

PAVIMENTO MICROAGLOMERADO EN FRIO

Alfredo David Elías (1)

Juan Pablo Dioverti Prono (2)

Alfredo Estanislao Sánchez Méndez (3)

(1) Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería U.N.A., delias@telesurf.com.py

(2) Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería U.N.A., juampad@hotmail.com

(3) Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería U.N.A., tani_sm@hotmail.com

Lechada asfáltica (Slurry Surfacing): La aplicación, sobre una superficie, de una o varias capas de un mortero bituminoso fabricado en frío con áridos, emulsión bituminosa, agua y eventualmente polvo mineral de aportación y adiciones, cuya consistencia a temperatura ambiente es adecuada para su puesta en obra.

Microaglomerado: Es la aplicación superficial de mezclas fluidas en pequeños espesores (3 a 20 mm) compuestas de material pétreo seleccionado, emulsiones asfálticas de rompimiento controlado, polímeros y aditivos modificadores, mediante máquinas aplicadoras especialmente diseñadas para este trabajo.

Materiales: Los constituyentes del microrevestimiento asfáltico en frío son: agregado pétreo, material de relleno (filler), emulsión asfáltica modificada por polímeros, aditivos necesarios y agua.

RESUMEN

Teniendo en cuenta que la red vial del país en gran porcentaje se encuentra en un estado de deterioro, que con una correcta gestión y utilización de los recursos puede ser renovada, aumentando de esta manera su vida útil y ahorrando con esto en costos de reconstrucción, surge la necesidad de desarrollar una técnica de mantenimiento adecuado para cada situación, razón por la cual realizamos un estudio completo de una de las técnicas que recibe el nombre de Microaglomerado de Frío con emulsiones modificadas con polímeros cuya utilización viene en aumento debido a sus excelentes prestaciones.

Otro de los aspectos estudiados describe los puntos que se deben conocer para lograr una correcta aplicación de la técnica, como ser las maquinarias necesarias, el personal, equipos auxiliares de modo a lograr una gran calidad en el trabajo y así reducir al mínimo las posibles fallas en su aplicación.

Es una tecnología que se irá expandiendo hasta llegar a ser de uso generalizado, teniendo una estructura de pavimento de buena calidad remanente, se puede rejuvenecer e impermeabilizar capas de rodaduras envejecidas y fisuradas. Estas tecnologías, utilizadas en forma masiva en los Estados Unidos, Europa, Brasil y Argentina, seguramente deberán, junto a una imprescindible participación y actitud de los técnicos de disposición al cambio, colaborar para el mantenimiento, recuperación y ampliación del patrimonio vial nacional.

PAVIMENTO MICROAGLOMERADO EN FRIO

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Generalidades

El pavimento tipo Microaglomerado es una técnica que actualmente se utiliza masivamente en países de Europa, América del Norte y especialmente en Argentina y Brasil.

La tecnología de las capas delgadas posibilita además mejorar las superficies de los pavimentos sin alterar sustancialmente su geometría transversal, lo cual adquiere más relevancia en pavimentos urbanos.

Antes de profundizar en las ventajas y para evitar un error conceptual, hay que señalar que aunque permiten retardar el deterioro del pavimento, tanto la lechada como el Microaglomerado **“no aportan capacidad estructural”** al pavimento.

El Microaglomerado es más versátil que cualquier otro sistema de tratamiento de superficie de pavimento, es también único en su habilidad de depositar una mezcla bituminosa durable de acuerdo con las demandas de una textura de superficie variable, llenando las fisuras, sellando y proporcionando delineación de color y textura en un solo paso.

Observando el auge de esta técnica no solo en los países vecinos, sino también aquí en el nuestro y advirtiendo la inminente utilización de la misma en la conservación de la red vial nacional, con este Trabajo de Investigación estamos intentando llenar un vacío en relación a la falta de información técnica compilada en un solo documento.

