal dimensionadas e insuficientes. De todas maneras por ser zonas altas el escurrimiento de las cunetas laterales es bastante bueno, con lo cual si se mejora la traza y se desarrolla un plan mínimo de reacondicionamiento de cunetas, construcción adecuada de las alcantarillas de entrada a las propiedades, mejoramiento del escurrimiento en los cauces transversales a los caminos y un mínimo mantenimiento, se puede considerar que el problema hidráulico de la zona no es el conflicto a resolver. Lo que se debe lograr son superficies firmes, con buenos escurrimientos laterales y transversales, resistentes y adecuadas a las frecuencias y cargas que transitarán, y recubrimientos mínimos pero que disminuyan el contacto del agua con las bases.

Los firmes existentes acompañan los quiebres del terreno, los anchos de las zonas de camino son holgados, teniendo alrededor de 25 m, las pendientes longitudinales son adecuadas con un promedio del 1%, existen pocas alcantarillas de entrada a los establecimientos, no más de una cada 300m, al igual que las alcantarillas de cruce que se encuentran cada 500m.

Acompaño a toda esta información, las planchetas catastrales (Ver anexo 1 – Planchetas) de las zonas involucradas con sus curvas de niveles, la ubicación de los principales establecimientos y fotos del relevamiento actual de cada uno de los caminos y establecimientos de la zona.

### 3.2 Descripción planialtimétrica de los caminos seleccionados

El camino I desarrolla su traza en forma paralela a las curvas de nivel, teniendo ondulaciones muy suaves.

El camino II en algunos de sus tramos se desarrolla perpendicular a las líneas de nivel, es mucho más quebrado y tiene algunos causes que lo cruzan.

El camino III va descendiendo hacia el arroyo Burgos, el cual transcurre siguiendo los límites del Partido de Arrecifes con San Pedro y en consecuencia tiene una sola pendiente bastante consistente hacia el arroyo.

El camino IV, también se desarrolla a lo largo de una pendiente longitudinal bastante importante hacia los bajos donde están las nacientes del arroyo Tala.

### 3.3 Descripción de los caminos I a IV

El camino Nº I se desarrolla a lo largo de 21,4 Km. Es una traza que ha recibido sucesivos aportes de suelo seleccionado, algunas veces extraídos de prestamos laterales y otras con aportes de suelo comercial. Se desarrolla en un ancho de coronamiento de 10m con cunetas laterales en buen estado.

De la muestra representativa que se ha obtenido se comprueba que es un suelo A-4 (6) heterogéneo (según la clasificación H.R.B. – VN-E4), mezcla del suelo de la base consolidada con suelo natural aportado por los vehículos que lo transitan forzosamente los días en que está en mal estado.

A lo largo de la traza se encuentran establecimientos de cierta magnitud dedicados a la explotación puramente agrícola que realizan dos campañas de cultivo por año. Debido a los grandes rendimientos que se obtienen los suelos se trabajan intensivamente y esto provoca que todo momento del año el tránsito sea constante.

Sobre la traza se desarrollan algunos establecimientos ganaderos, dos de ellos tambos de cierta magnitud e importancia.

Por averiguaciones municipales se ha determinado el siguiente tránsito clasificado por cantidad y calidad:

- 40 camiones por día (aprox. 25 t)
- 10 camiones de hacienda por día (20t)
- 10 camiones lecheros (10t)
- 20 unidades de equipamiento agrícola (5t)
- 100 vehículos livianos (2t)



Estado actual Camino I

Como se observa en la foto anterior, el camino se encuentra firme, aunque se puede observar la presencia de huellas y un gálibo totalmente deformado.

El camino N° II, se desarrolla a lo largo de 24,3 Km. Es un camino provincial y de mayor ancho que el anterior, que ha recibido el mismo tratamiento en su vida útil. La muestra representativa nos muestra un suelo del tipo A-4 (7).

Este camino posee más tránsito que el anterior debido a que sobre el se desarrolla una mayor circulación de vehículos que proveen servicios e insumos como por ejemplo abastecimiento de las estancias, transporte escolar, alambreadores, veterinarios, agrotécnicos, etc.

El tránsito diario esta dado por:

- 50 camiones (aprox. 25 t)
- 5 camiones de hacienda (20t)
- 5 camiones lecheros (10t)
- 30 unidades de equipamiento agrícola (5t)
- 150 vehículos livianos (2t)



Estado actual Camino II

Como se puede observar en la foto anterior, el camino se encuentra parcialmente ahuellado, a pesar de haber sido transitado luego de varios días sin presencia de lluvias.

Los caminos N° III y N° IV, que poseen una longitud de 9,5 Km. y 9,3 Km. respectivamente son caminos naturales en que los entes que lo han construido han formado un núcleo con provisión de suelo de los prestamos laterales, el cual es mantenido realizando el abovedamiento con motoniveladora. Los suelos son de baja calidad del tipo A-6 (10) y A-6 (9). Poseen una importante relación de hinchamiento que provoca la retención del agua varios días después de acontecidas las lluvias y que al transitar provoca deslizamientos laterales de los vehículos livianos y ahuellamientos profundos cuando transitan los vehículos con carga.

Se desarrollan en una zona puramente agrícola con elevado tránsito en época de cosecha y poco tránsito de servicios y equipamiento.

Estos caminos comunican las parcelas en explotación con los caminos secundarios que se utilizan para llegar a las rutas principales.

El tránsito diario está compuesto por:

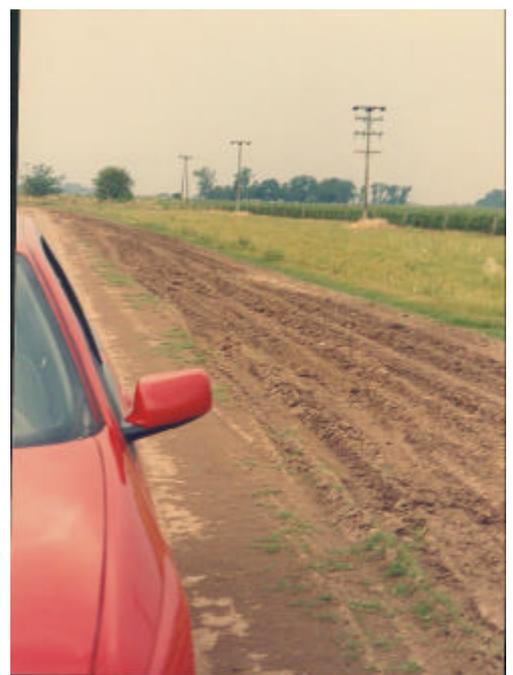
- 25 camiones (aprox. 25 t)
- 5 camiones de hacienda (20t)
- 0 camiones lecheros (10t)
- 20 unidades de equipamiento agrícola (5t)
- 50 vehículos livianos (2t)



Estado actual camino III



+



Estado actual camino IV

Como se puede observar en las fotos precedentes tanto el Camino III como el IV, se encuentran en muy mal estado, posee un fuerte ahuellamiento, un galibo totalmente deformado, sin pendientes laterales ni longitudinales adecuadas y la banquina del camino absolutamente intransitable. Además se debe considerar que las fotos fueron tomadas en un día seco y luego de varios días sin presencia de lluvia, con lo cual si al estado actual le agregáramos las desventajas ocasionadas por una lluvia obtendríamos un camino intransitable para cualquier tipo de medio de transporte.

### 3.4 Caracterización de los materiales locales

Se donominan materiales locales a aquellos que se encuentran disponibles en la zona de emplazamiento de las obras.

En general los materiales gruesos (tamaño mayor a tamiz #40) se estudian y caracterizan a través de su granulometría y sus propiedades físico mecánicas (por ejemplo resistencia a la abrasión). Los materiales finos tamaño menor a tamiz #40) se caracterizan por sus propiedades físico químicas, por ejemplo, los límites de Atterberg (VN-E7).

Así los primeros conforman la parte inerte del suelo, brindando capacidad portante mediante fricción, mientras que los segundos conforman la parte activa brindando capacidad portante mediante cohesión.

Referido al presente estudio, se caracterizan los suelos clasificándolos según H.R.B. (VN-E4) y algunos ensayos como el de compactación (Ensayo Proctor – VN-E5) y el valor soporte relativo (V.S.R. – VN-E6).

Los suelos de similares capacidades portantes y condiciones de servicio, fueron agrupados en 7 grupos básicos desde el A1 al A7. Así los suelos de cada grupo tienen características parecidas.

Dentro de cada grupo hay amplia variación de capacidades portantes. En consecuencia no bastan con conocer solo el grupo al que pertenece el suelo, sino que hay que estudiar también su capacidad portante, que puede variar en límites muy amplios.

La calidad de los suelos va disminuyendo desde el A1 al A7 en cuanto a su capacidad para ser utilizada como subrasante.

Estos 7 grupos básicos de suelos fueron divididos en subgrupos y además se agrego un índice de grupo.

En cada grupo básico de suelos, índices de grupo crecientes reflejan los efectos combinados del aumento del límite líquido e índice de plasticidad y la disminución de los materiales gruesos, provocando un detrimento en la capacidad portante de las subrasantes.

La clasificación de suelos comprende 2 grandes conjuntos:

- ✗ Los materiales granulares, con menos de 35% de pasa-tamiz 200
- ✗ Los materiales limo-arcillosos con más de 35% de pasa-tamiz 200

En cuanto a sus tamaños podemos diferenciar los suelos en 4 grandes grupos:

- ✗ Grava, pasa el tamiz de 3" y es retenido en el N° 10.
- ✗ Arena gruesa, pasa el tamiz N° 10 y es retenido en el N° 40
- ✗ Arena fina, pasa el tamiz N° 40 y es retenido en el N° 200
- ✗ Limo y arcilla, pasa el tamiz N° 200

Un suelo es limoso o arcilloso de acuerdo con su índice de plasticidad.

Se dice limoso, al material que tiene un I.P. igual o menos que 10.

Se dice arcilloso si tiene un I.P. mayor que 10.

Dentro de los estudios que hemos realizado en la zona de los 4 caminos, hemos encontrado suelos de diversas características.

En el camino I y II, el suelo encontrado es A-4 (6) y A-4 (7).

En el camino III y IV, el suelo es A-6 (10) y A6-(9) respectivamente.

Las características principales de estos suelos son:

Suelos A-4

Están compuestos esencialmente de limo con poca cantidad de material grueso y pequeña cantidad de arcilla.

Secos proveen una superficie de rodamiento firme con ligero rebote al desaparecer la carga. Cuando absorben agua rápidamente sufren expansión perjudicial o pierden estabilidad.

Se levantan por la acción de las heladas. Su textura varía entre el loam arenoso hasta el loam limoso.

Los loam arenosos tienen mejor estabilidad que los limosos y sufren pequeñas variaciones de volumen.

Los loam limosos no adquieren altas densidades porque poseen pobre gradación y carecen de material ligante, dando lugar a un gran volumen de vacíos por lo cual son poco compactables.

Son relativamente inestables con cualquier contenido de humedad. La humedad le baja la estabilidad y el valor soporte. Para mejorar la compactación deben ser tratados en un estrecho límite alrededor de la humedad óptima.

Ambos tipos son medianamente elásticos y los más plásticos se expanden al crecer su contenido de humedad.

Las carpetas asfálticas requieren importantes capas bases cuando se emplean suelos de este tipo como subrasantes.

### Suelos A-6

Están compuestos por arcillas con pequeña cantidad de material grueso. Tienen buen valor soporte compactadas a máxima densidad pero lo pierden al absorber agua. Son compresibles con poco rebote al dejar de actuar la carga y muy expansivos si se compactan con humedad debajo de la óptima.

Poseen muy poca fricción interna y baja estabilidad para altos contenidos de humedad. Colocados y conservados con poca humedad son aceptables como subrasante.

La presión capilar del agua que se ejerce cuando se secan es de tal intensidad que acerca las partículas del suelo formando una masa compacta y densa y provocando grietas de contracción en épocas de sequía.

No son adecuados para usar como subrasantes, bajo delgadas bases flexibles o carpetas bituminosas, por los grandes cambios volumétricos al variar la humedad y su bajo valor soporte al humedecerse.

Una vez conocida las características actuales de los caminos en estudio, estamos en condiciones de explicar la primer propuesta técnica en base a las posibilidades disponibles por la Municipalidad y por las Administraciones de Vialidad de la zona.

Esta solución se basa en recubrir los suelos existentes con capas de suelo seleccionado tipo tosca A2-4 o A2-5. en capas de diversos espesores de acuerdo al estado actual del camino, es decir, propongo realizar un entoscado en espesores diferenciales para cada camino según los requerimientos de uso y cargas que posea cada uno y luego de éste esfuerzo inicial, planificar un mantenimiento a lo largo del tiempo.

Por similitud entre los Caminos I y II, y III y IV, he decidido realizar un solo ensayo Proctor para cada grupo de caminos.

Idealmente se debería realizar más de un ensayo por camino, pero a los fines de esta tesis, considero suficiente los ensayos realizados.

De ambos ensayos podemos visualizar la Humedad óptima y la Densidad Máxima de cada uno de ellos (ver más detalles en ensayo Proctor anexo):

Camino I: LL: 36.3%; LP: 28.9%; IP: 7.4%

Camino II: LL: 38.5%; LP: 28.7%; IP: 9.8%

Camino I y II:

☞ Humedad óptima: 22.8%

☞ Densidad máxima: 1.536 kg/cm<sup>3</sup>

Camino III: LL: 39.6%; LP: 25.1%; IP: 14.5%

Camino IV: LL: 36.9%; LP: 25.0%; IP: 11.9%

Camino III y IV:

☞ Humedad óptima: 30.0%

☞ Densidad máxima: 1.468 kg/cm<sup>3</sup>.

Estos datos se utilizarán a la hora de realizar la compactación en obra.

Debido a la similitud antes expuesta, también se propondrá una solución técnica para cada grupo de caminos.

Para completar el estudio de los caminos existentes se ha realizado el ensayo V.S.R. en su modalidad «Dinámico Simplificado» (ver norma anexa V.N.-6- 68).

El valor soporte relativo del Camino I: 18.9%.

Este valor es solo una referencia que luego será comparada con el valor V.S.R. del camino con suelo seleccionado. Con ellos podremos ver la mejora que se produce al tener un camino como el actual y otro con tosca.

## Capítulo IV. Método

### Suelo Seleccionado

#### 4.1 Tareas a realizar en los Camino I y II:

##### A) Emparejamiento y recompactación de la superficie existente.

Se realizará un abovedamiento del existente en un ancho de 10m con pasadas sucesivas de la motoniveladora para emparejar la superficie, y realizando saneamiento del suelo en los lugares bajos, reemplazando los suelos no aptos por tosca utilizando para tal fin, pala cargadora y camiones para el transporte del material.

Se recompactará la sub-base existente con pata de cabra vibratorio llegándose a valores del 95% de la Densidad máxima del Ensayo Proctor Modificado (VN-E5 Tipo II o V) (ver ensayo en el anexo). Se realizará un seguimiento de la recompactación tomándose muestras cada 500m aproximadamente.

Paralelamente a la conformación de la subbase se trabajará con retroexcavadora y camión, limpiando y poniendo en cota las cunetas laterales.

Con un equipo formado por:

- ✂ 1 motoniveladora
- ✂ 1 pala cargadora
- ✂ 4 camiones volcadores chicos para transportar el suelo no apto y como apoyo de limpieza de cunetas
- ✂ 1 compactador vibratorio autopropulsado,
- ✂ 1 retroexcavadora,
- ✂ 1 camión regador de agua



MOTONIVELADORA VOLVO G710B



CARGADORA FRONTAL CATERPILLAR 950-E



RETROEXCAVADORA CATERPILLAR 416B



COMPACTADOR AUTOPROP. DYNAPAC CA602D

Personal necesario:

- ✍ 10 oficiales especializados
- ✍ 4 ayudantes
- ✍ 4 oficiales
- ✍ 1 equipo técnico de medición y control.

Se obtiene un rendimiento de 300ml / día.

Para el saneamiento a realizar en la subbase se debe contar con 0.1m<sup>3</sup> firmes/ml de tosca. Ésta será utilizada para poder corregir las zonas con baches y deficiencias estructurales.

## **B) Construcción de Base**

Se ejecutará una base de 8m de ancho y 40 cm de espesor con tosca extraídas en canteras comerciales.

El entoscado se realizará en dos capas de 20 cm cada una compactadas, al 95% de la Densidad máxima Proctor Modificado.

A la traza terminada se le da una fuerte pendiente transversal (3.0%) para facilitar el escurrimiento del agua.

Las necesidades para esta etapa son:

- 2 motoniveladora
- 1 compactador vibratorio autopropulsado
- 1 rodillo neumático autopropulsado
- 1 camión regador de agua
- 1 regador de asfalto
- Provisión de tosca: 3.2m<sup>3</sup> firmes/ml
- Provisión de riego asfáltico: 2400 l de E.L.1 por día.
- Personal: 1 equipo técnico de medición y control.
- 8 oficiales especializados
- 3 oficiales
- 3 ayudantes

Rendimiento: 300ml/día.

Los suelos se extraerán de tosqueras comerciales ubicadas en los alrededores de Todd.

Distancias de las tosqueras a los centros de los tramos:

- ✍ Camino I: 24km;
- ✍ Camino II: 26km

## **4.2 Tarea a realizar en los Caminos III y IV**

### **A) Emparejamiento y recompactación de la superficie existente.**

Se realizará un abovedamiento del suelo existente en un ancho de 8m con pasadas sucesivas de la motoniveladora para emparejar la superficie, y realizando saneamiento del suelo en los lugares bajos, reemplazando los suelos no aptos por tosca utilizando para tal fin, palacargadora y camiones para el transporte del material.

Se recompactará la subbase existente con pata de cabra vibratorio llegándose a valores del 100% de la Densidad máxima del Ensayo Proctor Normal (VN-E5 Tipo I o IV). Se realizará un seguimiento de la recompactación tomándose muestras cada 500m aproximadamente.

Paralelamente a la conformación de la subbase se trabajará con retroexcavadora y camión, limpiando y poniendo en cota las cunetas laterales.

Con un equipo formado por:

- ✍ 1 motoniveladora,
- ✍ 1 pala cargadora,
- ✍ 6 camiones volcadores chicos para transportar el suelo no apto y como apoyo de limpieza de cunetas,
- ✍ 1 compactador vibratorio autopropulsado,
- ✍ 1 retroexcavadora,
- ✍ 1 camión regador de agua
- ✍ 1 equipo técnico de medición y control.
- ✍ 12 oficiales especializados
- ✍ 4 oficiales
- ✍ 4 ayudantes

Se puede obtener un rendimiento de 300ml / día.