Como el Microaglomerado presenta varias ventajas similares a las de un recapado del tipo funcional, incluimos en esta Investigación una comparación económica entre dichas técnicas.

1.2. Objetivos

a) Objetivos Generales:

- Fijar el sistema a ser usado en la elaboración y aplicación del microaglomerado asfáltico en frío utilizando la emulsión modificada por polímeros con el objetivo de sellar, impermeabilizar y rejuvenecer pavimentos asfálticos.

2. CONCEPTOS

2.1. Definición y Terminología

Microaglomerado (Microsurfacing):

Es la aplicación superficial de mezclas fluidas en pequeños espesores (3 a 20 mm) compuestas de material pétreo seleccionado, emulsiones asfálticas de rompimiento controlado, polímeros y aditivos modificadores, mediante máquinas aplicadoras especialmente diseñadas para este trabajo.

La gran flexibilidad de esta técnica permite una gama amplia de usos tales como el mantenimiento y conservación de las superficies de los pavimentos, además haciendo posible la corrección de texturas, pequeñas fisuraciones, ahuellamientos, etc.

Materiales:

Los constituyentes del microrevestimiento asfáltico en frío son: agregado pétreo, material de relleno (filler), emulsión asfáltica modificada por polímeros, aditivos necesarios y agua.

Agregados: Está constituido de polvo de piedra. Sus partículas individuales deben ser resistentes y presentar una moderada angulosidad, libre de terrones de arcilla y sustancias nocivas.

Filler Mineral: Generalmente se utiliza cal o cemento portland hasta en un 2% sin descartarse el uso de otros productos (por ejemplo fibras).

Emulsión Asfáltica: Siempre es más conveniente desarrollar una emulsión considerando el agregado a utilizar y las características de la obra (contenido de finos, clima, tráfico, tipo de mezclado, etc.). Las emulsiones generalmente son de rotura lenta pero también pueden ser de rotura controlada. Las emulsiones para micropavimento incluyen el polímero modificador del asfalto.

Aditivos: Pueden ser empleados aditivos para acelerar o retardar la rotura de la emulsión en la ejecución del microrevestimiento asfáltico en frío, así como mejoradores de adherencia.

Agua: El agua se agrega para darle a la mezcla la consistencia deseada generalmente un mínimo del 10% debiendo chequearse su compatibilidad con el resto de los componentes. Debe ser limpia, exenta de materia orgánica, aceites y otras sustancias, perjudiciales a la rotura de la emulsión asfáltica. Será empleada en la cantidad necesaria para promover la consistencia adecuada.

2.2. Características sobresalientes:

- ✓ Altas prestaciones mecánicas (adherencia, durabilidad, flexibilidad, resistencia al desgaste, poder de sellado)
- ✓ Bajo costo
- ✓ Gran velocidad de aplicación (hasta 25.000 m² / jornada)
- ✓ Habilitación al tránsito en pocas horas

2.3. Concepto sistémico de la técnica

La eficiencia de esta técnica se obtiene a partir de la conjunción sistémica de los siguientes elementos:

Diseño Estratégico del Trabajo

1. Tareas de Laboratorio y Fabricación
2. Las Máquinas Aplicadoras
3. Equipos Complementarios
4. La Idoneidad de los Operadores

3. CLASIFICACIONES

3.1. De acuerdo a:

- a) Tipo de Polímero empleado en la emulsión.
- b) Granulometría de los áridos.

4. APLICACIONES FRECUENTES Y ESPECIALES

4.1. Aplicaciones frecuentes

- a) Conservación de carreteras.
- b) Obras nuevas.

4.2. Aplicaciones especiales

- a) Microaglomerado en Aeropuertos.
- b) Microaglomerado sobre Puentes Metálicos.
- c) Microaglomerado sobre Rutas sin Pavimentar
- d) Colocación sobre Bases Estabilizadas
- e) Microaglomerado sobre Pavimento Flexible en Calles Urbanas.
- f) Microaglomerado sobre Pavimento Rígido
- g) Microaglomerado sobre Pavimento en Pistas de Karting.
- h) Relleno de Huellas.

5. TRABAJOS DE LABORATORIO

5.1 Ensayos y normas.

En este capítulo hablaremos de los diferentes ensayos que se deben realizar para el diseño de una mezcla para micro revestimiento y los ensayos de control que se deben realizar durante la ejecución del mismo.

5.1.1. En los materiales:

5.1.1.1. Agregados pétreos:

- Granulometría (DNER-ME 083/98)
- Desgaste "Los Ángeles" (DNER-ME 035/98)
- Evaluación de la Durabilidad por el Empleo de Soluciones de Sulfato de Sodio. (DNER-ME 089/94)

5.1.1.2. Fracción fina

- Equivalente de Arena (DNER- ME 054/97, NBR 12052)
- Azul de Metileno (ISSA TB-145, NBR 14949)
- Granulometría por Vía Húmeda (AASHTO T 37, ASTM D 546)

5.1.1.3. Agua.

Las condiciones que debe reunir el agua para la utilización en el microaglomerado son: Limpia; pH (aproximadamente 7); Libre de materia orgánica; Libre de minerales, sales solubles y otros elementos químicos que puedan afectar a la emulsión.

5.1.1.4. Aditivos

El fin principal del aditivo es regular el tiempo de curado, ya sea retardándolo o acelerándolo, por esto se realizan muestras con diferentes porcentajes de los mismos y se cronometran sus tiempos de rotura, para poder así verificar su comportamiento.

5.1.1.5. Emulsión

- Viscosidad Saybolt - Furol (NBR 14491)
- Sedimentación (DNER ME-006/00, NBR 6570)
- Carga de Partícula (DNER- ME 002/98, NBR 6567)
- Tamizado (DNER-ME 005/94, NBR 14393)
- Determinación del Residuo de Asfalto por Destilación (NBR 6568)
- Residuo por Evaporación (NBR 14896)
- Determinación de la Desemulsionabilidad (NBR 6569)

5.1.2. Residuo (ligante bituminoso)

- Tenor de polímeros
- Ensayo de Penetración (DNER-ME 003/99, NBR 6576)
- Recuperación Elástica por Torsión (NLT 329/91)
- Recuperación Elástica por Ductilidad (NBR 15086)
- Punto de Ablandamiento (ABNT NBR 6560)
- Adhesividad. Determinación de Resistencia al Agua (NBR 6300)

5.1.3. En el diseño de la mezcla

- Ensayo para clasificar las mezclas de Microaglomerado con el Aparato Cohesímetro. Medición de rotura y curado. (ISSA TB-139, ABNT NBR 14798)
- Wet Track Abrasion Test (WTAT). Abrasión por Vía húmeda (ISSA TB-100, ABNT NBR 14746)

- Loaded Wheel Tester and Sand Adhesion. Rueda Cargada (ISSA TB-109, ABNT NBR 14841)
- Determinación del Tiempo Mínimo de Mezclado. (ISSA TB-113, ABNT NBR 14758)

5.1.4. De control

5.1.4.1. En la mezcla:

- Loaded Wheel Tester and Sand Adhesion. Rueda Cargada (ISSA TB-109, ABNT NBR 14841)
- Wet Track Abrasion Test (WTAT). De abrasión por vía húmeda (ISSA TB-100)
- Ensayo de Extracción de Betún por Reflujo (ASTM D 2172 Método B)
- Granulometría (NBR NM 248)

5.1.4.2. En el ligante bituminoso:

- Viscosidad Saybolt-Furol (ABNT NBR-14949, DNER-ME 004/94)
- Tamizado (DNER-ME 005/94)
- Carga de la partícula (DNER-ME 002/98, ABNT NBR 6567)
- Sedimentación (DNER ME-006/00, ABNT NBR 6570)