Provisión de tosca para saneamiento: 0.2m<sup>3</sup> firmes/ml.

## B) Construcción de Base

Se ejecutará una base de 6m de ancho y 30 cm de espesor con tosca extraída en canteras comerciales.

El entoscado se realizará en dos capas de 15 cm cada una compactadas al 100% de la Densidad máxima del Ensayo Proctor Normal.

A la traza terminada se le da una fuerte pendiente transversal (3.0%) para facilitar el escurrimiento del agua.

Para proteger los entoscados, se ejecutarán riegos de imprimación con asfaltos diluidos en solventes de lenta evaporación, que son los vehículos que permiten al asfalto penetrar en el firme, aumentando su durabilidad.

El riego de imprimación se coloca a razón de 1 litro/m<sup>2</sup>.

Equipo necesario:

- 1 motoniveladora
- 1 compactador vibratorio autopropulsado
- 1 rodillo neumático autopropulsado
- 1 camión regador de agua
- 1 regador asfáltico
- Provisión de tosca: 2.0m<sup>3</sup> firmes/ml.
- Provisión de riego asfáltico: 1800 l de E.L.1 por día.
- Personal: 1 equipo técnico de medición y control.
- 8 oficiales especializados
- 2 oficiales
- 2 ayudantes

Rendimiento: 300ml/día.

Distancias de las tosqueras a los centros de los tramos

- Camino III: 30km
- Camino IV: 32km

## 4.3 Plazos

Camino I y II:

- Sub base: 80 días hábiles o 120 días corridos
- Base: 80 días hábiles o 100 corridos.

Camino III y IV:

- Sub base: 30 días hábiles o 60 días corridos
- Base: 30 días hábiles o 40 corridos.

Se consideran días hábiles a aquellos en los cuales es posible trabajar. Como ya fue explicado, los caminos existentes poseen grandes problemas de circulación en los días de lluvia. Debido a ello, se debe tener en cuenta estos días perdidos. De allí nace la diferencia entre los días hábiles y los días corridos.

Se trabajará con 1 equipo completo para hacer subbases y un equipo completo para hacer bases. El plazo de ejecución para realizar las subbase será de 220 días hábiles o 1 año corrido.

Con un equipo completo para hacer bases, el plazo de ejecución es: 220 días hábiles o 280 días corridos, desfasada 30 días de la realización de las bases.

Por lo tanto con dos equipos completos uno para la subbase y otro para la base se tarda aproximadamente 1 año.

El suelo seleccionado o tosca a utilizar posee las siguientes características:

- ✗ Límite Líquido: 29.1%
- ✗ Límite Plástico: 27%
- ✗ Índice Plástico: 2%
- ✗ Clasificación H.R.B.: A-4
- ✗ Humedad óptima: 27.4%
- ✗ Densidad Máxima: 1.492 kg/cm<sup>3</sup>
- ✗ Valor Soporte Relativo: 44.2%

Con esta información podemos comparar la resistencia que poseía el camino de suelo natural, con el camino con suelo seleccionado en la cual la resistencia se eleva a más del doble.

## 4.4 Mantenimiento

A continuación explicaré las tareas de Mantenimiento a realizar a lo largo de los 5 años que dura el proyecto.

El mantenimiento se basa en obtener las trazas de los caminos reparados en permanente estado de

transitabilidad y con buenos índices de servicios (rápida recuperación del tránsito normal luego de la lluvia, disminución de los deslizamientos transversales por efecto del hinchamiento de los suelos, menor cantidad de baches provocados por depresiones de la base, corrección de la superficie de rodamiento para disminuir los ahuellamientos provocados por los vehículos pesados sobre todo los tractores). Por supuesto el trabajo de mantenimiento va aumentando con el paso del tiempo.

El plan de mantenimiento a aplicar debe contar con el siguiente equipo y dispuesto exclusivamente para esta tarea y para estas trazas:

- 1 motoniveladora
- 1 rodillo neumático
- 1 rodillo pata de cabra vibratorio
- 1 regador de agua
- 1 retroexcavadora chica
- 2 camiones volcadores

### **Procedimiento a realizar en cada año**

#### **1er Año**

Se recorrerá toda la traza cada 6 meses.

El mantenimiento consta del reabovedamiento de la calzada con motoniveladora, el sellado de la base con rodillo neumático, el bacheo de los lugares deprimidos o con fallas estructurales o anegados utilizando retroexcavadora y camión.

El rendimiento con este equipo es de 3km por día.

La tosca necesaria para reemplazar suelos no aptos será de 1000 m<sup>3</sup> durante todo el año.

#### **2do Año**

El procedimiento es exactamente el mismo salvo que se hará una pasada cada 4 meses. El rendimiento también es similar al primer año.

#### **3er Año**

Aquí se hará una pasada también cada 4 meses pero el rendimiento cae a 2.5km por día debido a que hay que hacer mayor cantidad de reparaciones.

La tosca necesaria durante todo el año será de 3000m<sup>3</sup>.

#### **4to Año**

Aquí se hará una pasada también cada 4 meses pero el rendimiento cae a 2km por día debido a que hay que hacer mayor cantidad de reparación.

La tosca necesaria durante todo el año será de 5000m<sup>3</sup>.

#### **5to Año**

Se hará cada 3 meses con un rendimiento de 2km por día.

La tosca necesaria durante todo el año será de 8000m<sup>3</sup>.

Con esta solución se mejora claramente los inconvenientes producidos por el tránsito pesado (la gran mayoría), pudiendo tener un mantenimiento mucho menor al que debería presentar actualmente (que generalmente no se realiza).

Además se mantendrá siempre el perfil transversal y longitudinal, y una calzada con muy pocos defectos, con lo cual la circulación será mucho más sencilla y los vehículos no sufrirán tanto desgaste.

Lamentablemente continuará con un inconveniente, que es la lluvia, ya que la tosca cuando está en estado saturada, no posee resistencia al corte, con lo cual la circulación luego de lluvia se continua tomando muy difícil. Para solucionar este inconveniente y obtener una calzada de alta calidad se plantea la otra solución, reciclado de suelo-cemento.

## Capítulo V. Método Reciclado – Suelo Cemento

Este procedimiento se basa en la ejecución de suelos mejorados con cemento utilizando para tal fin equipos de última tecnología con el objeto de mejorar sustancialmente la calidad del proceso, disminuir ostensiblemente el tiempo de ejecución, lograr altos valores de resistencia y durabilidad, disminuir los costos fijos debido a la rapidez del proceso y fundamentalmente disminuir los gastos de mantenimiento futuro.

Se deberá realizar un trabajo inicial a fondo con una mayor inversión y luego una recuperación dada por un menor mantenimiento y mejores prestaciones desde el momento inicial.

Como siempre se priorizará aumentar la resistencia en los caminos I y II que son los ejes de la distribución caminera de la zona y los más solicitados a futuro.

En los caminos III y IV, las resistencias a obtener son menores debido a que son los caminos que confluyen en la red secundaria.

Según lo visto anteriormente y los resultados de los ensayos de las muestras nos encontramos con suelos de relativa capacidad portante en el caso de los caminos I y II y prácticamente suelo natural en el caso de los caminos III y IV.

El proceso propuesto consiste en la mezcla íntima y profunda de los suelos existentes con un poderoso ligante como es el cemento. Podemos definirlo como un «hormigón pobre» o como un hormigón donde los agregados son los suelos.

De acuerdo a la capacidad portante que se necesite las variables son muchas. Se puede realizar el suelo cemento directamente sobre la base existente, se puede agregar algún suelo de buena calidad para tener una mezcla de mejor calidad con el cemento, agregarle un material que se explote en la zona como puede ser escoria, grava de diferentes medidas, arenas de médano, de río finas y gruesas, etc.

La base en que se sustenta el método propuesto es no solo aumentar sustancialmente la capacidad portante de la base con el agregado de cemento, sino también la utilización en pos de la mejora del proceso de materiales naturales o que se explotan en la zona que son de bajo costo.

En la zona de Arrecifes se encuentran mantos de tosca de buena calidad, de explotación relativamente sencilla y cuyos yacimientos se hallan muchas veces a la vera de los caminos a mejorar.

Por las solicitudes a que estarán sometidos los caminos en estudios, la tosca ha de ser utilizada como material de saneamiento de la subbase y como material para emparejar y abovedar la superficie existente.

Debido a ello se puede concluir que con poco aporte de tosca proveniente de los yacimientos cercanos se obtendrá una subbase perfectamente reconformada con el gálibo definitivo para ser sometida a la mezcla con cemento.

Como se puede observar, el método propuesto se basa fundamentalmente en dos conceptos que se explica a continuación: el suelo-cemento y el reciclado.

### 5.1 Suelo Cemento

El suelo-cemento es una mezcla íntima de suelo pulverizado, cantidades medidas de cemento Pórtland y agua, compactada a alta densidad. Al hidratarse el cemento, la mezcla se convierte en un material de pavimento, resistente y durable.

Tipos de suelo-cemento

Hay tres tipos de mezclas de suelo y cemento:

1. Suelo-cemento compactado.
2. Suelo modificado con cemento.
3. Suelo-cemento plástico.

El suelo-cemento compactado contiene suficiente cemento como para endurecer el suelo y el grado de humedad necesario para una adecuada compactación y para la hidratación del cemento.

En lo que sigue, denominaremos para simplificar, suelo-cemento al suelo-cemento compactado, ya que es el tipo de mezcla de suelo y cemento más comúnmente usada. También se usan, a veces, expresiones tales como «base tratada con cemento», «suelo estabilizado con cemento» y «agregado estabilizado». Para los fines de este trabajo todas las mezclas de suelo y cemento se clasifican como suelo-cemento o suelo modificado con cemento sin especificar el origen del suelo o agregado.

El suelo modificado con cemento es una mezcla no endurecida o semi-endurecida de suelo y cemento. Cuando se agregan cantidades relativamente pequeñas de cemento Pórtland y humedad a un suelo granular o a uno arcillo-limoso, las propiedades físicas y químicas del mismo cambian. El cemento reduce la plasticidad del suelo y su capacidad de retención de agua e incrementa su capacidad portante. El grado de mejoramiento depende de la cantidad de cemento usada y del tipo de suelo. En el suelo modificado con

cemento, solamente se usa la cantidad de este último necesaria para modificar las propiedades físicas del suelo en el grado deseado; se usa menos cemento que el requerido para confeccionar un suelo-cemento endurecido. Los suelos modificados con cemento pueden usarse para bases, subbases, subrasantes tratadas, terraplenes, y como material de relleno.

El suelo-cemento plástico es también una mezcla endurecida de suelo y cemento que contiene, en el momento de colocarla, suficiente cantidad de agua como para que posea una consistencia similar a la del mortero plástico.

En comparación, el suelo-cemento compactado se coloca con sólo la humedad necesaria para permitir una adecuada compactación y la hidratación del cemento. El suelo-cemento plástico se usa para taludes áreas irregulares o confinadas, tales como recubrimiento de cunetas y otras estructuras erosionables, donde es difícil, si no imposible, usar el equipo de construcción de caminos.

La incorporación de cemento a un suelo tiene como objetivo proveer mayor capacidad portante a la mezcla mediante la formación de una matriz cementicia dentro del paquete granular del suelo. Es decir, la opción suelo-cemento persigue la elaboración de un «hormigón pobre» cuyo «árido» es el propio suelo.

## 5.2 Reciclado

Hasta hace bien poco tiempo, la rehabilitación de los caminos se hacía empleando las mismas técnicas y metodologías utilizadas en la construcción de caminos nuevos. Aunque adecuado, el procedimiento no tenía en cuenta la completa reutilización de los materiales existentes «in situ».

A lo largo de la última década el hombre se interesó más por la defensa del medio ambiente y se volvió más consciente de que los recursos son limitados. Así la rehabilitación de un camino bien por reconstrucción, bien por refuerzo tradicional (utilizando nuevos materiales), es sin duda alguna desfavorable desde el punto de vista ambiental y económico. Como el gran porcentaje de los materiales viales proviene de las canteras, con todo el impacto ambiental negativo que está asociado a su explotación, el desafío consiste pues en la rehabilitación de los firmes existentes utilizando eficientemente la técnica del reciclado.

En un proyecto de rehabilitación se debe intentar utilizar al máximo las potencialidades de los materiales existentes en el camino, lo que puede conseguirse por el reciclado «in situ» de las capas superiores sin interferir en las otras capas del camino y su inherente resistencia mecánica.

En los últimos años se ha asistido aun progresivo desarrollo tecnológico en el campo de los equipamientos utilizados en el reciclado, existiendo hoy en día máquinas capaces de reciclar «in situ» materiales a una profundidad que puede alcanzar los 40 cm, y en una única pasada.

El reciclado «in situ» en frío consiste esencialmente en fresar el paquete estructural existente en un espesor predeterminado con el objetivo de recuperar el material utilizado en la construcción. Éste es entonces, reciclado y procesado formando una nueva capa con resistencia mecánica mejorada. El procesamiento del material recuperado envuelve, individualmente o en combinación: agua, como ayuda de la compactación, cemento, cal o otros tipos de agentes químicos estabilizadores, agente bituminoso de estabilización, en forma de emulsión, y áridos nuevos para mejorar la granulometría o para modificar mecánicamente el material reciclado.

Una vez comprendida la solución constructiva que propongo, se debe proceder a realizar el dimensionamiento del mismo, es decir, que cantidad de cemento se debe incluir, con que humedad se debe realizar la compactación, como debe ser distribuido el cemento, como es el procedimiento realizado por la reclamadora, etc.

## 5.3 La dosificación de la mezcla

Cuando se realiza un reciclado con cemento suelen seguirse básicamente los criterios utilizados para el material suelo-cemento. La determinación del contenido de agua de compactación se realiza también mediante el ensayo Proctor Modificado, teniendo de nuevo en cuenta la humedad natural del material.

## 5.4 Dimensionamiento de refuerzos con capas recicladas

En general se siguen los dos criterios de dimensionamiento conocidos, el empírico o el analítico. En ambos casos se debe realizar una analogía con los casos de suelo cemento construido con el método tradicional o con el reciclado de pavimento asfáltico.

Debido a la carencia de normas que rijan este tipo de dimensionamiento, el cálculo del suelo cemento se realizará por el método estándar, aunque teniendo en cuenta que el suelo a utilizar será el ya existente con un pequeño agregado de tosca para el perfilado y saneamiento correspondiente.

También para éste tipo de reciclados debe respetarse los criterios de espesores mínimos de 15 cm y de espesores máximos recomendables 30 cm.

### 5.5 Cálculo del porcentaje de cemento

- Para el cálculo del porcentaje de cemento mínimo a utilizar, se sigue el procedimiento expuesto por la norma I.R.A.M. 10.523 de dosificación de cemento. Dicha norma establece los siguientes pasos:
- En función de la clasificación H.R.B. del suelo, por tabla I se obtiene el porcentaje de cemento (%c.p.) recomendado para el moldeo de probetas para el ensayo de compactación Proctor;
- Se determina la cantidad de fracción limo-arcillosa del suelo como el porcentaje que pasa el tamiz de 53 m o #270 (%L+A.#270);
- Se realiza el ensayo Proctor según el procedimiento usual correspondiente al tipo de suelo utilizado, para probetas preparadas con un porcentaje de cemento igual a (%c.p.); este ensayo permite obtener el valor de  $D_s$  max para el (%c.p.) aplicado;
- Se obtiene de la tabla III el porcentaje de cemento (%c.IRAM.) a utilizar en la mezcla;
- Para tener mayor certeza se pueden realizar los ensayos de valoración descritos en los siguientes puntos de acuerdo al tipo de suelo, al (%L+A.#270) y a la  $D_s$  max obtenidos en los pasos anteriores. El tipo de suelo se clasifica en «granular» o «fino» de acuerdo a si el porcentaje retenido tamiz #4 es mayor o menor al 5%, respectivamente. En la tabla para suelos granulares (Tabla II), se obtiene el porcentaje de cemento según el porcentaje retenido tamiz #4 mientras que en la tabla para suelos finos, según el I.G. (Índice de Grupo) del suelo;
- Para corroborar si el porcentaje de cemento obtenido en d) es adecuado, se realizan ensayos de valoración con probetas preparadas con un porcentaje de cemento igual a (%c.IRAM.) y también para probetas preparadas con (%c.IRAM.+2%) y probetas con (%c.IRAM.-2%). Los ensayos de valoración son el ensayo de resistencia a compresión y los ensayos de durabilidad (ensayos de congelamiento / deshielo y humedecimiento / secado). Del resultado obtenido de tales ensayos de valoración, se determinará el porcentaje de cemento deseable a utilizar en la mezcla.

A continuación, se describe sucintamente tales ensayos:

*Ensayo de compresión:* consiste en determinar el  $D_s$  de rotura por compresión de una probeta de suelo-cemento a los 7 días de realizada la mezcla. Este ensayo permite comprobar la capacidad portante obtenida para las tres cantidades de cemento empleadas. Así, se puede definir un dosaje de cemento óptimo en función de una resistencia a compresión mínima admisible predeterminada.

*Ensayo de congelamiento / deshielo:* luego de 7 días de curado, se someten las probetas de suelo-cemento preparadas con los tres valores de dosaje recomendados (%c.IRAM., %c.IRAM.+2% y %c.IRAM.-2%) a 12 ciclos de congelamiento y posterior deshielo. En cada ciclo, se colocan las probetas a -22°C de temperatura durante 22 Hs. y luego, se las coloca a +21°C y 90% de humedad durante las 22 Hs. subsiguientes. Luego de cada ciclo de congelamiento / deshielo, se rasqueta con un cepillo de una forma normalizada los laterales de las probetas, recogiendo el polvo que se desprende de las mismas. Para que las probetas verifiquen este ensayo, el porcentaje en peso de dicho polvo recogido al cabo de los 12 ciclos debe ser menor a un porcentaje admisible máximo normalizado.

*Ensayo de humedecimiento/secado:* idem que el ensayo de congelamiento/deshielo, a excepción que en cada ciclo se sumerge las probetas en agua a 21°C de temperatura durante 5 Hs. y luego se las seca en estufa a 71°C durante 42 Hs.