5.1.4.3. En los agregados

- Granulometría (DNER-ME 083/98)
- Adhesividad Agregado-Ligante Bituminoso (DNER-ME 079/94)
- Equivalente de arena (ASTM D2419, DNER-ME 054/97, ABNT NBR 12052)

6. DISEÑO DE LA MEZCLA

6.1. Determinación del valor óptimo de la emulsión

Una de las formas de determinar el porcentaje óptimo de cantidad de emulsión para la preparación de la mezcla en el microaglomerado, es a través de un método puramente empírico, que consiste en determinar el punto de encuentro de las curvas obtenidas de los ensayos de WTAT "Wet Track Abrasion Test" (pérdida por abrasión húmeda) y el LWT "Loaded Wheel Tester and Sand Adhesion" (ensayo de la rueda cargada y adhesión de arena). El punto obtenido se caracteriza por no poseer problemas con desgaste ni con exudación.

6.2. Dosificación de varias mezclas en laboratorio

En este apartado realizaremos un estudio de comportamiento de emulsiones modificadas con

polímeros SBR y SBS con la utilización para la mezcla de agregados pétreos de dos canteras distintas del Paraguay, en la dosificación del Microaglomerado en Frío.

Las muestras de los agregados pétreos fueron extraídas de las canteras Itapopo y Concret Mix. Las mismas no fueron elegidas al azar, sino debido a posible utilización de dichas canteras en obras de Microaglomerados.

En el caso de la Cantera Itapopo, ubicada en las cercanías de Yby Yau, son las obras de: "Recapado de la Ruta 5°" y "Bacheo y Señalización del tramo Tacuara – Santa Rosa – Yby Yau" y en el otro para la Cantera Concret Mix, ubicada en la ciudad de Ñemby, además de que fue utilizada para el tramo experimental de la "Autopista de Acceso al Aeropuerto Silvio Pettirossi".

6.3. Conclusión.

Los materiales utilizados para el diseño de nuestra mezcla, verifican todas las especificaciones. Los agregados de ambas canteras son de excelente calidad pero los de Itapopo son menos lajosos. En el ensayo de granulometría se puede apreciar que los agregados de la cantera de Itapopo son más gruesos que los de Concret Mix.

En los ensayos sobre las muestras con emulsiones modificadas con SBS y SBR fueron obtenidos buenos resultados con los agregados de las Canteras de Itapopo y Concret Mix. En cuanto a los ensayos con los agregados de la Cantera Itapopo, la emulsión que presentó mejor desempeño fue la que se modificó con polímero SBS. Para los ensayos con agregados de la Cantera Concret Mix también fue la emulsión modificada con SBS la que presentó mejor desempeño.

Una Emulsión no se comporta de la misma manera para distintos agregados. Siempre es más conveniente desarrollar una emulsión considerando el agregado a utilizar y las características de la obra (contenido de finos, clima, tráfico, etc.)

7. MÁQUINAS APLICADORAS

El Microaglomerado es mezclado y extendido con un equipo autopulsado, equipado con tolvas, tanques y elementos de medición de muy buena confiabilidad que aseguran la exactitud en la dosificación de la mezcla.

La calibración del equipo es la parte más importante de la ejecución del trabajo, ya que a partir de ahí, los controles instantáneos del caudal de cada material interviniente asegurarán la calidad de la mezcla colocada en obra.

7.1 Equipos auxiliares

Si la superficie a ser cubierta no está completamente limpia se deben usar compresores de aire, chorros de agua o barredoras para ponerla en condiciones.

Se necesitan pala cargadora, depósitos para agua y emulsión, vehículo de apoyo (transporte de personal, señalización, etc.), un tractor con cisterna (o un camión cisterna pequeño) para el transporte de y compactador neumático.

Durante la ejecución se utilizan herramientas manuales, tales como: palas, escobas, carretillas, azadas. Se debe disponer del equipo necesario para la correcta señalización en el momento de extendido y para proteger el área ejecutada durante el curado de la emulsión. Así mismo se debe tener todo el equipo necesario para la seguridad del personal.

7.2. Aplicación de la mezcla Climatología

La temperatura y humedad ambiente y del pavimento juegan un papel muy importante en la rotura y curado de la lechada, ya que por un lado aceleran la cinética de la reacción y por otro aumentan la evaporación del agua.

En tiempos calurosos la rotura y el curado se ven aceleradas ya que el agua se evapora rápidamente, en estos casos se deben tomar las decisiones necesarias para regular esa rotura y curado ya que de no ser así, por las altas temperaturas, en la rotura se puede crear una película de asfalto que impida el correcto curado de la mezcla. A bajas temperaturas ocurre lo contrario se retarda el tiempo de rotura y el de curado por esto hay que tener en cuenta esta situación. En general no se debe aplicar lechada cuando la temperatura sea inferior a 10° C y esté descendiendo.

7.3. Juntas

Durante la aplicación se producen juntas longitudinales y transversales.

Las juntas transversales se producen entre el final de la extensión de una máquina y principio de la siguiente. Una junta transversal mal ejecutada, aunque constituya más un defecto estético que real, proporciona una pobre impresión acerca de la calidad del tratamiento.

Las juntas longitudinales se deben minimizar reduciendo al mínimo la superposición entre aplicaciones en los diferentes carriles por la posible aparición de exudaciones. En general se oculta con la señalización horizontal.

7.4. Aplicaciones manuales

En algunas aplicaciones, especialmente en zonas urbanas, existen pequeñas áreas a las que no se puede acceder con la máquina y que será preciso rematar manualmente; la calidad del trabajo manual depende mucho de la habilidad del personal que lo ejecute.

7.5. Ajuste de la rastra

La dotación dejada por una rastra es función de la regulación de la misma, la granulometría de los áridos, tipo de pavimento a tratar.

La regulación definitiva se hará en función de los resultados de dotación obtenidos tras las primeras extensiones.

7.6. Apertura al tráfico

La apertura al tráfico debe realizarse cuando se vea que la circulación no va a dañar el material extendido. Este momento deberá ser escogido por el responsable de la obra en función a las condiciones climatológicas y del tráfico.

7.7. Pérdidas de gravilla

Tras la apertura al tráfico, éste ejerce un cierto efecto de compactación y "recolocación" de las gravillas que están en la superficie. Es normal que durante los primeros días de vida de una lechada haya un cierto desprendimiento de gravilla.

8. EXPERIENCIAS EN EL PARAGUAY

La primera experiencia que se tiene en Paraguay de la aplicación del micro revestimiento fue en el año 2004 en el tramo de la Autopista de Acceso al Aeropuerto Silvio Pettirossi, que se realizó como tramo experimental para analizar el comportamiento de esta tecnología en nuestro país.

8.1. Obra: Rehab. y Pavimentación de la autopista de acceso al aeropuerto Silvio Pettirossi (tramo experimental).

La obra duró 4 meses, llevándose a cabo en el año 2004. La obra tuvo un precio final de 764.048.518 Gs + 554.062,20 US\$. (1US\$ = 6200 Gs.)

La Autopista consiste en una Avda. de doble calzada, en general de 7,00 m cada una, y en algunos lugares hasta 7.50 m; la misma posee banquetas de 2,20 m a cada lado, y separador central de ancho variable, en general posee pendiente de calzada de 3 % y tiene una longitud de 5,950 Km. aproximadamente.