Los ensayos de congelamiento/deshielo y humedecimiento/secado son independientes del tipo de clima al que va a estar sometido el suelo-cemento dado que con estos ensayos se intenta evaluar el comportamiento de la mezcla ante sollicitaciones causadas por cambios volumétricos.

A los efectos de mis cálculos no es fundamental realizar los ensayos de valoración, aunque si lo es en el momento previo a comenzar la obra.

### 5.6 Dosaje a utilizar

Camino I y II:

Como el suelo es un A-4, de la tabla I se extrae el porcentaje requerido para el ensayo de compactación: 10%.

Luego del ensayo Proctor con el porcentaje de cemento determinado en el paso anterior, determinamos la Densidad máxima de la mezcla (ver ensayo en anexo): 1.530 kg/cm<sup>3</sup>

Del ensayo de granulometría se extrae:

- ✂ El porcentaje que pasa el tamiz #270 (53 micrones): 51%.
- ✂ El índice de grupo: 7

Con estos datos se ingresa en la tabla III y se obtiene que el porcentaje de cemento a utilizar en los Caminos I y II es de: **13%**.

Camino III y IV:

Por ser un suelo A-6, el porcentaje de cemento extraído de la tabla I es: 12%.

Del ensayo Proctor se extrae que para la mezcla de suelo cemento la densidad máxima es: 1.524kg/cm<sup>3</sup>.

Del ensayo de granulometría, determinamos:

El pasa tamiz #270 es: 59%.

El Índice de Grupo: 10

Con estos datos ingresamos en la tabla III y extraemos la cantidad de cemento a utilizar en los Camino III y IV: **14%**.

En las tablas siguientes, en azul, se destaca los datos del Camino I y II; en rojo los del III yIV.

TABLA I

Clasificación según A.A.C. *	Masa de cemento requerida por el ensayo de compactación (%)
A-1 - a	5
A-1 - b	6
A-2	7
A-3	9
A-4	10
A-5	10
A-6	12
A-7	13

\* Highway Research Board, de la Academia Nacional de Ciencias de los EE.UU.

G-2 Los porcentajes de cemento pórtland con que deben moldearse los probetas con suelos granulares, valores que surgen de la cantidad de material granular, de la densidad alcanzada en el ensayo de compactación (según la tabla I) y de la cantidad de arcilla más limo (porcentaje librado por el tamiz IRAM 53 # (Nº 270) se indican en la tabla siguiente:

Tabla III  
Contenido de cemento para ensayar suelos finos

Índice de grupo (IG)	Limo entre 50 μ y 5 μ (%)	Contenido de cemento a incorporar (%)						
		Densidad seca máxima de la mezcla (kg/dm <sup>3</sup> )						
		1,440 a 1,520	1,521 a 1,500	1,601 a 1,620	1,681 a 1,760	1,761 a 1,840	1,841 a 1,920	más de 1,920
0-3	0-19	12	11	10	8	6	7	7
	20-39	12	11	10	9	8	8	7
	40-59	13	12	11	9	9	8	8
	más de 59	-	-	-	-	-	-	-
4-7	0-19	13	12	11	9	8	7	7
	20-39	13	12	11	10	9	8	8
	40-59	14	13	12	10	10	9	8
	más de 59	15	14	12	11	10	9	9
8-11	0-19	14	13	11	10	9	8	8
	20-39	15	14	11	10	9	9	9
	40-59	16	14	12	11	10	10	9
	más de 59	17	15	13	11	10	10	10
12-15	0-19	15	14	13	12	11	9	9
	20-39	16	15	13	12	11	10	10
	40-59	17	16	14	12	12	11	10
	más de 59	18	16	14	13	12	11	11
16-20	0-19	17	16	14	13	12	11	10
	20-39	18	17	15	14	13	11	11
	40-59	19	17	15	14	14	12	12
	más de 59	20	19	16	15	14	13	12

Además del cemento calculado se agregará a las subbase existentes de todos los caminos un promedio de 5 cm de tosca para facilitar la conformación de la subbase.

### 5.7 Proceso constructivo de la Subbase

Previamente a la ejecución de la base con suelo cemento debe conformarse la subbase realizando un abovedamiento del existente en un ancho de 10m con pasadas sucesivas de la motoniveladora para emparejar la superficie.

Seguramente a lo largo de la traza se encontrarán depresiones o lugares en que la subbase existente ha fallado, para ello se debe realizar un saneamiento del suelo, reemplazando los suelos no aptos por tosca. Empleando la pala cargadora se remueve el bache, cargando el suelo no apto y transportándolo a lugares bajos aledaños a la traza del camino, para rellenar depresiones naturales de los campos.

Los suelos de baja calidad serán reemplazados con tosca traída del yacimiento, serán desparramados con pala cargadora y compactados con pata de cabra vibratorio hasta llegar a las densidades prefijadas.

Puede ocurrir que a lo largo del camino se encuentren lugares bajos, donde la rasante se presenta a las mismas cotas que las cunetas laterales. Esos lugares usualmente se inundan y el agua pasa por sobre el camino. El tratamiento que se empleará en esas zonas, será realizar alteos con tosca hasta alcanzar los niveles del proyecto definitivo que contempla que la rasante transcurra siempre por sobre los niveles de desagüe.

Para estos trabajo, tanto baches como alteos, que se presentan en pocas zonas del camino, se ha dispuesto una cantidad de tosca.

En el caso de los caminos I y II, como la subbase se desarrolla en un ancho de 10m se utilizará entonces para su conformación, 0.5m<sup>3</sup>/ml de tosca, más una cantidad fijada arbitrariamente de 0.1 m<sup>3</sup>/ml para ser utilizada en los bacheos.

En el caso de los caminos II y IV, cuya subbase tendrá un ancho de 8m, se utilizará 0.4m<sup>3</sup>/ml de tosca para el abovedamiento, más 0.1 m<sup>3</sup>/ml para los bacheos.

Como la adición de cemento se ejecutará directamente sobre la subbase existente mejorada y abovedada, ésta debe poseer los niveles definitivos del mejoramiento terminado para lo cual debe realizarse un estaqueo de toda la superficie y con motoniveladoras «cortar» la cancha de tal manera que quede a las cotas definitivas del camino. Así mismo, como en el procedimiento del suelo mejorado con cemento no se agrega ningún tipo de materiales (ej; tosca), debe compactarse la subbase de tal manera que contemos con todo el material necesario antes de iniciar el proceso del mejoramiento.

Se recompactará la subbase existente con pata de cabra vibratorio en sucesivas pasadas llegándose a valores del 95% de la Densidad máxima del Ensayo Proctor Normal.

Se realizará un seguimiento de la recompactación tomándose muestras cada 500m aproximadamente.

Paralelamente a la conformación de la subbase se trabajará con retroexcavadora y camión, limpiando y poniendo en cota las cunetas laterales.

### 5.8 Proceso constructivo de la Base de Suelo Cemento

Este proceso esta compuesto fundamentalmente por 5 etapas:

- 1- Distribución del cemento Pórtland sobre el suelo anteriormente conformado.
- 2- Mezcla e incorporación de la humedad. Este es el punto principal en el cual varía un suelo cemento a el reciclado con suelo cemento.
- 3- Compactación
- 4- Perfilado superficial y terminado
- 5- Curado (mantenimiento de la humedad)

### 5.9 Cálculo del cemento a distribuir

Puede usarse cemento a granel o en bolsas. Los planos y especificaciones especiales establecen la cantidad de cemento a distribuir, determinada por los ensayos de laboratorio. Generalmente el contenido de cemento se especifica como porcentaje en volumen referido al de la mezcla compactada. El contenido de cemento especificado en peso con respecto al del suelo seco (secado a estufa) puede ser expresado en volumen, con respecto al del suelo-cemento compactado, si se conoce la máxima densidad. Una bolsa de cemento pesa 50 kg y tiene un volumen de 33,3 litros.

Antes de distribuir el cemento, si la mezcla se hace en sitio, debe conformarse en forma aproximada el tramo a construir.

La distribución del cemento puede realizarse en forma mecánica o manual. En nuestro caso se utilizará cemento provisto en bolsas de 50 kg.

El cemento se distribuirá sobre la superficie conformada a distancias iguales tanto longitudinal como

transversalmente, luego de los cálculos que surjan de las tablas siguientes.

Una vez volcada sobre la cancha, las bolsas serán abiertas y apartadas.

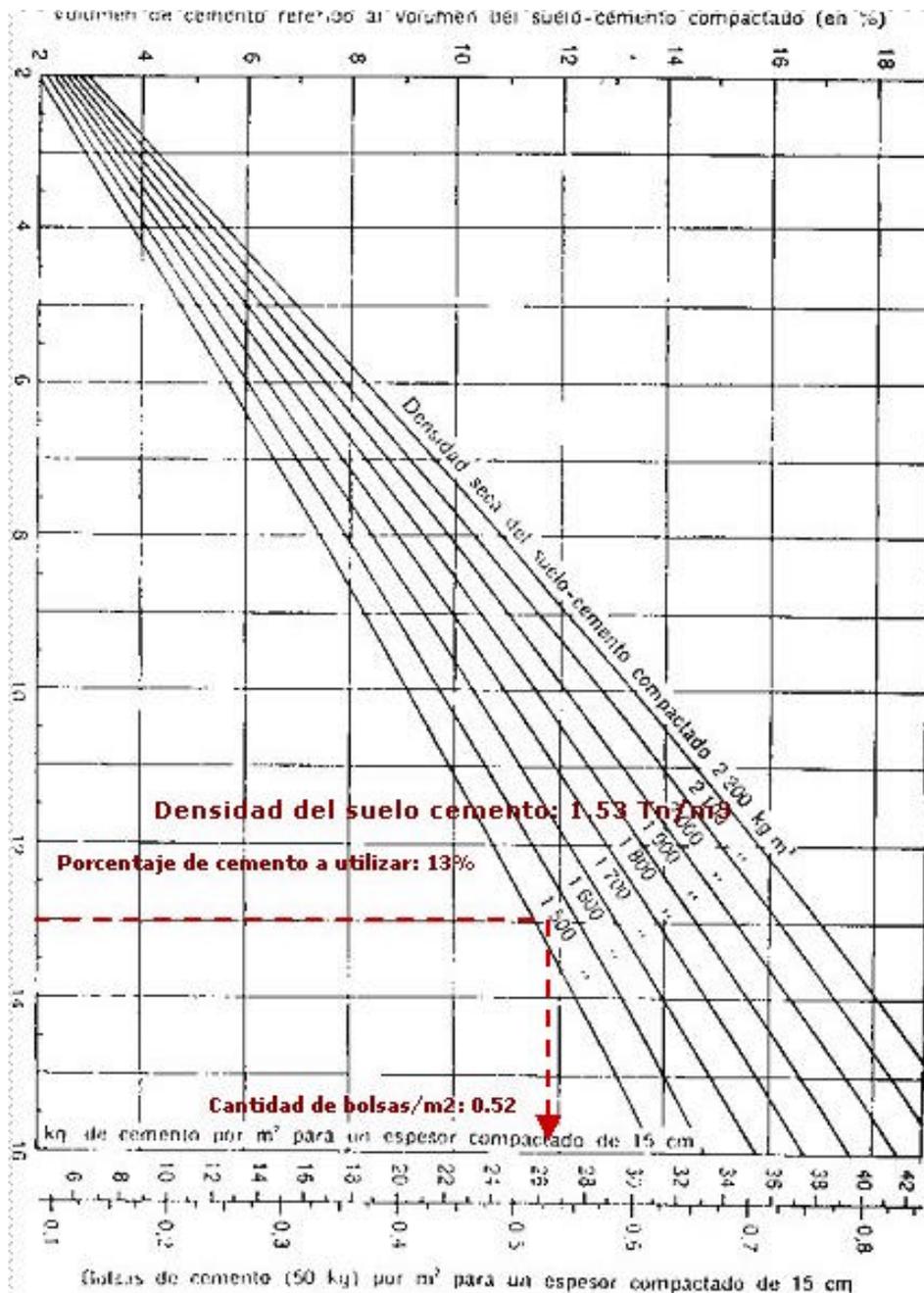
En una operación de extremo cuidado, deberá desparramarse con motoniveladora, el cemento sobre la subbase, en una capa lo más uniforme posible. De este modo se obtendrá, una distribución uniforme del cemento del tramo a construir en el día.

Otra variante que podría llegar a utilizar es proveyendo el cemento a granel con camiones tolvas que lo transportan desde la fábrica a la obra y volcándolo sobre distribuidoras mecánicas que son tolvas que mediante tornillos sinfines distribuyen el cemento a través de aberturas graduadas.

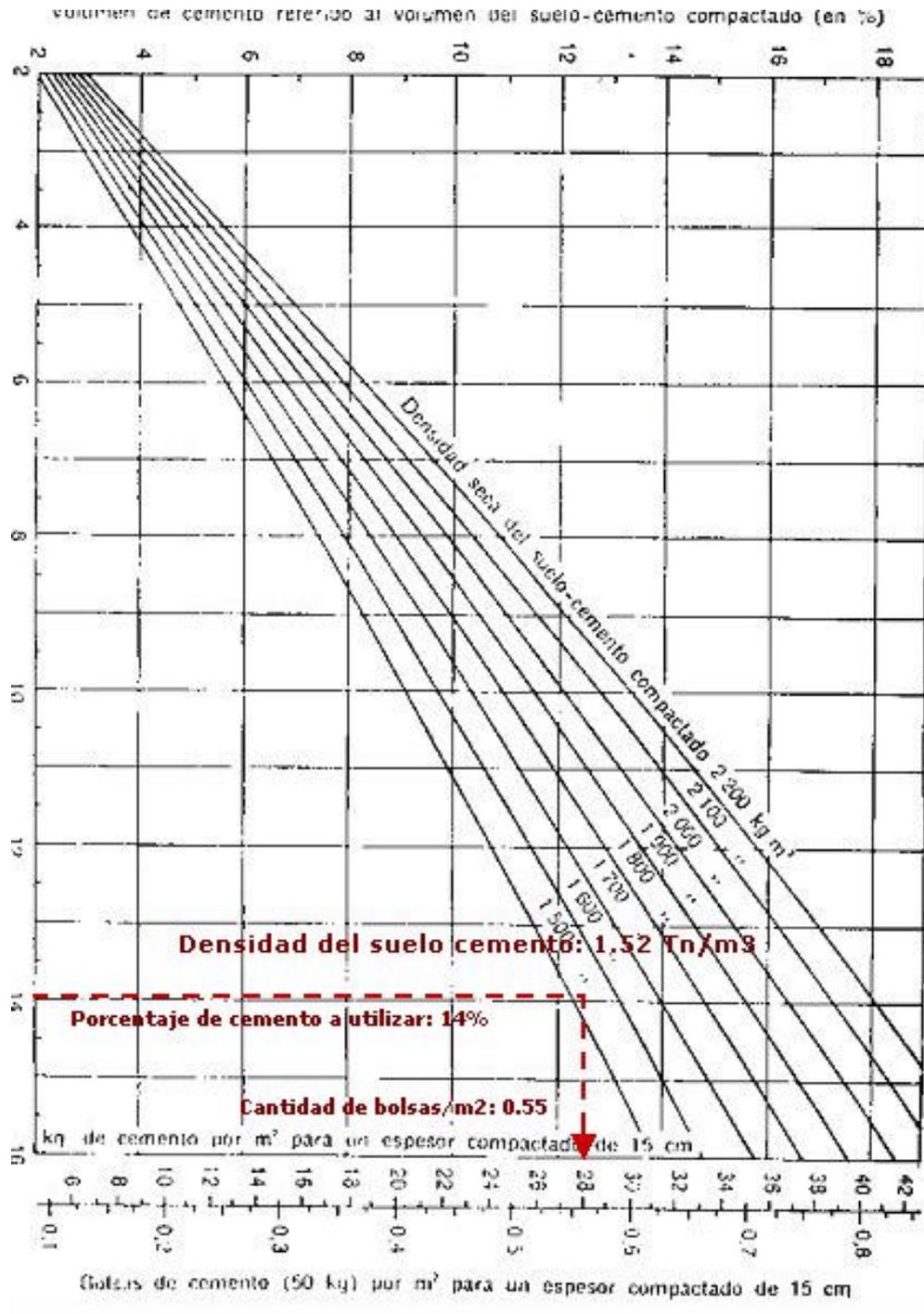
**Cálculo de cantidad de bolsas de cemento por metro lineal**

Datos Camino I y II

- ✘ Densidad del suelo cemento: 1.53 kg/cm<sup>3</sup>
- ✘ Espesor: 0.15m
- ✘ Porcentaje de cemento: 13%
- ✘ Ancho del camino: 8m



- ✘ Cantidad de bolsas de cemento por metro lineal: 4,16 bolsas/ml
- ✘ Cantidad de kilos de cemento por metro lineal: 208 kg/ml
- ✘ Cantidad de bolsas diarias (rendimiento: 600ml/día): 2496 bol.  
Datos Camino III y IV
- ✘ Densidad del suelo cemento: 1.524 kg/cm<sup>3</sup>
- ✘ Espesor: 0.15m
- ✘ Porcentaje de cemento: 14%
- ✘ Ancho del camino: 6m



- ✘ Cantidad de bolsas de cemento por metro lineal: 3.3 bolsas/ml
- ✘ Cantidad de kilos de cemento por metro lineal: 165 kg/ml
- ✘ Cantidad de bolsas diarias (rendimiento: 600ml/día): 1980 bol.