8.2. Situación previa a la realización de la obra

La antigua estructura del pavimento existente en el trazado ya descrito de 24 años de edad aproximadamente, comprende una carpeta de concreto asfáltico de 4 cm., una base de concreto asfáltico de 4 cm., una capa de estabilizado granulométrico de 30 cm. y una capa de ripio de 20 cm., totalizando un espesor de paquete existente de 58 cm., se presenta actualmente con diversas patologías, como ser fisuras y grietas transversales, longitudinales, así como fisuras tipo piel de cocodrilo. También se observan descascaramientos, zona de pérdida de finos, zonas de pérdida de agregados gruesos, baches superficiales y profundos. Además puede observarse exudación, en la zona del cruce ferroviario.

8.3. Trabajos preliminares

Los trabajos previos a la realización de la obra consistieron en la limpieza de la zona de obras; la inspección visual del tramo, para determinar exactamente los puntos donde se encontraban las fallas, con su respectivo relevamiento de fallas y el análisis del paquete estructural por medio de la regla Benkelman de tal forma a conocer las zonas donde la pista presentaba bajos valores estructurales y fallas en el paquete. En gabinete, se realizó el cómputo métrico real de las actividades a realizar para reestablecer el valor soporte de la pista y regularizar la superficie.

8.3.1. Diseño de mezcla utilizada

Se tomaron muestras de agregados pétreos de diferentes canteras del país y fueron llevadas a los laboratorios donde se realizó el diseño. En esta obra se utilizaron dos tipos de mezcla. Primeramente sería aplicada una capa de 6 mm con una mezcla de Faja II (DNER) con 11,3 % de emulsión y posteriormente sobre ella otra de 6 mm con una mezcla más gruesa, que corresponde a la Faja III (DNER) con 10,7 % de emulsión.

8.3.2. Ejecución de la obra

Los trabajos que se realizaron inicialmente fueron fresado de la carpeta en las zonas con fisuras tipo piel de cocodrilo y en bloques y la posterior restitución del gálibo con mezcla asfáltica, en las fisuras longitudinales que se encontraron se procedió al sellado de fisuras utilizando emulsión asfáltica, también se realizó bacheo superficial y profundo.

Cabe destacar que se modificó la obra de manera a que el microaglomerado cumpla con sus funciones. Las actividades agregadas se encuentran bajo el nombre de adicionales A.

Luego de las reparaciones se realizó el microaglomerado asfáltico $e = 12 \text{ mm.}$, en toda la longitud de la calzada, realizado en dos capas de 6 mm c/u. La emulsión fue de tipo RL 1C FLEX con polímeros tipo SBS de rotura controlada.

Para la aplicación de las capas se tuvo la asistencia de un laboratorio móvil, en el cual se realizaron todos los ensayos y controles necesarios.

Los trabajos complementarios realizados fueron la señalización vertical y horizontal con la colocación de tachas reflectivas en el eje de cada calzada, así como la reparación de los accesos a la autopista, la limpieza de las cunetas y sistemas de drenaje y por último una limpieza general de la franja de dominio y las entradas y salidas de las obras de arte y puentes.

8.3.3. Entrega de la obra

La obra se entregó el día 30 de Octubre de 2004 con los trabajos terminados en un 100 % así como las obras adicionales. La vida útil prevista es de 5 años.

8.3.4. Situación actual del tramo

La obra se encuentra en este momento en buen estado presentándose solo en los puentes desprendimientos de la capa de microaglomerado ya que la misma fue aplicada con grandes espesores. Hasta el momento no se observa reflexión de las fisuras y grietas que fueron tratadas previas a la aplicación del microaglomerado.

8.3.5. Conclusión

En esta obra experimental se ha logrado el objetivo de rehabilitar un tramo muy deteriorado superficialmente pero con buena capacidad soporte remanente lo que hacía innecesario un refuerzo para prolongar su vida útil.

La nueva superficie permite mayor confort y seguridad para el usuario al haber mejorado el escurrimiento del agua en la calzada y eliminando la posibilidad de existencia de baches en un futuro cercano.

La nueva superficie permitirá aumentar la vida útil del tramo a través de la impermeabilización lograda sobre todo ya que no se observa reflexión de fisuras que permitan que el agua llegue a las capas inferiores lo cual se logra mediante la elasticidad de la capa de microaglomerado.