Abastecimiento del Cemento a la obra



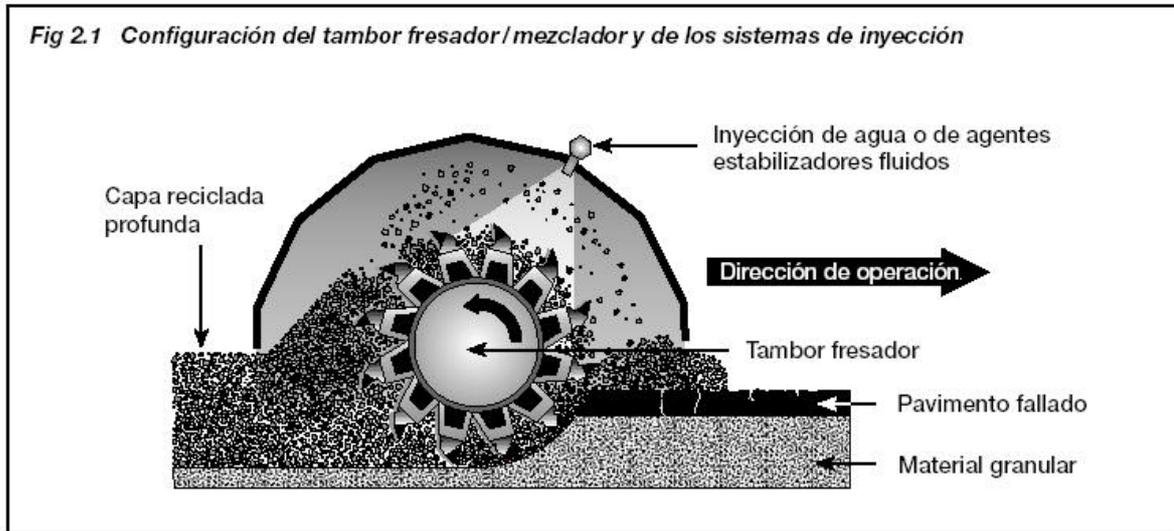
Distribución y cortado de las bolsas de Cemento sobre el camino

### 5.10 Funcionamiento de la Recicladora

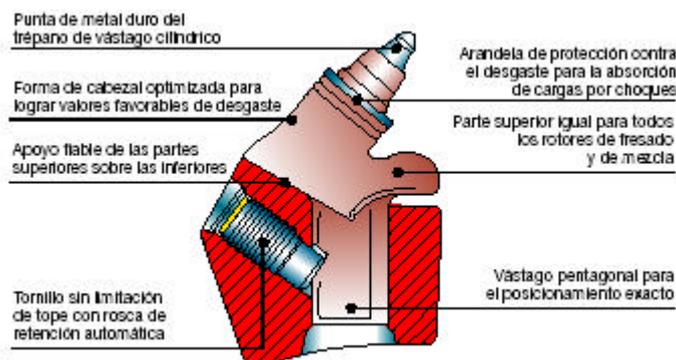


A través de los años se ha evolucionado constantemente, desde las máquinas fresadoras modificadas y estabilizadoras de suelos hasta las recicladoras especializadas actuales. Debido a que estas últimas están especialmente diseñadas para reciclar en una sola pasada capas de pavimento de gran espesor, las máquinas modernas tienden a ser grandes y potentes, y pueden estar montadas sobre orugas o sobre llantas neumáticas de alta flotación.

El corazón de estas máquinas es el tambor fresador /mezclador, el cual se encuentra equipado con numerosas herramientas especiales de corte. El tambor gira y fresa el material existente en la carretera, tal como se ilustra en la siguiente figura.



El rotor de fresado y de mezcla con portatrépanos recambiables.



### Herramienta de corte

A medida que tiene lugar el proceso de fresado, se envía el agua desde un tanque acoplado a la máquina recicladora, a través de una manguera flexible, y se inyecta dentro de la cámara de mezclado de la recicladora.

El agua se dosifica de manera precisa con un sistema de bombeo controlado por un microprocesador, y se mezcla con el material fresado para alcanzar el contenido óptimo de humedad de compactación.

Agentes estabilizadores fluidos, tales como lechadas de cemento/agua o emulsiones asfálticas, pueden introducirse directamente en la cámara de mezclado de manera individual o combinada. Así mismo, puede inyectarse asfalto espumado dentro de la cámara de mezclado mediante una barra irrigadora separada, especialmente diseñada para este propósito.

Delante de la máquina recicladora normalmente se ponen, sobre la superficie existente, agentes estabilizadores en polvo, tales como el cemento Pórtland. Al pasar la máquina sobre el polvo, lo mezcla con el agua dentro del material subyacente en una sola operación.

Desde la perspectiva de la construcción, los procedimientos de diseño proveen una definición clara de los dos requisitos más importantes para el reciclaje:

- Las especificaciones de calidad de los materiales en la totalidad de la capa reciclada; y
- El espesor de la capa reciclada.

Evidentemente, el desempeño del camino rehabilitado depende del cumplimiento de estos dos requisitos básicos; ellos representan suposiciones fundamentales que se hacen para predecir la vida del camino rehabilitado, y cualquier omisión o error en éstas puede dar como resultado una falla prematura.

Debido a la inmediatez de este tipo de trabajos, los proyectos de reciclaje necesitan un manejo apropiado.

Las máquinas modernas de reciclaje tienen un gran potencial en cuanto a su rendimiento, por lo que no es extraño que una sola máquina realice un kilómetro completo de vía rehabilitada en un día, aunque para efectos de planeación se utiliza normalmente un estimado más conservador de 5000 m<sup>2</sup>. Para obtener el máximo beneficio de este potencial, las operaciones de reciclaje deben manejarse con cuidado para asegurar que lo que se obtiene cumpla con los requerimientos especificados, supervisando que:

- Todos los aspectos del trabajo se analicen en detalle y se planeen meticulosamente;
- Los obstáculos al tren de reciclaje se identifiquen y remuevan a tiempo;
- La demanda de materiales (como los agentes estabilizadores) se satisfaga continuamente, y que éstos estén disponibles en el sitio de la obra a tiempo;
- La disponibilidad de la maquinaria esté garantizada mediante programas apropiados de mantenimiento preventivo;
- Los operarios y los supervisores estén entrenados adecuadamente y entiendan con claridad las diferentes facetas de la operación de reciclaje.

A continuación se profundiza en estos aspectos y se enfatiza en los temas vitales para crear un ambiente laboral productivo en las operaciones de reciclaje.

#### 5.10.1 Trabajos preliminares al reciclaje

Los trabajos preliminares al reciclaje deben realizarse a tiempo para permitir que la recicladora trabaje sin interrupciones. Detener el tren de reciclaje no solo consume tiempo valioso sino que también genera discontinuidades en el producto terminado. Al igual que las discontinuidades en otras operaciones constructivas (como la pavimentación con asfaltos), se crean áreas potenciales de falla en el camino; por esta razón deben evitarse, siempre que sea posible.

En los proyectos de reciclaje frecuentemente se requieren varios tipos de trabajos preliminares. Cada uno es considerado por separado en las siguientes secciones.

#### Conformación de la vía existente antes del reciclaje

Antes del reciclaje deben corregirse las superficies que están muy deterioradas, asegurando así que el espesor de la capa terminada sea uniforme (tanto transversal como longitudinalmente) luego de que se alcanzaron los niveles requeridos de la superficie con la motoniveladora, o con la terminadora. Esto resulta importante, en particular cuando la capa reciclada es relativamente delgada (<125 mm).

Las correcciones de la forma y de la sección transversal de la vía incluyen cambios en el bombeo (sobre elevación), así como ajustes menores a la pendiente general para atenuar irregularidades pronunciadas, tales como montículos y depresiones. Los fallos profundos y los ahuellamientos deben considerarse dentro de este tipo de irregularidades, pero los asentamientos mayores y las renivelaciones que superen el espesor de la capa reciclada tienen que corregirse importando material nuevo. La conformación preliminar de la superficie establece esencialmente su apariencia final, tanto transversal como longitudinalmente, antes del reciclado, asegurando así la integridad geométrica de la capa reciclada.

La conformación preliminar es relativamente fácil de alcanzar por uno o por la combinación de los siguientes métodos:

- Importando y extendiendo material sobre la superficie existente para lograr la forma requerida;
- Repasando el material de las capas superficiales del camino existente, utilizando una motoniveladora, para obtener la superficie requerida. Por lo general, este método tan sólo se utiliza en vías no pavimentadas, donde es relativamente fácil desprender y re TRABAJAR la capa existente, pero debe considerarse sólo donde hay una capa lo suficientemente gruesa de grava de buena calidad.

En nuestro caso realizaremos la segunda opción, salvo en casos particulares donde la subbase se encuentre en muy mal estado. En estos casos se removerá el área deteriorada y se reemplazará por suelo seleccionado.

Luego se realizará el trabajo de compactado y perfilado

### 5.10.2 La operación de reciclaje

Preparación del tren de reciclaje

El reciclaje sólo debe empezarse una vez que se hayan cumplido todos los requisitos preliminares. Éstos incluyen, en orden secuencial:

- Revisar detalladamente todas las máquinas y los equipos que se van a utilizar en la operación de reciclaje, incluyendo rodillos, máquinas extendedoras y carrotanques;
- Comprobar físicamente que la cantidad de agua o de agentes estabilizadores dentro de los diferentes carrotanques, esparcidores y mezcladoras sea suficiente para la longitud de corte programada.
- Conectar todas las mangueras de alimentación a la recicladora, sacar todo el aire del sistema y asegurarse de que todas las válvulas estén completamente abiertas; y
- Revisar que el operador de la recicladora posea toda la información concerniente a la tasa de aplicación de los agentes estabilizadores para que la digite en el computador, que tenga una línea guía clara en toda la longitud de corte y que entienda a la perfección los procedimientos para el inicio de la operación.

Las revisiones preliminares son rápidas y fáciles de realizar, y deben convertirse en una práctica rutinaria cada vez que comienza un turno de trabajo. Además de la revisión de la recicladora, también es aconsejable verificar que los operadores y los conductores de todas las máquinas y los vehículos entiendan claramente sus responsabilidades y lo que se espera que hagan para que la operación de reciclaje sea exitosa.

### El inicio

La primera sección reciclada de cada sitio debe asumirse como una práctica para determinar cómo se comportará el material del camino existente. Por lo general una sección inicial debe ser de aproximadamente 100 m y cubrir el ancho completo de carril o media calzada de la vía. Este trabajo les dará una idea a los operadores y a los supervisores de los tres aspectos más importantes en la operación de reciclado, a saber:

- La gradación del material reciclado. Debe revisarse el material producido por la recicladora para determinar si es similar al de las muestras que se utilizaron para el diseño de la mezcla en el laboratorio. Con un tamizado rápido puede determinarse si el diseño de mezcla es aplicable o no para la sección.

La velocidad de rotación del tambor reciclador y la velocidad de avance de la máquina influirán sobre la gradación del material reciclado. Además, la recicladora está dotada de un aditamento que puede ajustarse para limitar el tamaño máximo de las partículas.

Estos tres factores deberán variarse para encontrar la mejor combinación, con miras a lograr la gradación requerida.

- La compactación. Una de las variables más importantes en el desempeño final de una capa reciclada es la densidad del material compactado. Capas de gran espesor (> 250 mm) requieren frecuentemente técnicas especiales de densificación, y una sección inicial ofrece la oportunidad de evaluar la efectividad de diferentes métodos de compactación.
- Aumentos en el volumen. Las capas de caminos viejos ya fallados tienden a tener bajos contenidos de vacíos, y los materiales naturales (granulares) están, por lo regular, bastante densificados. El reciclaje de estos materiales produce normalmente un aumento en el volumen, que afecta los niveles finales de la capa terminada.

Medir el tiempo requerido para realizar una sección inicial de prueba brinda a los operadores, supervisores y directores una oportunidad ideal para experimentar y entender el comportamiento de los materiales, sin las presiones de las demandas en la producción.

### El Reciclaje

Rara vez se experimentan problemas durante la operación del reciclaje, cuando se siguen correctamente los procedimientos los procedimientos iniciales. De todas maneras, una vez que el tren de reciclaje esté

avanzando, deben hacerse una serie de revisiones continuas por parte de un supervisor experimentado para asegurar que el trabajo está dando los resultados requeridos.

Es importante prestar atención a ciertos detalles, especialmente:

- A la profundidad de corte a ambos lados de la recicladora;
- A que la recicladora siga la línea de corte establecida con el ancho de traslapo especificado;
- A que el contenido de humedad del material tratado sea suficiente para garantizar una apropiada compactación. Un supervisor experimentado puede determinar esto a simple vista; y
- A que el producto reciclado llene las expectativas. El viejo adagio «Si se ve bien, entonces está bien» puede aplicarse al reciclaje, así como a muchos otros procesos de construcción.

El tipo de agente estabilizador empleado determina la longitud ideal de corte que debe reciclarse antes de girar o dar reverso a la máquina para trabajar el corte adyacente. Cada uno tiene requerimientos diferentes. En nuestro caso, que trabajamos con cemento, normalmente se tratan secciones más cortas, permitiendo así que se pueda reciclar media calzada, nivelar, compactar y terminar la superficie antes de que el cemento haya tenido tiempo para hidratarse.

Hay que tener en cuenta dos puntos más en cuanto a la adición de agentes estabilizadores:

- El material fresado tiende a deslizarse por la pendiente cuando la recicladora está trabajando en una sección transversal a desnivel. Esta tendencia empieza a ser apreciable cuando la pendiente es de más del 2 % y es más pronunciada cuando se reciclan capas con espesores pequeños (< 150 mm). Es aconsejable utilizar una motoniveladora para regresar el material a su lugar antes de ejecutar el corte adyacente, manteniendo así la forma de la vía y asegurando una junta adecuada. En todo caso, cuando la pendiente transversal excede el 6 % la migración se vuelve excesiva, requiriendo así atención especial.
- El consumo real de agentes estabilizadores siempre debe revisarse físicamente, haciendo un reconocimiento de la cantidad de agente estabilizador colocado en el área tratada.

### 5.10.3 Compactación, perfilado superficial y terminado

La compactación se inicia con las pasadas de los rodillos pata de cabra vibratorios, comenzando por el borde del tramo y progresando hacia el centro de la calzada realizando esta operación cuantas veces sea necesario, para asegurar en todo el espesor la compacidad uniforme especificada.

Cuando hallamos compactado alrededor de las 2/3 partes del espesor final, se dará una pasada niveladora para obtener la conformación transversal preliminar de la calzada y la uniformidad del espesor de la mezcla.



Inmediatamente después de la pasada de la recicladora, un compactador vibratorio monotambor compacta la capa procesada.

Luego se prosiguen las pasadas de los rodillos pata de cabra, hasta tanto el espesor de la mezcla suelta sin mayor compactación, que mueven las patas del rodillo sean de unos 3 a 4 cm. En estas condiciones se retira el rodillo pata de cabra y nuevamente se verifica el contenido de humedad de la mezcla suelta, incorporándose humedad en caso de que su contenido sea inferior al óptimo. Todo ello efectuando riegos ligeros de agua con los camiones regadores.

En seguida se conforma nuevamente el perfil correcto de la calzada con la motoniveladora y se termina la compactación superficial de la mezcla, mediante pasadas de rodillo neumático.

La cantidad de pasadas tanto del rodillo pata de cabra como del neumático será la necesaria para compactar uniformemente y a la densidad especificada del tramo en construcción, en todo su ancho y espesor.

La experiencia nos indica que la superficie debe ser terminada con la humedad adecuada. Si es posible un poco mayor que la óptima, determinada por los ensayos, humedad densidad. Esto se debe al retardo que produce la iniciación y el desarrollo de la compactación, de éste modo todos los granos de suelo y cemento pueden unirse firmemente entre sí.

Las huellas o planos de compactación que dejen los equipos se removerán fácil y rápidamente con el paso de la motoniveladora.

Una vez realizadas estas operaciones se procede con la mayor prontitud posible (por la amplitud de la superficie construida, debemos contar con dos equipos completos de nivelación) al estaqueo de toda la

base, utilizando estacas de madera de 15 cm de largo, cuyas cabezas deberán estar a la cota determinada en el proyecto.

Generalmente se estaquea el centro y los bordes cada 10 m de longitud.

A medida que se avanza con el procedimiento anterior ingresa la motoniveladora, cortando y perfilando la superficie a punta de estaca.

Este proceso es sumamente delicado y el operador de la motoniveladora debe estar muy capacitado.

Una vez compensado los pequeños desniveles propios del proceso constructivo, vuelve a pasarse para la compactación fina el pata de cabra vibratorio y finalmente varias pasadas de rodillos neumáticos múltiples.

Es fundamental que todo este procedimiento de la ejecución del suelo-cemento, se desarrolle dentro del tiempo en que el cemento produce su reacción química, o sea disponemos de un tiempo limitado desde que el cemento es puesto en contacto con la humedad para realizar toda la operación.

Algunos pliegos de Vialidad han limitado todo el proceso a 6 horas.

En consecuencia debemos tener todo el equipo mecánico y el técnico adecuado para no superar este plazo, luego del cual ha comenzado el proceso de endurecimiento y allí la compactación y el corte de la cancha pueden resultar de mala calidad.

#### 5.10.4 Curado

Una vez terminadas las operaciones constructivas propiamente dichas debe realizarse el curado del suelo cemento para evitar las pérdidas de humedad durante el período de endurecimiento del material, que tiene especial significación durante los primeros siete días. Con esta finalidad puede cubrirse el suelo cemento con una capa de suelo de 5cm de espesor. Estas cubiertas se humedecerán inicialmente y se las mantendrá permanentemente en ese estado durante los siete días.

Otro procedimiento de curado puede obtenerse mediante riegos periódicos de agua, que saturan superficialmente al suelo cemento, a razón de dos a tres por día, durante siete días, dependiendo de las condiciones climáticas en ese lapso.

El método más recomendable es cubrir la superficie con material bituminoso. Con esta finalidad pueden usarse asfaltos diluidos de endurecimiento medio o rápido, o emulsiones asfálticas. Los riegos en ningún caso superarán la cantidad de un litro por metro cuadrado de superficie a regar.

Inmediatamente de finalizada las operaciones de terminación superficial se procederá a barrer la superficie y a continuación a regar con agua, saturando los vacíos mientras esa superficie se mantiene brillante por el agua regada.

De este modo se evita la penetración del asfalto, que puede impermeabilizar partículas de cemento que aún no se han hidratado, lo que impediría el endurecimiento de la capa superficial. El riego en estas condiciones permitirá que el asfalto se adhiera firmemente al suelo cemento sin penetrar.

Después de los siete días puede permitirse el tránsito sobre la calzada siempre que haya endurecido en la medida necesaria para que los vehículos no la deterioren.

#### 5.10.5 Control de calidad

En las secciones anteriores se ha mencionado bastante sobre el control al proceso de reciclaje. Obviamente, la calidad del producto final depende de la correcta ejecución del proceso, de la incorporación de los aditivos requeridos en las cantidades adecuadas y, por último, de la correcta colocación, compactación y terminado del material tratado.

Una vez finalizado el proceso, es necesario que se realicen ensayos de control de calidad, con el propósito de determinar si el material reciclado se comportará de acuerdo con lo esperado, y si se alcanzará la capacidad estructural (o período de diseño) del pavimento rehabilitado. Los requerimientos de calidad están normalmente reunidos en un conjunto de especificaciones propias del proyecto que indican con claridad los criterios de aceptación. Los resultados de los ensayos probarán si el producto cumple con los criterios de aceptación, permitiendo que el contratista trabaje con confianza, o resaltarán las áreas con problemas, permitiendo que los esfuerzos se enfoquen en su solución inmediata.

La calidad del trabajo terminado se determina a partir de los resultados de los ensayos que muestran:

- La resistencia relevante del material en la capa reciclada. Ésta puede determinarse indirectamente, haciendo ensayos de laboratorio sobre muestras de material mezclado y dejado atrás por la recicladora, o directamente, estableciendo la resistencia real de núcleos tomados de la vía. Debido a la inevitable demora entre el terminado y la toma de núcleos, se prefiere el método indirecto.

Los núcleos sólo pueden tomarse una vez que el material ha alcanzado suficiente resistencia, lo cual produce un retraso, mientras que los resultados de los ensayos realizados sobre muestras tomadas del material dejado por la recicladora pueden obtenerse en unos pocos días.

- La densidad seca del material compactado. Aunque la medida de la densidad en el terreno es el ensayo frecuentemente ejecutado en las obras, deben tenerse en cuenta los siguientes puntos:
  - el nivel requerido de compactación siempre se especifica y determina en función de la «densidad relativa». Éste es la medida de la densidad seca en el terreno, expresada como porcentaje de la «densidad seca máxima» teórica (DSM). La DSM no es una propiedad del material, sino la densidad que el material logra cuando se somete a una energía de compactación estándar, aplicada cuando tiene el contenido óptimo de humedad. Existen diferentes estándares de energía de compactación utilizados alrededor del mundo, siendo los más comunes:
    - el «Proctor Normal», que se ejecuta de acuerdo con la norma VN-E5 Tipo I o IV, que usa un martillo de 2,495 kg (5,5 lb), con una altura de caída de 30,48 cm (12 in) por golpe, o el «Proctor Modificado», que se describe en la norma VN-E5 Tipo II o V, que usa un martillo de 4,583 kg (10 lb), con una altura de caída de 45,72 cm (18 in) por golpe.



Pisón y Molde para el Proctor Normal y Modificado

Ya que la energía de compactación es diferente para cada estándar, la DSM también será diferente. Resulta entonces fundamental determinar cuál estándar se va a utilizar.

- El material reciclado puede variar de manera significativa, tanto transversal (a menudo como resultado de operaciones de ensanchado anteriores), como longitudinalmente, debido sobre todo a las diversas fuentes de material utilizadas en la construcción original. Hay que tener cuidado entonces al seleccionar la DSM. Cuando exista duda al respecto, deben tomarse muestras adicionales para determinar la DSM del material para cada zona.
- Los densímetros nucleares se utilizan comúnmente en obra para determinar la densidad. Alternativamente, se puede utilizar el método del cono y la arena (ASTM D1556, o AASHTO T191).
  - El espesor de la capa terminada. Esta es una de las dos variables críticas que afectan el desempeño a largo plazo de la capa estabilizada. (La otra es la respuesta del material a la repetición de cargas, supuesta a partir de las características de resistencia y densidad ya descritas.) El espesor es usualmente revisado por medidas físicas. Con núcleos pequeños o perforaciones de ensayo puede obtenerse evidencia visual del espesor de la capa, cuando se ha utilizado un densímetro nuclear.

Una vez explicado el procedimiento tanto de la subbase como de la base, se procede a cuantificar las máquinas, personal y provisiones necesarias para su realización.

## 5.11 Cuantificación de la Obra

### 5.11.1 CAMINO I y II

#### A) Emparejamiento y recompactación de la superficie existente

Equipamiento:

- ✂ 2 motoniveladoras
- ✂ 2 pala cargadoras
- ✂ 6 camiones volcadores chicos
- ✂ 2 compactador pata de cabra vibratorios
- ✂ 2 retro
- ✂ 1 regador de agua

Rendimiento: 600ml/día

La provisión de tosca para saneamiento y abovedamiento será de 0.6m<sup>3</sup>firmer/ml

Personal:

- ✘ 1 equipo técnico de medición y control
- ✘ 18 oficiales especializados
- ✘ 6 ayudantes
- ✘ 6 oficiales

## **B) Construcción de suelo cemento**

Equipamiento

- ✘ 1 Reclamador (Ver anexo 3)
- ✘ 3 motoniveladoras
- ✘ 3 compactadores vibratorios
- ✘ 1 rodillo neumático
- ✘ 2 regadores de agua
- § 1 regador de asfalto

Rendimiento: 600ml/día

Materiales:

- ✘ 2496 bolsas por día de cemento
- Riego asfáltico: 2400 litros E.R.1 por día

Personal:

- ✘ 2 equipos técnicos de medición y control
- ✘ 12 oficiales especializados
- ✘ 8 oficiales
- ✘ 12 ayudantes

### **5.11.2 CAMINO III y IV**

#### **A) Emparejamiento y recompactación de la superficie existente**

Equipamiento:

- ✘ 2 motoniveladoras
- ✘ 2 palas cargadoras
- ✘ 6 camiones volcadores chicos
- ✘ 2 compactador pata de cabra vibratorio
- ✘ 2 retroexcavadoras
- ✘ 1 regador de agua

Rendimiento: 600ml/día

La provisión de tosca para saneamiento y abovedamiento será de: 0.5m<sup>3</sup>firmer/ml

Personal:

- ✘ 1 equipo técnico de medición y control
- ✘ 18 oficiales especializados
- ✘ 6 ayudantes
- ✘ 6 oficiales

#### **B) Construcción de suelo cemento**

Equipamiento:

- ✘ 1 Reclamador
- ✘ 3 motoniveladoras
- ✘ 2 compactadores pata de cabra vibratorios
- ✘ 1 rodillo neumático
- ✘ 2 regadores de agua
- ✘ 1 regador de asfalto

Rendimiento: 600ml/día

Materiales:

- ✘ 1980 bolsas por día de cemento
- ✘ Riego asfáltico: 1800l de E.R.1 por día

Personal:

- ✘ 2 equipos técnicos de medición y control
- ✘ 12 oficiales especializados

- ✍ 8 oficiales
- ✍ 10 ayudantes

### 5.11.3 MANTENIMIENTO

El plan de mantenimiento a aplicar debe contar con el siguiente equipo y dispuesto exclusivamente para esta tarea y para estas trazas:

- ✍ 1 motoniveladora
- ✍ 1 rodillo neumático
- ✍ 1 rodillo pata de cabra vibratorio
- ✍ 1 regador de agua
- ✍ 1 retroexcavadora chica
- ✍ 2 camiones volcadores

#### 1er y 2do Año:

Se recorrerá toda la traza 1 vez por año.

El mantenimiento consta de un perfilado suave de la calzada con motoniveladora y posterior sellado de la base con rodillo neumático.

Bacheo de los lugares con fallas estructurales.

El rendimiento con este equipo es de 5km por día.

La tosca necesaria para reemplazar suelos no aptos será de 100 m<sup>3</sup> durante todo el año.

#### 3er y 4to Año:

Se harán dos pasadas anuales con el mismo rendimiento de los años anteriores.

La tosca necesaria durante todo el año será de 200m<sup>3</sup>.

#### 5to Año

Se hará cada 6 meses con un rendimiento de 3km por día.

La tosca necesaria durante todo el año será de 500m<sup>3</sup>.

## Capítulo VI. Costos

Para obtener el costo total de toda la construcción de las nuevas bases y el costo del mantenimiento, se tomará en cuenta los siguientes items:

1. Equipos
    - a. Amortización
    - b. Intereses
    - c. Reparaciones y repuestos
    - d. Consumo de combustibles
    - e. Consumo de lubricantes
  2. Mano de Obra
    - a. Personal especializado
    - b. Oficiales
    - c. Ayudantes
    - d. Equipo profesional
  3. Materiales
    - a. Precio de materiales en yacimiento
    - b. Precio de materiales a pie de obra
  4. Transportes
    - a. De los materiales de yacimientos a obra
    - b. De los materiales elaborados al lugar de colocación
  5. Gastos Generales y Seguros
- Aclaremos los siguientes puntos:

### 6.1 Equipos

En cada una de las tareas determinaremos la cantidad y calidad de los equipos necesarios. De cada uno se obtiene el valor de compra (en pesos), su vida útil (en horas), su rendimiento anual (horas/año), su valor residual (en pesos), su potencia (en HP), el tipo de combustible que consume, el consumo horario (litros/hora), las reparaciones y repuestos fijadas en un porcentaje de la amortización (en pesos) y los lubricantes fijados en un porcentaje de los combustibles (en pesos/hora).

### 1.A – Amortización

La amortización de un equipo, es el porcentaje de depreciación de un bien de uso a lo largo del ejercicio, es decir el desgaste que sufre el mismo en el período estudiado.

Esta se obtiene de dividir la diferencia entre el valor de compra y el residual sobre la cantidad de horas totales de uso. Se estima que al final de éste periodo uno puede obtener por el equipo amortizado un valor residual de venta. Adoptaremos ese valor igual al 10% del valor original del equipo.

$$Amort = \frac{Ve - Vr}{Vu} = \frac{Ve - (1 - 0.10)Ve}{Vu} = \frac{0.90Ve}{Vu}$$

### 1.B- Intereses

Si uno en lugar de comprar el equipo pusiera el dinero en el banco a un interés razonable, obtendría un beneficio que uno no puede usarlo porque con ese dinero compró el equipo. Es decir, éste es el costo de oportunidad.

Se ha fijado arbitrariamente un interés del 10% anual sobre saldos y una utilización anual de los equipos de 2.000 horas por año.

Los interés se obtiene de aplicar el porcentaje anual al valor neto del equipo y dividirlo por el uso anual del mismo:

$$Int = \frac{Ve * 10\%}{Ua}$$

### 1.C Reparación y Repuestos

Por usos y costumbres se adopta un costo de reparaciones y repuestos para cada equipo igual a la mitad de la amortización del mismo.

$$R \& R = \frac{Amort}{2}$$

### 1.D - Consumo de combustibles

Para determinar el consumo de las máquinas viales, aplicaremos una fórmula que se puede utilizar en aquellas cuya motorización es a gas-oil.

$$C.comb = \frac{0.16ltr}{HP * hr}$$

Para cada equipo multiplicaremos ese valor empírico por la potencia expresada en HP y con ello obtendremos el consumo horario.

### 1.E – Consumo de Lubricantes

Para determinar el consumo de lubricantes se suele utilizar un porcentaje del consumo de combustibles. Usualmente se estima en el 30%.

$$C.lub = 30\% * C.comb$$

## 6.2 Mano de Obra

La mano de obra se ha categorizado según las tareas que realizan, en Oficiales Especializados, Oficiales, Medio Oficiales y Ayudantes. Además también hay un equipo de control que está compuesto por un Ingeniero y 3 técnicos ayudantes.

Para cada una de las tareas a realizar se fijó la cantidad y calidad de la mano de obra a realizar.

Sobre el Salario Horario estipulado en los convenios laborales se debe adicionar el 20% correspondiente al premio por asistencia obteniéndose el Jornal Directo.

Sobre éste, se aplican las Mejoras Sociales (95%) así como también el Seguro Obrero (30%), formando la suma de todo ello el Jornal Total.

Por último se debe adicionar en concepto de Varios un porcentaje del 50% en concepto de horas extras, premios por productividad, vigilancia, seguro extraordinario, traslado de personal, etc.

### 6.3 Materiales

Uno de los materiales fundamentales a analizar en este emprendimiento es la Tosca por la cantidad que debemos utilizar y por la calidad del material que podemos obtener en la zona.

A unos 7km del centro urbano de Arrecifes se han desarrollado explotaciones tosqueras donde se obtienen materiales clasificados de muy buena calidad y que abastecen a toda la zona de influencia.

Estas tosqueras están a cargo de particulares que proveen el material sobre camión medidos en m<sup>3</sup>.

El precio es uniforme en cada yacimiento: 4 \$/m<sup>3</sup> suelto.

Otro de los materiales a utilizar es el cemento, que proviene de las grandes fábricas de Olavarría. Es provisto a pie de obra en bolsas de 50kg a un costo de \$ 11,50 la unidad.

Para los riegos de curado del suelo-cemento utilizaremos riegos asfálticos de corte rápido, que proveen al estabilizado un film para que el mismo no pierda la humedad tan necesaria en el proceso químico.

Estos riegos son el producto de combinar cemento asfáltico con solventes de rápida volatilización. El riego de curado se coloca a razón de 0.5 l/m<sup>2</sup>.

Ambos asfaltos diluidos de corte rápido y lento son provistos por la petrolera a pie de obra con camiones tanque. Los materiales se trasvasan a los regadores asfálticos, para ser distribuidos sobre el camino.

El costo de los mismo es de 0,60 \$/l.

### 6.4 Transporte

El principal material a transportar es la tosca, desde el yacimiento hasta su lugar de deposición.

Este flete se hará con camiones tipo batea que transportan en cada viaje alrededor de 25 m<sup>3</sup> de tosca suelta. El flete para este tipo de trabajo tiene un costo unitario de 0.15 \$/m<sup>3</sup> km.

La limpieza de las cunetas transversales y longitudinales y los saneamientos se realizarán extrayendo el suelo no apto y transportándolo a los lugares bajos determinados en el proyecto. Este transporte se realiza con camiones volcadores chicos, calculando una distancia media de transporte de 10km y un costo unitario de 0.20 \$/m<sup>3</sup> km.

## VER PLANILLAS DE COSTOS

## Capítulo VII. Financiación

Realizar la financiación teórica de un proyecto de semejante envergadura, en las condiciones actuales que se encuentra el país, se torna extremadamente complejo, no por la imposibilidad de realizarlo, sino que por nunca se contará con la certeza en cuanto a la participación de los financistas.

Para tener una mayor seguridad al respecto, éste proyecto primero debería contar con el apoyo real de los Entes Estatales y luego recién comenzar las charlas con los financistas.

Debido a ello, de ahora en adelante se tomará a cada participante, es decir, inversor, beneficiario y entes estatales, como si su intervención ya estuviera concretada.

Para evitar realizar un «Financiamiento teórico irreal» se tomaron diversas consideraciones que lo acercan más a la realidad.

Por un lado se tomaron diversos proyectos realizados, con objetivos diferentes pero montos semejantes, y se realizó un análisis de los grupos intervinientes. De allí surgió la idea de proponer como financista al BID (Banco Interamericano de Desarrollo) o al Banco Mundial, que son una excepción dentro de los entes internacionales, ya que todo el resto no le provee de créditos a la Argentina.

Estas entidades suelen prestar dinero para inversiones particulares, en las cuales los beneficiados sean exclusivamente la población. Casos semejantes se encuentran en proyectos de Ingeniería Vial, Hidráulica y en otras diferentes ramas como Derecho, donde se han financiado centros para el acceso a la justicia de poblaciones «aisladas».

Con lo cual, se podría considerar a estas entidades como posibles inversionistas.

Además también se encuentra el caso de las AFJPs, que suelen colocar el dinero recibidos de las jubilaciones en diferentes inversiones.

Debido a que la obra tiene un retorno prácticamente asegurado de la inversión, se las podría tentar muy fácilmente.

Cuando se hace referencia al seguro retorno de la inversión, significa que ella será devuelta como ya fue explicada en «Moneda Campo», y actualmente no se encuentra mejor inversión que el agro. Además, se evita una posible depreciación del dinero ya que la Moneda Campo esta constituida por commoditys como el de la carne y el cereal.

Por otro lado, debido a que este es un proyecto de interés multisectorial, es probable que en el financiamiento intervengan no solo las entidades preparadas para tal fin, sino que es posible obtener financiamiento de parte de las Constructoras y de las empresas que proveen los materiales más importantes.

En nuestro caso, el mejoramiento de los caminos en cuestión importan una inversión de \$ 5.284.773 y un mantenimiento a lo largo de 5 años de \$ 576.248.

De acuerdo a nuestros análisis de precios podemos estimar que la cantidad de cemento a proveer por las cementeras importa la suma de \$ 2.770.000. El resto hasta llegar al monto total, es el costo de obra propiamente dicho a ejecutar por una empresa constructora.

Debido a la escala relativamente importante de este trabajo y a la posibilidad de que este plan se extienda a otras zonas del partido o a otros partidos de la provincia, es meritorio solicitarle a la posible empresa proveedora de cemento y a la posible empresa constructora, que financie una parte del costo, cobrando por supuesto, los intereses similares a los que cobran las entidades dispuestas para tal fin.

En nuestro análisis hemos supuesto que las empresas cementeras, (generalmente empresas de gran volumen de facturación y muy reconocidas en el mercado) podrían financiar el 20% del costo total de la provisión.

En el caso de las empresas constructoras (todavía saliendo de la crisis de los últimos dos años) podemos suponer que financien un 10% del total de su contrato.

En la primer parte de la planilla adjunta (VER), se detalla cuales serían los montos del contrato de la constructora, por la ejecución de la obra y su mantenimiento, y el de la Cementera por la provisión de cemento.

En columna aparte se colocaron los montos a financiar por una y otra. Estas cantidades serán abonadas en 10 cuotas semestrales, junto con los intereses correspondientes, a una tasa del 12% anual.

En la segunda parte de la planilla se detalla quienes son los entes que se harán cargo del pago de las obras y su mantenimiento.

La Municipalidad aportará para el emprendimiento, un 70% de la Tasa Vial que recibe de los vecinos involucrados en el proyecto.

Actualmente la Tasa Vial asciende a 8.64 \$/Ha x año.

Esto quiere decir que el vecino paga el 100% de la Tasa Vial, pero de ello el 70% la Municipalidad la girará en tiempo y forma al Fideicomiso para que este pague las obras. Los fondos correspondientes al 30% restante serán utilizados por la Municipalidad para mantener los pequeños caminos vecinales que acceden a los caminos mejorados.

Como resultado de lo anterior se obtiene que el dinero aportado por la Municipalidad a lo largo de los 5 años será de \$1.164.213.

La Provincia podría aportar el 40% de lo que recauda en concepto de Impuesto Inmobiliario Rural. Actualmente cobra aproximadamente 34 \$/Ha. X año.

Esto quiere decir que el Estado Provincial aportará \$ 2.624.286 a lo largo de los 5 años que dura el proyecto.