Cabe destacar que el bajo precio de la obra hizo posible su ejecución.

Por último, otro aspecto importante a tener en cuenta es el hecho de haberse realizado por

primera vez en nuestro país un tramo experimental con nuevas tecnologías que se utilizan en países del primer mundo posibilitando un uso más racional de los recursos disponibles y obteniéndose un mantenimiento más adecuado de los caminos.

8.4. Otras obras que utilizan microaglomerado en frío

Atendiendo al buen resultado que se obtuvo en el tramo experimental, el MOPC ha resuelto ejecutar pavimento tipo microaglomerado en frío en otros tramos de la red vial de características similares a las del tramo experimental (buenas características de soporte estructural y superficie deteriorada).

Las obras a ser realizadas son:

- Bacheo y señalización Tramo: Tacuara – Santa Rosa – Yby Yaú (Ruta N° 3). En esta obra está prevista la realización de 40 Km. de pavimento tipo microaglomerado.

- Recapado de Ruta N° 5 “Gral. Bernardino Caballero” Tramo Yby Yaú – Km 179. Existe un tramo de aproximadamente 20 Km. con características adecuadas para alcanzar una vida útil de 10 años con la ejecución del pavimento tipo microaglomerado.

8. ANÁLISIS DE COSTOS

8.1. Análisis

En este apartado se realizará una comparación, a través del método del Valor Actualizado de Costos (VAC), entre las técnicas de Micropavimento y de Recapado con Carpeta de Concreto Asfáltico de 4 cm., que en nuestro país es el principal método que se utiliza para renovar pavimentos desgastados y con fallas.

Debido a que este trabajo se enfoca en la técnica del micropavimento, se supone que el tramo no necesita valor soporte adicional, por lo que a pesar de que el recapado aporta cierto valor estructural, el mismo es despreciado.

El período análisis considerado es de 10 años. En este lapso de tiempo se tendrá que realizar una sola vez el recapado y dos veces micropavimento ya que se considera que su vida útil es de 5 años.

Para el análisis se hallarán los Valores Actualizados de Costos (VAC) con lo cual se podrá verificar cual es más rentable.

La metodología a seguir es la siguiente: realizar la planilla de análisis de costos de cada una de las técnicas, hallar los costos de cada técnica para un tramo en buenas condiciones estructurales de 10 Km. de longitud y 7 m de ancho, hallar el VAC para cada caso.

El precio unitario del Recapado es de 30.634 GS. y el del microaglomerado es de 15.358 Gs. (1U\$S = 6.200 Gs.).

De los valores del VAC hallados se puede concluir que realizando el micropavimento se obtiene un ahorro del **21,42 %** con respecto al Recapado.

8.2. Conclusión

La alternativa que presenta menor valor actualizado de costos es la de MICROAGLOMERADO lo que indica que es la más económica.

Este ahorro que se obtiene con la técnica del Microaglomerado se debe a los siguientes factores:

a. Menor utilización de maquinarias en su construcción, implicando un menor consumo de combustibles, lubricantes, costo de equipo, etc.

b. Menor utilización de mano de obra. Con esta tecnología, la máquina aplicadora de microaglomerado realiza casi todo el trabajo.

c. Debido a los pequeños espesores con que se realiza el microaglomerado, la utilización de los agregados se reduce en un alto porcentaje. En ciertos lugares del país, como en Chaco Paraguay, los agregados de machaqueo son escasos y los ahorros de dicho material que permite esta técnica la convierten en una gran alternativa.

d. El costo del flete en las grandes distancias encarece el producto y con el ahorro señalado en el ítem anterior se reduce el costo de transporte.

Hay que destacar que este significativo ahorro, permite realizar mayor volumen de obras, logrando de esta manera aprovechar mejor los créditos.