Como el total del emprendimiento en sus etapas de mejoramiento y mantenimiento asciende a \$ 6.0383.924 y los aporte municipales y provinciales ascienden a \$ 3.788.499, los productores tendrán que aportar la diferencia del capital más los intereses de los financiamientos.

En la tercer parte se detallan los Egresos e Ingresos que tendrá el Fideicomiso.

La parte de Egresos estará constituida por las Cementeras y la Constructora.

Las Cementeras cobrarán el 80% del monto de su provisión a lo largo del año que dura la construcción de la obra. El resto será financiado en 10 cuotas semestrales iguales y consecutivas, más el interés devengado desde el momento de terminada la provisión hasta el efectivo cobro de las cuotas.

Al igual que las anteriores, la Constructora, recibirá el 90% de su paga en el año que dura la obra y el resto tendrá el mismo financiamiento que las Cementeras.

A su vez también recibirá los intereses devengados, más el cobro correspondiente por el mantenimiento que se realizará durante los 5 años.

La parte de Ingresos, como ya fue explicado contará con el aporte de los Entes Municipales (vía Tasa Municipal) y Provinciales (vía Imp. Inmobiliario), además de los aportes de los Productores.

Éstos últimos abonaran el capital necesario restante más los intereses que se generen debido al financiamiento realizado.

En la cuarta parte figura el saldo parcial y acumulado, que es la diferencia entre los egresos que el Fideicomiso realiza para solventar las obras y los Ingresos.

Sobre ellos se calcula el interés devengado que será pagado a una tasa del 12%. Éstos intereses son los que se le abona al ente financista (BID, Banco Mundial o AFJP).

Además se encuentran los intereses que se deben abonar a la Cementera y Constructora por el financiamiento en 10 cuotas de parte de su pago.

Una vez realizados todos los cálculos de Capital e Intereses, se pasa a la parte más clara e importante de este punto, ¿Cuánto y cómo deben abonar los productores?.

Ello se observa en la quinta parte de la planilla. En ella, se han realizado los cálculos por Ha. y por año, dando una cuota anual promedio de **\$ 16.09**.

Por último agregamos en la planilla los lapsos de pago del dinero a cada ente participante.

Si consideramos que la Tasa Vial es de aproximadamente 8.64 \$/Ha. x año, abonando el triple de esta tasa se obtiene un camino de gran calidad y utilizable en cualquier condición climatológica.

Este precio puede ser considerado alto por gente no familiarizada con la zona, pero si comparamos con:

≈ 3500 dólares el valor de una hectárea

≈ 4000 pesos por hectárea realizando una cosecha de soja durante los primeros seis meses y una de trigo de segunda calidad durante los 6 restante

nos damos cuenta muy rápidamente que invertir \$16.09 anuales por hectárea no representa un costo significativo, obteniendo a cambio una red de caminos transitable durante todo el año.

### 7.1 Marco Legal del Financiamiento

Se debe crear un Fideicomiso financiero y por concurso o por algún método similar, elegir un Banco o alguna entidad creada al efecto que actuaría como Fideicomisario Administrador.

Habría que armar un acuerdo «Marco» en el que se establezcan los deberes y derechos de cada una de las partes involucradas.

A continuación debería promulgarse una Ordenanza Municipal en la cual la Municipalidad cede los derechos al Fideicomiso en la implementación del acuerdo Marco.

Luego se crearía un Registro de Oposición, poniendo a conocimiento a los productores de lo que deberán pagar. Si prevalece la oposición los caminos no se harán.

Luego se firmará el Contrato de Fideicomiso y designación del Ente Fideicomisario.

Finalmente se publicará en el Boletín Oficial toda la parte legal antedicha incluyendo los de costos de obra y forma de financiación.

### 7.2 Estructura del Financiamiento

A continuación se desarrollan los pasos a seguir para concretar el financiamiento de la obra, dentro del marco legal antes descripto.

1. La Municipalidad de Arrecifes le cede al Fideicomiso los derechos de cobro y ejecución por el «Costo por Mejoras», es decir, el «dinero» que abonarán los productores por la obra a realizar irá directamente al Fideicomiso.
2. El Fideicomiso emitirá Títulos llamados «A» que se los entregará a cada uno de los Inversores. En ellos figurará el Capital e Intereses a recibir.
3. Los Inversores le entregarán el dinero al Fideicomiso, con el cual este financiará la obra.
4. La Empresa Constructora le entregará los Certificados parciales y totales a la Municipalidad, mediante los cuales irá cobrando según el avance de obra realizado.
5. La Municipalidad será la encargada del Control Técnico de la obra y en caso de que se supere estos controles, se encargará de aprobar y remitir los certificados al Fideicomiso.
6. El Fideicomiso, una vez que recibió los certificados aprobados, emitirá el pago a la Empresa Constructora.
7. A su vez el Fideicomiso le entregará la «Boleta» a los Productores, donde figurará el costo de la obra y los aportes que deben realizar cada uno de ellos en concepto de «Costos por Mejoras».
8. Los Productores/Entes Contribuyentes le remitirán el pago al Fideicomiso. El pago realizado en cuotas a lo largo de 5 años, solventará no solo el Costo de la obra sino también el financiamiento brindado por los Inversores.
9. Por último el Fideicomiso, con el «dinero» entregado por los Productores y Entes Municipal y Provincial irá devolviendo el préstamo a los Inversores.

De forma resumida podemos observar todos estos pasos en el gráfico siguiente.



## Capítulo VIII. Conclusión

Luego de haber desarrollado todo el tema, se debe realizar una valoración, tanto técnica como económica.

La primer comparación que realizaremos será entre los dos métodos utilizados, el entoscado y el reciclado con suelo cemento.

Es evidente que de realizar una inversión como la que propongo, se deben cumplir todos los objetivos propuestos, ya sea, caminos con una resistencia adecuada, estables en el tiempo, con bajo mantenimiento y utilizables los 365 días del año.

Lamentablemente el entoscado no cumple las últimas dos premisas, ya que como puede observarse, el costo del mantenimiento es aproximadamente 5 veces mayor respecto del suelo cemento, y no debe perderse de vista, que aunque se realice el mantenimiento descrito, durante los días de lluvia, al saturarse la tosca, ésta disminuye sus parámetros resistentes, transformándose nuevamente en un camino intransitable.

Debido a lo antes expuesto nos debemos volcar definitivamente a la solución del reciclado con suelo cemento, ya que posee grandes ventajas tanto técnicas como económicas.

Las ventajas técnicas son claras y esperanzadoras en el sentido de que se dispone en la actualidad de la **maquinaria adecuada** para garantizar la homogeneidad de la mezcla en espesores mayores a los usuales, de manera que pueden realizarse suelos-cemento que superen holgadamente los requerimientos exigidos en los Pliegos de Especificaciones Técnicas. Incluso puede mejorarse en algunos casos la calidad del material respecto a los suelos-cemento elaborados en planta central, ya que conseguimos la humedad óptima del Proctor en el momento de su extendido, no teniéndose los problemas de evaporaciones que en la fabricación en Planta Central pueden producirse, debido a transportes largos o a la falta de protección de la carga en los camiones durante las épocas cálidas.

Además no se incluye en la comparación los costos por las menores molestias sufridas por los usuarios debido a la velocidad del procedimiento constructivo; a la menor degradación de la red al disminuir el transporte de materiales; a la conservación de los recursos naturales, etc, ítems estos que aunque no tienen una incidencia directa en el presupuesto de la obra, deberían ser evaluados y considerados por los Entes Administraciones.

El reciclado es ya una alternativa más a considerar en cualquier proyecto de rehabilitación de pavimentos o suelos naturales.

Es importante tener en cuenta que no debe reciclarse simplemente porque es una aplicación «ecológi-

ca», sino porque es técnicamente adecuado y a parte de él se derivan ventajas económicas tanto para los beneficiarios, como a las empresas y a la Administración. El posible interés del reciclado debe examinarse caso a caso, analizando muy cuidadosamente las distintas posibilidades.

A pesar del interés técnico del reciclado y de la economía que se suele conseguir en los precios de la obra, actualmente es poco considerado como alternativa en los proyectos de rehabilitación de carreteras en nuestro país. La principal razón puede encontrarse en la escasa promoción de la aplicación por parte de las Administraciones de carreteras, existiendo hasta hoy en día una gran resistencia por parte de algunas a la utilización de un producto del cual se desconoce su verdadera potencialidad. Sin embargo es importante señalar que en las obras donde se ha utilizado este método, ha tenido un éxito tal, que se lo está incorporando como una de las principales soluciones para la rehabilitación futura de caminos.

La falta de normativa y soporte técnico también influye negativamente. Se necesita para los reciclados in situ tanto, nuevas especificaciones técnicas, como sistemas de dosificación y de control de calidad y especialmente métodos de dimensionamiento de refuerzos basados en el reciclado.

Una vez realizada la conclusión técnica de nuestro proyecto comentaremos la parte económica quizás tan o más importante que la anterior.

Que difícil se vuelve justificar un proyecto de más de \$ 6.000.000 en la Argentina de hoy. Un número de tantas cifras asustaría a cualquiera, desde el productor, hasta los Entes Municipales y Provinciales.

Pero si alguno de ellos se pone a pensar por un minuto en las grandes ventajas que trae aparejado este proyecto para el Municipio de Arrecifes, las cifras se comienzan a tornar más discutibles.

Cuando al productor se le aclara que no tendrá que invertir millones, sino solo \$16.09 por año y hectárea y a cambio de ello tendrá más de 60Km en perfecto estado a lo largo de 5 años, disminuyendo sus costos de transporte; permitiéndole extraer sus productos los 365 días del año; evitando el desgaste que sufren los camiones y máquinas, etc, y luego se comparara ese gasto con las ganancias que le producen sus cosechas, esta cifra se vuelve casi insignificante y los beneficios cada vez mayores.

Cuando al Municipio se le aclara que él tampoco deberá invertir millones sino solo ceder el 70% de un Impuesto a cambio de tener caminos con un mantenimiento mucho menor al actual y una calidad claramente superior, que no solo beneficiará a los productores, sino que unirá centros de salud, de educación y deportivos, es decir producirá un beneficio social a toda la comunidad de Arrecifes, la cesión parcial de este impuesto no será un impedimento sino una gran ventaja.

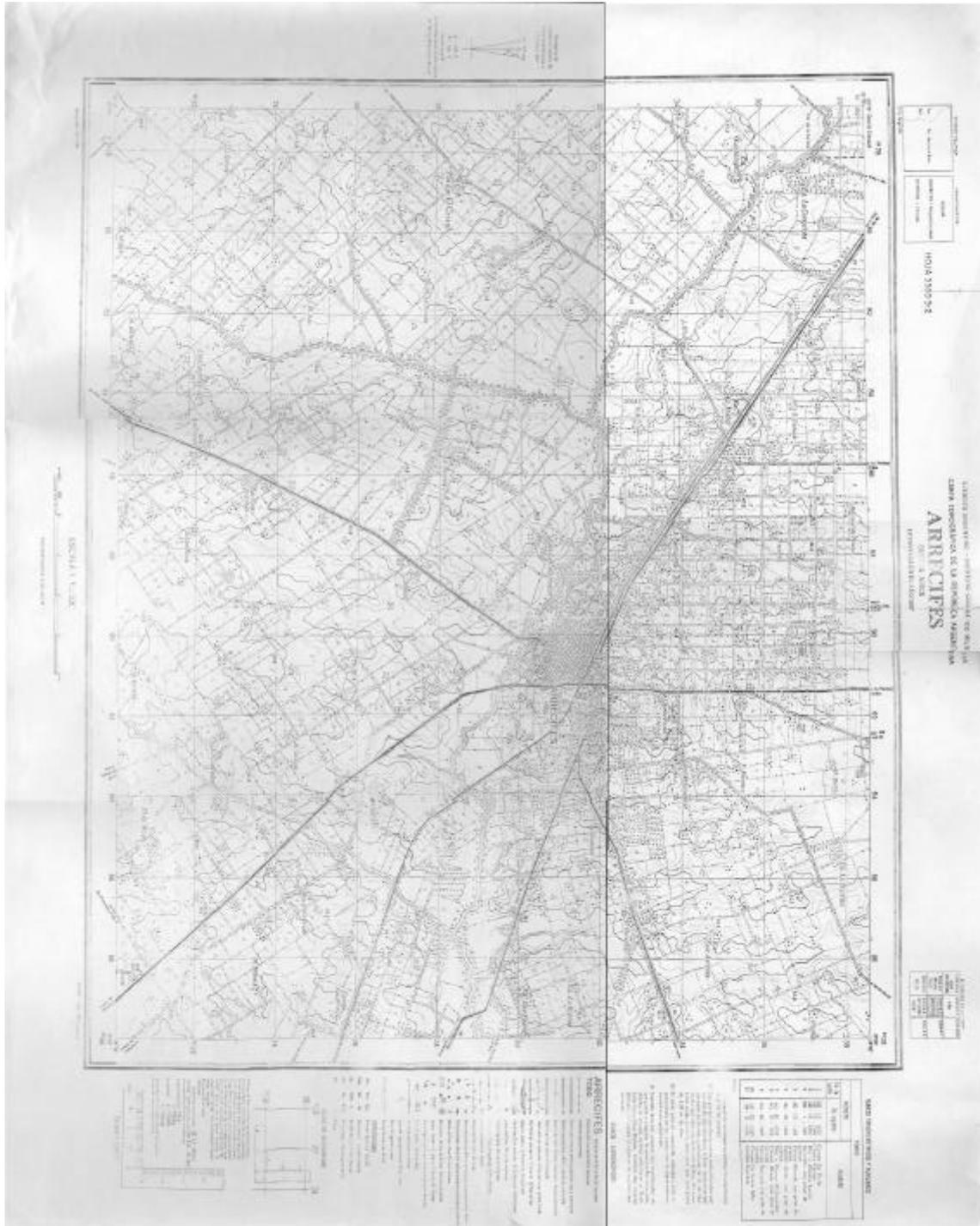
Cuando a la Provincia se le solicita el dinero correspondiente al 40% del Impuesto Inmobiliario para invertir en el Proyecto, consideramos que esa Administración tiene, no solo el derecho de cobrarnos sino la obligación de invertir la recaudación en el mismo Distrito, con lo cual aportando menos de la mitad del impuesto recaudado, estaría fomentando la construcción de caminos de una calidad, hasta hoy impensada.

No queda más que observar los números; el proyecto tiene todo por concretarse, tanto económica como técnicamente brinda un nuevo panorama, comienza una nueva etapa en los caminos rurales.

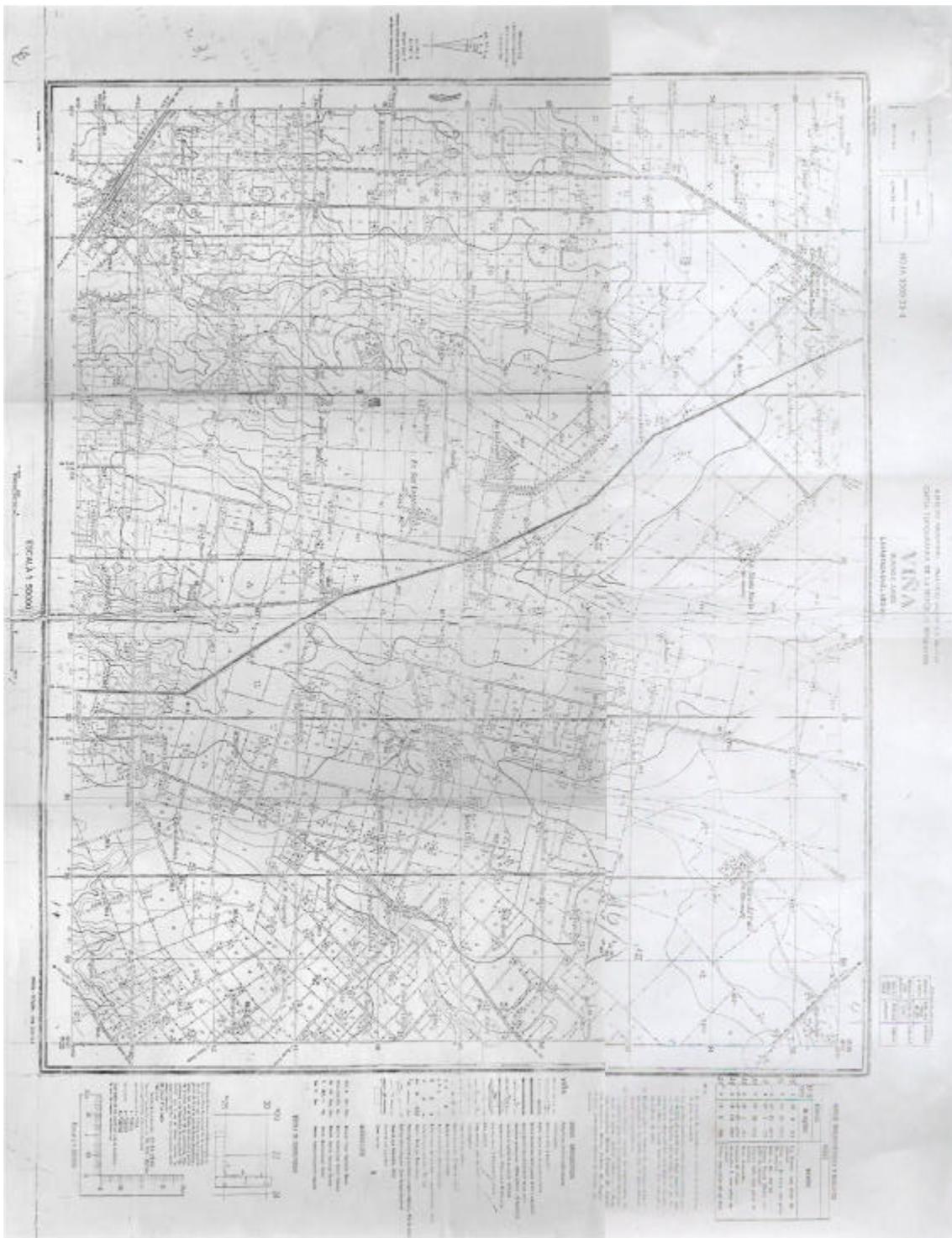
Este es un pequeño proyecto dentro de la inmensa red caminera que recorre la Pampa Húmeda, puede ser solo el comienzo de algo mucho más grande, de un avance hacia el ansiado Primer Mundo.

Caminos rurales transitables, un sueño, una realidad.

### Anexo 1. Planchetas



**PLANCHETA DE ARRECIFES**



PLANCHETA DE VIÑA

## Anexo 2. Ensayos



Pisón y Molde para el Ensayo Proctor Normal y Modificado



Tamices usados en el ensayo de granulometría



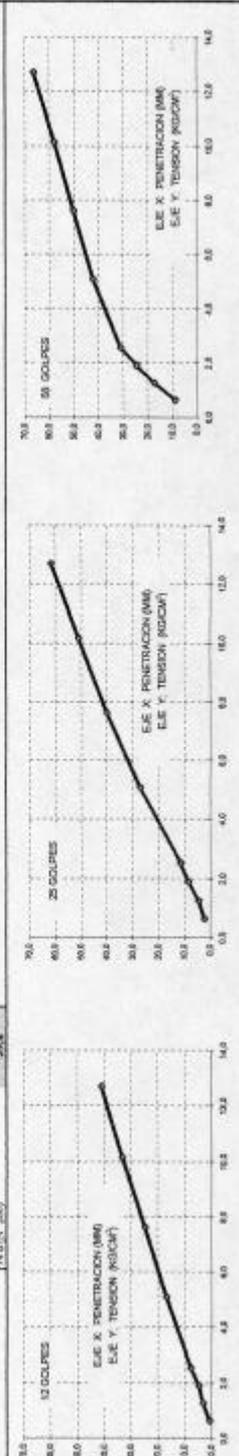
Eyector de muestra – Ensayo Proctor    Pisón Mecánico – Ensayo Proctor

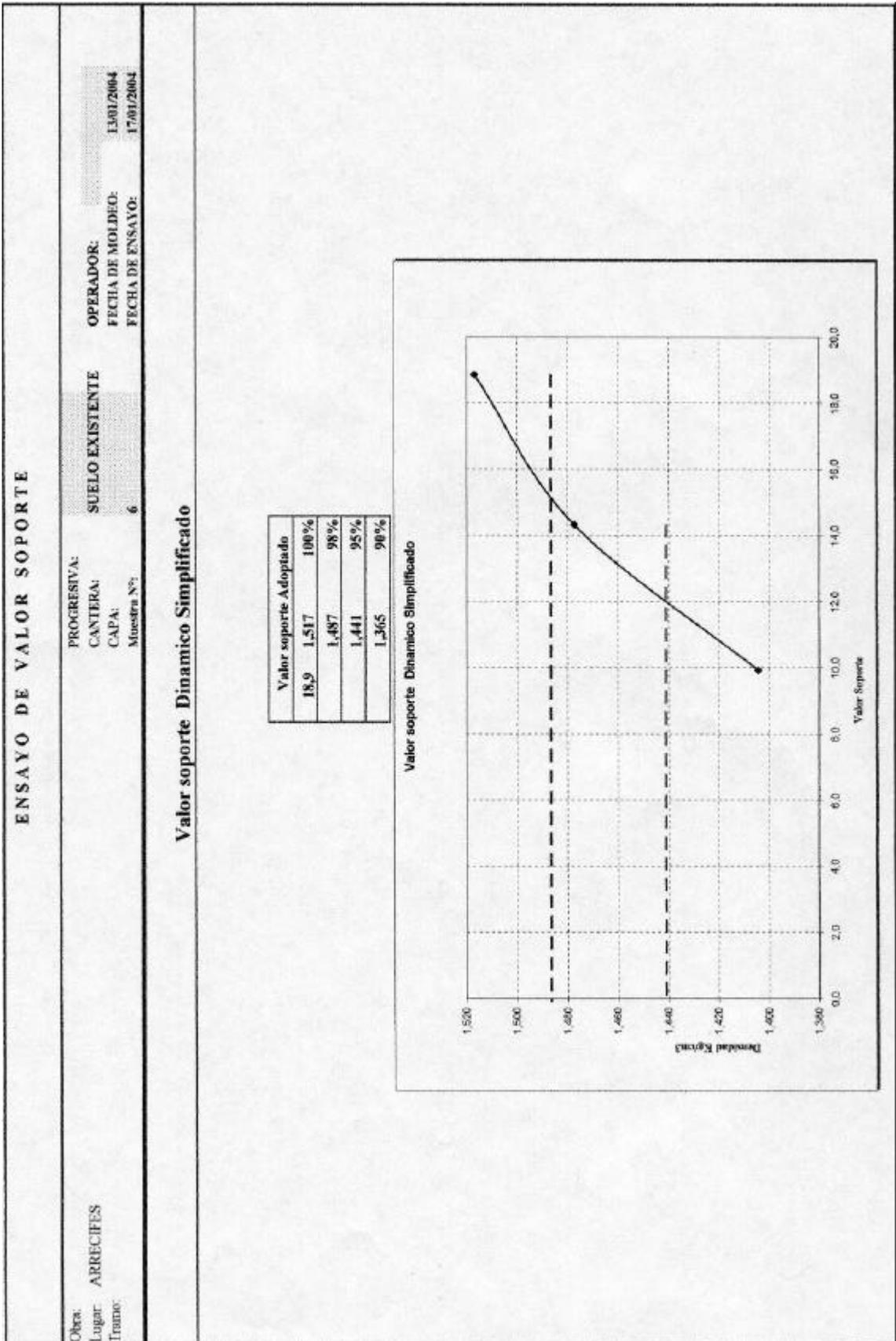


Cascador de Casagrande – Límites de Atterberg

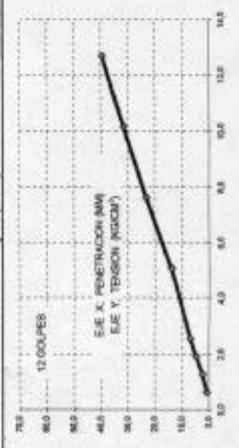
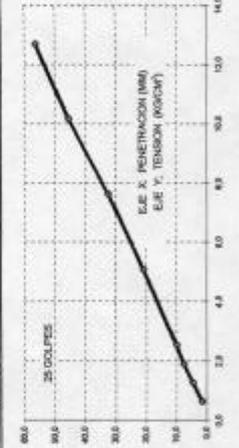
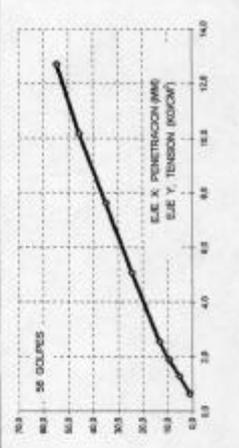
VER ENSAYOS

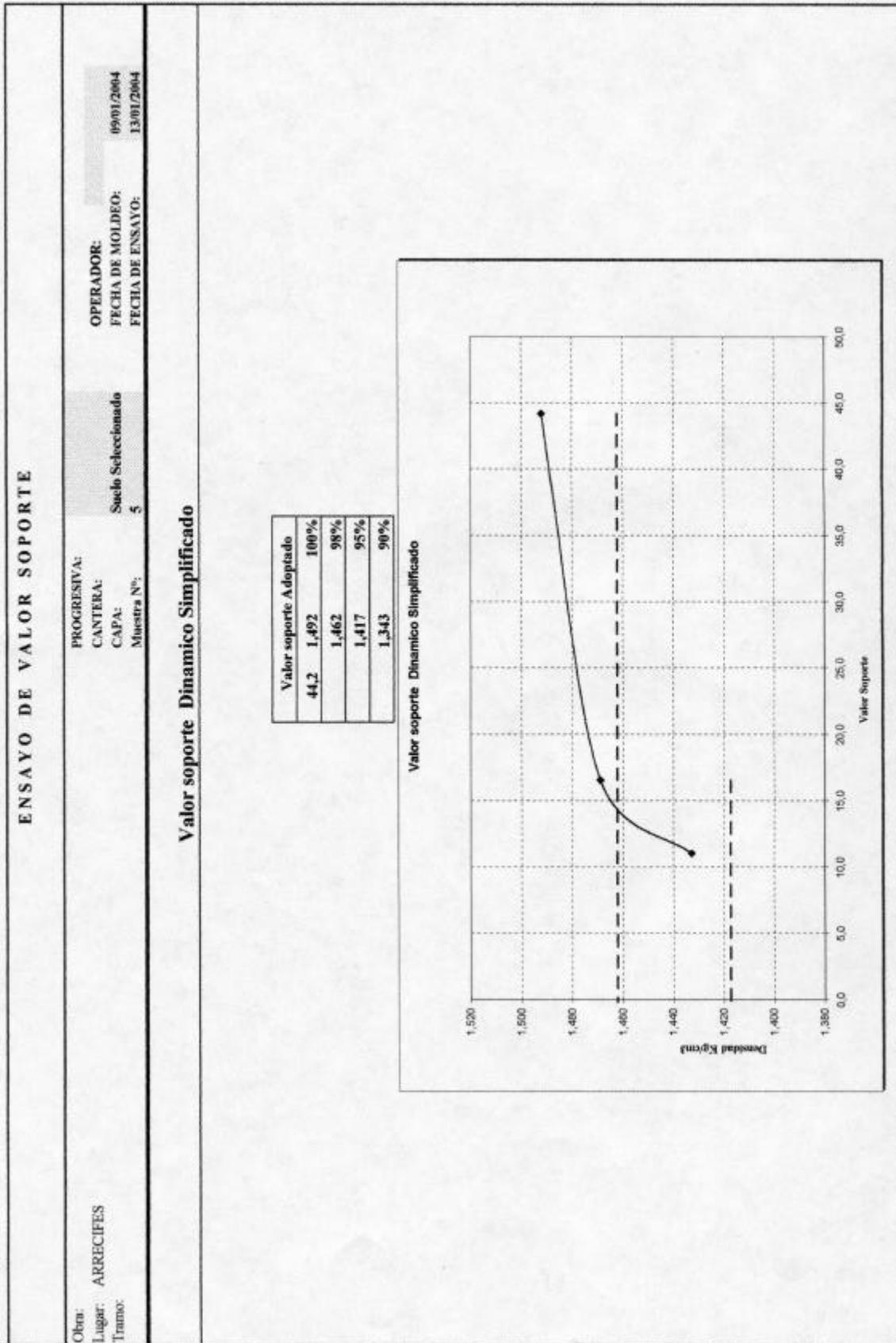
ENSAYO DE VALOR SOPORTE											
Clave: Lugar: <b>ARRICHES</b>			PROGRESIVA: CANTERA: <b>Suelo Seleccionado</b>			OPERADOR: <b>6901/2004</b>			FECHA DE MOLDEO: <b>13/01/2004</b>		
Tubo: <b>5</b>			Muestra N°: <b>5</b>			FECHA DE ENSAYO: <b>13/01/2004</b>			OBS: <b>SE ADOPTA COMO VALOR SOPORTE EL CORRESPONDIENTE A LA MUESTRA EMERIDA PARA UNA PENETRACION DE 2.54 MM.</b>		
ENSAYO DE COMPACTACION - TIPO: <b>ARMADURA Y RESONANCIA ESTACIONARIA</b>											
MOLDEADO		SECCION A		SECCION B		SECCION C		SECCION D		SECCION E	
MOLDE	TIPO	MOLDE	TIPO	MOLDE	TIPO	MOLDE	TIPO	MOLDE	TIPO	MOLDE	TIPO
4473	4479	4486	4499	4506	4513	4520	4527	4534	4541	4548	4555
4473	4479	4486	4499	4506	4513	4520	4527	4534	4541	4548	4555
4473	4479	4486	4499	4506	4513	4520	4527	4534	4541	4548	4555
4473	4479	4486	4499	4506	4513	4520	4527	4534	4541	4548	4555
GRANULOMETRIA											
TAMIZ BIRM PASA, %											
LIMITE LIQUIDO											
LIMITE PLASTICO											
INDICE DE CONSISTENCIA											
CLASIF. H.E.B.											
VALOR SOPORTE = %											
VALOR SOPORTE = 11.0 (%)											
VALOR SOPORTE = 16.5 (%)											
VALOR SOPORTE = 44.2 (%)											
VALOR SOPORTE = 36.9 (%)											





ENSAYO DE VALOR SOPORTE																	
Otro: ARRECIFES Lugar: ARRECIFES Fecha:		PROGRESIVA: CANTERA: CAPA:		SUELO EXISTENTE OPERADOR: FECHA DE MOLDEO: FECHA DE ENSAYO:		URB.: SE ADOPTA COMO VALOR SOPORTE EL CORRESPONDIENTE A LA MUESTRA ENTIBEDA, PARA UN PENETRACION DE 2.54 MM.			DENSIDAD HUMEDA SBCA (gr/cm <sup>3</sup> ) HUMEDA (gr/cm <sup>3</sup> ) DENSIDAD REAL (gr/cm <sup>3</sup> )			HINCHAMIENTO 1 <sup>a</sup> DIA 2 <sup>a</sup> DIA 3 <sup>a</sup> DIA 4 <sup>a</sup> DIA			6.9 (%)		
Muestra N°: 6		JORNADA Y DIMENSION ESTADISTICA		ESTADISTICA		DENSIDAD HUMEDA		VOLUMEN MOLDEO PROBETA (cm <sup>3</sup> ) ALTURA (mm) MOLDRE (mm)			HUMEDAD (gr/cm <sup>3</sup> ) PROBETA (mm) MOLDRE (mm)			14,792 14,792 14,792	7,228 7,228 7,228	14,792 14,792 14,792	9,9 (%) 9,9 (%) 9,9 (%)
TIPO DE COMPACTACION - TIPO:		PESO MOJADO MOJADO (gr)		PESO SECO SECO (gr)		HUMEDAD (%)		VOLUMEN MOLDEO (cm <sup>3</sup> )		HUMEDAD (gr/cm <sup>3</sup> )		HINCHAMIENTO (DIA)		VALOR SOPORTE (%)			
1 4472		7406		2964		25,7		2106,1		1,765		0,23		0,26			
2 4486		7361		3187		25,6		2185,1		1,856		0,21		0,21			
3 4578		7728		3198		25,6		2106,1		1,905		0,19		0,20			
VALOR SOPORTE = %																	
GRANULOMETRIA																	
TAMBIEN PASA, %																	
LIMITE LIQUIDO 19 mm (3/4")		1,27		2,54		3,08		7,62		10,16		15,70		15,70			
LIMITE PLASTICO 0,5 mm (3/64")		0,64		1,27		2,54		3,08		7,62		10,16		15,70			
INDICE PLASTICO 4,8 mm (3/8")		1,63		3,08		3,08		7,62		10,16		15,70		15,70			
INDICE DE GRUPO 2 mm (1/8")		0,64		1,27		2,54		3,08		7,62		10,16		15,70			
CLASE B.B.B.		1,27		2,54		3,08		7,62		10,16		15,70		15,70			
149 u (5" 100)		3,08		6,15		12,30		24,60		49,20		98,40		147,60			
75 u (3" 200)		6,15		12,30		24,60		49,20		98,40		196,80		393,60			





## Anexo 3. Recicladora: Información Técnica



### ***Recicladora WR 2500 SK*** ***con sistema integrado de esparcido*** ***Características técnicas***



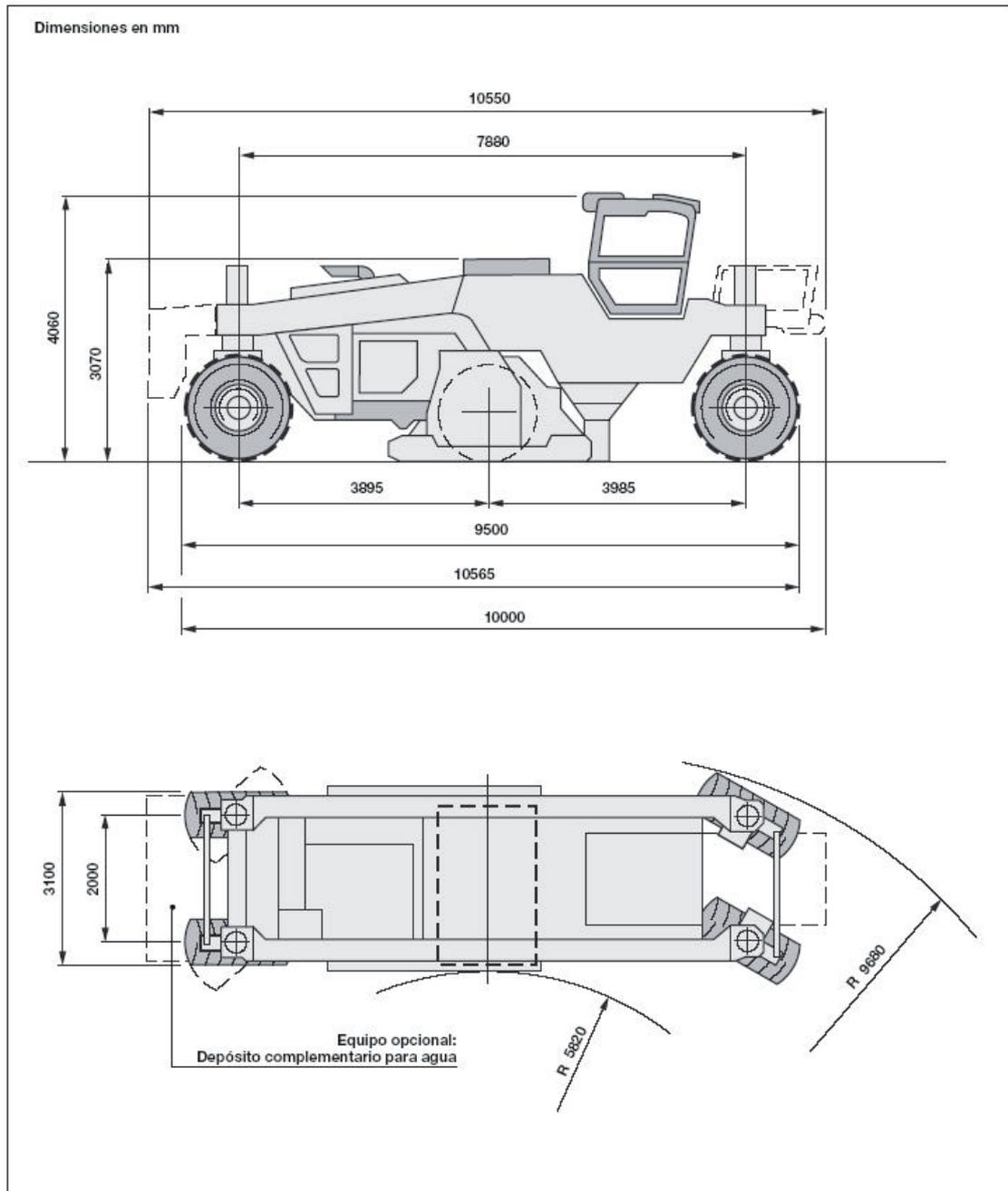
## Características técnicas

		Reciclador WR 2500 SK	
<b>Anchura de fresado máxima</b>	mm	2.438	
<b>Profundidad de fresado *1</b>	mm	0 – 500	
<b>Rodillo de fresado</b>			
Distancia entre líneas	mm	30	
Número de trépanos		224	
Diámetro de la circunf. de corte	mm	1.480	
<b>Motor</b>			
Fabricante		Mercedes-Benz	
Tipo		OM 444 LA	
Refrigeración		Agua	
Número de cilindros		12	
Potencia	KW/HP/PS	500/670/680	
Revoluciones	min <sup>-1</sup>	2.100	
Cilindrada	cm <sup>3</sup>	21.930	
Consumo de combustible a plena carga	l/h	120	
Consumo de combustible a 2/3 de la carga	l/h	80	
<b>Características de traslación</b>			
1ª Velocidad de avance	m/min	0 – 15	
2ª Velocidad de avance	m/min	0 – 40	
3ª Velocidad de avance	m/min	0 – 80	
4ª Velocidad de avance	m/min	0 – 200	
Pendiente superable teórica máx.	%	57	
Inclinación transversal máxima	°	8	
Altura libre sobre el suelo	mm	370	
<b>Pesos *2</b>			
Peso sobre el eje delantero, depósito de combustible lleno	daN (kg)	19.100	
Peso sobre el eje trasero, depósito de combustible lleno	daN (kg)	18.500	
Tara	daN (kg)	35.600	
Peso de servicio, CE *3	daN (kg)	36.500	
Peso de servicio máx.	daN (kg)	37.600	
<b>Ruedas</b>			
Tipo		Diagonal	
Medidas ruedas delanteras/traseras		28 L 26	
<b>Capacidad de los depósitos</b>			
Combustible	l	1.500	
Aceite hidráulico	l	270	
Agua	l	500	
Silo de esparcido	m <sup>3</sup>	4	
<b>Instalación eléctrica</b>	V	24	
<b>Dimensiones de transporte</b>			
Dimensiones de la máquina (long. x anch. x altura)	mm	10.000 x 3.200 x 3.200	

\*1 = La profundidad máxima de fresado puede diferir del valor indicado debido a tolerancias y desgaste.

\*2 = Todos los pesos indicados se refieren a la máquina de base con cabina del conductor sin mas equipamiento especial.

\*3 = Peso de la máquina, depósito de combustible y de agua semilleno, conductor (75 kg), herramientas.



## Descripción técnica

### Estructura básica

Recicladora y estabilizadora con rotor de fresado y mezcla accionado mecánicamente y dos direcciones de trabajo.

### Dispositivo esparcidor integrado

La recicladora WR 2500 SK lleva un silo integrado en la máquina. La cal o el cemento se esparce directamente frente al rotor de fresado y mezcla por medio de un distribuidor por rueda celular con descarga forzada, mezclándolos de forma cubierta en el material del suelo a trabajar. De esta forma es posible dosificar exactamente la cantidad a esparcir (5 – 40 kg/m<sup>2</sup>), evitando casi por completo que el material se disperse. Es posible reducir la anchura total de trabajo en pasos de 250 mm del lado izquierdo y del derecho hasta alcanzar 500 mm en el centro de la máquina.

### Chasis

Estructura soldada rígida, con alojamiento para las diferentes unidades y piezas sobrepuestas, así como un depósito de agua integrado. Todos los componentes son de fácil acceso para efectuar los trabajos de mantenimiento y de servicio.

### Insonorización

El sistema de insonorización, instalado en serie, amortigua los ruidos y protege de sus efectos al personal y el entorno de la obra.

### Puesto de mando

El puesto de mando con asiento y tablero de mando se encuentra en la parte central de la máquina. La altura y la inclinación del volante son ajustables. La posición ergonómica del asiento del conductor, el diseño de poca altura y la buena vista general permiten un manejo sumamente sencillo. Los elementos modernos de control y de mando están colocados de forma que pueda accederse cómodamente a ellos y se encuentran en el campo visual del conductor. Es posible desplazar lateralmente el puesto de mando completo y, además, girar continuamente en 90° la consola del asiento (asiento del conductor y tableros de mando), permitiendo así siempre una vista óptima de la obra.

### Cabina del conductor (opcional)

De forma opcional es posible equipar la recicladora con una cabina completamente cerrada, la cual ofrece protección óptima contra los agentes climáticos y, a petición, viene dotada de calefacción y/o instalación de aire acondicionado. En serie, está provista de cristales delanteros y traseros calentables. En la cabina se encuentra una casilla para depositar objetos y que se puede cerrar con llave, así como un asiento

adicional. La cabina completa se puede desplazar lateralmente más allá del borde exterior derecho de la máquina.

### Unidad de mando de la máquina CGC (Centro-Gráfico-Cabina)

El control, o bien, la regulación de todas las funciones de la máquina se efectúa mediante microcontroladores. Todos los módulos de control están dispuestos en un armario de distribución de fácil acceso.

En cualquier momento, el operador puede consultar mediante el visualizador del CGC que se encuentra en el puesto de mando aquellos datos como, por ejemplo, las horas de servicio, presión de aceite, temperatura del motor, número de revoluciones del motor, temperatura del aceite hidráulico, nivel de relleno del depósito de diesel, posición de las ruedas o la velocidad de traslación.

El sistema integrado de información y diagnóstico de Wirtgen genera señales de advertencias ópticas y acústicas cuando resulta necesario. Los datos y avisos, por ejemplo sobre el ensuciamiento de los filtros de aceite hidráulico o de aire, aparecen en el visualizador del CGC en el puesto de mando. Todas las entradas para el ajuste de la recicladora se efectúan por medio del CGC. Es posible visualizar los datos de operación en el visualizador del CGC o imprimirlos por medio de una impresora (opcional).

### Grupo propulsor

El accionamiento de la máquina se efectúa mediante un moderno motor V 12, de alta potencia. Cumple las exigencias de la norma de gases de escape EPA, la oficina estadounidense del medio ambiente, así como las normas Euromot, sección II. El motor está equipado con un sistema de gestión del motor totalmente electrónico y, ofrece máxima estabilidad de par, incluso en caso de carga extrema del mismo, evitando de esta manera las interrupciones de servicio.

Una superficie del radiador extremadamente amplia garantiza la refrigeración del motor y de otros componentes, de forma que la máquina también puede operarse de manera segura a temperaturas exteriores altas. Además, el equipo refrigerante está equipado con un regulador del ventilador. Si disminuye la temperatura ambiental o se reduce la carga, se reduce también el número de revoluciones del ventilador, contribuyendo así a la disminución del ruido y a un menor consumo de combustible. Todos los

trabajos de mantenimiento del motor pueden efectuarse desde el suelo.

### Regulación de la potencia

La máquina está equipada de un sistema automático para regular la potencia, que permite regular el avance en función de la carga del motor diésel y el cual puede desconectarse a voluntad, de manera que también sea posible ajustar el avance de forma manual.

### Accionamiento del rotor de fresado y de mezcla

El rotor de fresado y de mezcla se acciona mecánicamente. El accionamiento se transmite desde el motor diésel al mecanismo de cambio de velocidad mediante el embrague y las correas de accionamiento. La tensión de las correas de accionamiento se mantiene constante automáticamente, mediante un cilindro hidráulico. El número de revoluciones del rotor de fresado y de mezcla se preselecciona en cuatro grados, a fin de conseguir resultados óptimos de trabajo.

### Rotor de fresado y de mezcla

El rotor de fresado y de mezcla trabaja en el mismo sentido o en sentido opuesto al avance, dependiendo de la dirección de trabajo. Sobre los cuerpos del rodillo van soldados, en serie, los portatrépanos recambiables HT3 Plus, en los cuales se colocan los trépanos mismos de vástago cilíndrico. En las áreas laterales se han montado, adicionalmente, unos segmentos laterales especiales, intercambiables uno por uno. Unos rascadores de ajuste hidráulico que se encuentran delante y detrás del rodillo se encargan de buenos resultados de la mezcla. El ángulo ajustado de la barra quebrantadora o del rascador se indica en el visualizador del CGC.

### Cambio de herramientas

Dado que el rascador se desplaza hidráulicamente, se puede acceder muy bien al rotor de fresado y de mezcla para efectuar el cambio de herramientas. El sistema de portaherramientas recambiables reduce los trabajos de mantenimiento a una cantidad mínima. Un dispositivo de giro del rodillo, accionado de forma hidráulica (opcional) facilita considerablemente el giro del rodillo durante el cambio de herramientas.

### Regulación de la profundidad de fresado

La máquina se ajusta a su posición de transporte o de trabajo, respectivamente, mediante cuatro columnas

de elevación. La regulación de la profundidad de trabajo se realiza por medio del descenso del rotor de fresado y de mezcla. La profundidad actual de trabajo aparece en el visualizador del CGC en el puesto de mando.

El operador puede preseleccionar cuáles columnas de elevación, las delanteras o las traseras, deben cumplir la función de un eje pendular / eje de nivelación.

#### **Sistema de traslación**

Las ruedas de la recicladora WR 2500 SK están unidas al chasis mediante columnas cilíndricas, cuya altura puede modificarse hidráulicamente. En serie, los neumáticos están diseñados para trabajos pesados y vienen provistos de protectores de flancos y tacos reforzados.

#### **Tracción**

Cada rueda se acciona mediante un motor hidráulico propio. Cada uno de los motores hidráulicos se alimenta mediante una bomba hidráulica común de caudal variable. Las cuatro velocidades de traslación se ajustan de forma continua en marcha de fresado y de traslación, desde la parada hasta la velocidad máxima. Un bloqueo permanente del diferencial proporciona una tracción uniforme. El avance se ajusta desde el puesto de mando.

#### **Frenos**

El frenado se logra mediante el efecto de autorretención en la tracción hidrostática. Adicionalmente, es posible bloquear las ruedas desde el puesto de mando por medio de un freno de estacionamiento de discos múltiples.

#### **Dirección**

La recicladora WR 2500 SK está equipada con una dirección hidráulica en todas las ruedas, de gran suavidad. El sistema de dirección se adapta a la dirección de trabajo seleccionada, es decir, las ruedas delanteras o traseras cumplen la función de eje de dirección. Mediante un selector el operador elige entre tres diferentes modos de dirección ("normal", "paso de perro" o "coordinado").

En el modo normal, la dirección de las ruedas delanteras se realiza por medio de un volante y, las ruedas traseras se mantienen automáticamente en posición recta a través de unos sensores. Sin embargo, también es posible operarlas de forma independiente de las ruedas delanteras, mediante un joystick.

#### **Equipo hidráulico**

Sistemas hidráulicos independientes para el accionamiento de traslación, las

funciones de ajuste y el radiador. Las bombas hidráulicas se accionan por medio del motor diesel a través de un divisor de fuerzas.

#### **Instalación eléctrica**

Equipo de 24 voltios (80 A) con alternador trifásico e iluminación completa de trabajo, incluyendo dos lámparas de posicionamiento a elección y pie magnético.

#### **Sistema de reciclaje en frío**

##### **Instalación de inyección para agua o ligantes con una barra de inyección**

La instalación de inyección consta de un sistema de dosificación controlada por microprocesadores, una bomba excéntrica, una barra de inyección con 16 toberas, así como de un dispositivo de empuje.

La bomba transporta el medio líquido (p. ej. agua o emulsión de asfalto) de un carro-tanque a la barra de inyección. La capacidad de transporte máxima de la bomba helicoidal excéntrica es de 800 l/min. Un instrumento de medición del caudal controla el caudal y transmite los datos a la unidad de regulación, la cual regula la adición de ligantes o agua en función de los parámetros preseleccionados.

Un dispositivo automático de cierre permite que unos cilindros hidráulicos abran y cierren las diferentes toberas. De esta forma es posible adaptar la adición de ligantes a la anchura de trabajo. La limpieza de las toberas se realiza de forma automática.

##### **Segunda bomba**

A fin de realizar una adición simultánea de agua y de emulsión asfáltica a través de una barra de inyección a la cámara de mezcla, es posible integrar una segunda bomba. La regulación de la adición también se lleva a cabo mediante un sistema de dosificación con microprocesador.

##### **Segunda barra de inyección**

Para la adición de una suspensión de agua y cemento de una mezcladora de suspensión antepuesta con bomba integrada, es posible incorporar una barra de inyección adicional.

##### **Instalación de inyección con una segunda bomba y con una segunda barra de inyección**

Este modelo permite transportar a la cámara de mezcla dos fluidos diferentes a través de bombas por separado y mediante barras de inyección independientes. De forma alternativa, es posible transportar agua o emulsión asfáltica por medio de una de las bom-

bas y conectar la otra barra de inyección a una mezcladora de suspensión antepuesta.

##### **Instalación de inyección para asfalto espumado**

La instalación de inyección para asfalto espumado comprende una bomba y una barra de inyección para asfalto espumado. El proceso de transformación en espuma se efectúa en cámaras de expansión especiales en la barra de inyección. El asfalto caliente es transportado por una bomba de engranajes dentados con calefacción eléctrica e inmediatamente después se filtra. Un flujómetro registra la cantidad de asfalto transportada. La adición de agua y de aire, necesaria para el proceso de transformación en espuma, se regula en dependencia de la cantidad de asfalto.

Todos los conductos de asfalto caliente dentro de la máquina están aislados y cuentan con calefacción. La temperatura se mide constantemente y se mantiene al valor predeterminado por medio de una unidad de mando.

El agua para la preparación de espuma proviene de un tanque de agua integrado en la máquina. A fin de controlar la calidad de la espuma, el equipo está previsto de una tobera de ensayo.

Para la adición de agua complementaria, con el objeto de que la mezcla alcance el contenido óptimo de humedad, se ha previsto otra instalación de inyección, que comprende una bomba excéntrica y una barra de inyección de agua.

El agua se transporta de un carro-tanque de agua antepuesto. De forma alternativa es posible inyectar una suspensión de agua y cemento de una mezcladora de suspensión antepuesta.

##### **Equipos de llenado**

El llenado de agua y diesel se realiza a través de tubos de alimentación de gran volumen.

##### **Seguridad durante el transporte**

Con las anillas de amarre, la máquina puede anclarse en un semirremolque de plataforma baja o ser cargada con una grúa con toda seguridad.

○ De serie ● Opcional

Equipamiento	Reciclador WR 2500 SK
<b>Bastidor / Puesto de mando</b>	
Asiento del conductor con tableros de mando, de orientación continua	○
Cabina	●
Calefacción	●
Aire acondicionado	●
Pintura especial	●
<b>Control / Nivelación</b>	
Control mediante microcontroladores	○
CGC (Centro-Gráfico-Cabina)	○
Impresora para los datos de operación	●
Sensor de ultrasonido para la regulación de altura	●
Sensor de la inclinación transversal para la regulación de la inclinación transversal	●
<b>Grupo de fresado</b>	
Sistema de portaherramientas recambiables HT3 Plus de 20 mm de diámetro de vástago	○
Sistema de portaherramientas recambiables HT3 Plus de 22 mm de diámetro de vástago	●
Barra quebrantadora	●
Eyector neumático de trépanos	●
Dispositivo hidráulico de giro de rodillo (para el cambio de herramienta)	●
<b>Sistema de reciclaje en frío</b>	
Instalación de inyección con 1 bomba y 1 barra de inyección	●
Instalación de inyección con 1 bomba y 2 barras de inyección	●
Instalación de inyección con 2 bombas y 1 barra de inyección	●
Instalación de inyección con 2 bombas y 2 barras de inyección	●
Instalación de inyección para asfalto espumado y agua (es decir, 2 bombas y 2 barras de inyección)	●
Barra de inyección y conducto de alimentación (sin bomba, en combinación con la WM 1000)	●
Tubo flexible de asfalto caliente para el empalme al carro-tanque de asfalto, largos diferentes	●
Tanque de agua adicional para la producción de asfalto espumado, 1.600 l	●
Sistema adicional de dosificación para 1.800 l/min de agua	●
<b>Otros</b>	
Insonorización	○
Filtro ciclónico de aire	○
Iluminación de trabajo (desmontable)	○
Faros de advertencia	○
Bocina, bocina de marcha atrás y espejos retrovisor	○
Enganche para remolque	○
Dirección sobre las cuatro ruedas	○
Anillas para carga y amarre	○
Amplio juego de herramientas	○
Marca CE	○
Aceptación de seguridad por la asociación de previsión contra accidentes de trabajo	○
Amplio paquete de seguridad con interruptores de DESC.-EMERG.	○
Sistema de aire a presión	○
Instalación de filtraje del aire de escape para un relleno exento de polvo del tanque del material a esparcir	●
Limpiador a alta presión	●
Operación de la recicladora en frío con aceite hidráulico biodegradable	●

## 10. Bibliografía

1. Congreso Nacional de Firms. Reciclado de Firms. Junta de Castilla y León. Junio 1998
2. El Hormigón y el suelo-cemento en las obras viales. Instituto del Cemento Pórtland.1985.
3. Manual del Reciclaje Wirtgen. Wirtgen GmbH y A.A. Loudon & Partners. 2003.
4. Catálogo sobre Recicladora Wirtgen. Wirtgen
5. Información general. [www.wirtgen.com](http://www.wirtgen.com)
6. Repas S.A. Catálogo sobre máquinas.
7. Fundamentos de Mecánica de Suelos. Roy Whitlow. CECSA.1998.
8. Construcción de Pavimentos de Suelo Cemento. ICPA. 1974.
9. Pliego de Especificaciones Técnicas Generales. Dirección Nacional de Vialidad. 1998.
10. Evaluación de Pavimentos. Informe Técnico.Norberto J. Cerutti & Asoc.2003.
11. Normas de Ensayos de Vialidad Nacional.
12. 22º Reunión del Asfalto. Comisión Permanente del Asfalto. 1980.
13. Ida&Vuelta RURAL. Octubre 2003.
14. Primer Congreso Argentino de Caminos Naturales. ICPA.1995.