Asimismo el flujo de desembolsos para el Microaglomerado es más conveniente, ya que la inversión inicial no es tan elevada como la del recapado. Esto también permite un mejor aprovechamiento de los recursos del Estado ya que simultáneamente con esta obra, se pueden emprender otras para mejorar la infraestructura vial.

Como esta técnica es nueva en nuestro país, al aumentar la experiencia, se podrían mostrar costos aun menores debido a la optimización de los procesos.

A todo lo expuesto, hay que agregar que existen intangibles que para este trabajo no fueron convertidos a unidades monetarias, pero que también reflejan cierta ventaja del Microaglomerado sobre el Recapado:

a. El tiempo de ejecución del Microaglomerado es mucho menor que el

Recapado, lo que redundará en ganancias para el Contratista, Contratante y Usuarios.

b. La utilización de una planta de asfalto para la elaboración de mezcla asfáltica para carpeta produce mucha polución y contaminación sonora en la zona donde se encuentra instalada. En cambio el microaglomerado se produce en pista no teniéndose una chimenea que polucione el aire y se reduce la contaminación sonora.

c. También se reduce la utilización de energía ya que no se necesita una planta de asfalto.

9. CONCLUSIÓN GENERAL

Considerando los resultados obtenidos en la rehabilitación de la Autopista de acceso al aeropuerto de Asunción, se ha optado por la utilización del microrevestimiento en otros tramos del país, lo cual es un gran avance en el ramo ya que es el inicio de la ejecución de obras de mantenimiento preventivo con nuevas tecnologías en nuestro país. Teniendo en cuenta la situación actual de las rutas Paraguayas, es una tecnología que se irá expandiendo hasta llegar a ser de uso generalizado, como en otros países, ya que, teniendo una estructura de pavimento de buena calidad remanente, se puede rejuvenecer e impermeabilizar capas de rodaduras envejecidas y fisuradas.

En caso de necesitarse aporte estructural, también puede ser una alternativa válida, siempre que esté complementada con las capas necesarias que aporten estructura al paquete, y utilizándola como una capa de rodadura que nos da una buena impermeabilización y una textura adecuada.

Esta técnica de mantenimiento y/o mejoramiento tiene varias ventajas con respecto a otras técnicas, siendo las principales su bajo costo, menor impacto ambiental, rápida aplicación y rápida liberación al tránsito.

No obstante, se debe destacar que el uso más adecuado y conveniente del microaglomerado es el de revestimiento para proteger una carpeta envejecida, degradada y fisurada por envejecimiento, defecto constructivo o el mismo uso, pero sobre un paquete estructural que aún pueda soportar carga de tráfico por varios años, ya que la nueva capa no aporta estructura al pavimento, pero sí colabora en su preservación, protegiéndolo del efecto del agua superficial, sirviendo, además, para corregir pequeños defectos superficiales que podrían afectar la seguridad del tráfico y reducir la vida útil del pavimento.

Con respecto al medio ambiente se puede decir que pasó la prueba ya que luego de una identificación de los impactos se concluye que

éstos solo aparecen en el periodo de construcción y que la explotación de recursos naturales, como canteras de piedras y energía, son más reducidos, así como la contaminación del aire y del agua.

Con respecto a la parte económica, luego de un análisis se determinó que el costo al realizar un micropavimento, en comparación con el recapado con concreto asfáltico, es más accesible, ya que no se requiere un desembolso inicial o costo inicial muy elevado, lo cual hace posible el mantenimiento de mayor longitud de caminos y con esto un aumento de la vida útil de los mismos bastante importante con el consecuente ahorro para el país.

En cuanto al diseño de mezcla se puede decir que este se debe realizar en base al tipo de agregado pétreo que se utilizará para la obra y realizando los ensayos respectivos se podrá determinar que tipo de emulsión tendrá mejores resultados.

Por último, estas tecnologías, utilizadas en forma masiva en los Estados Unidos, Europa, Brasil y Argentina, seguramente deberán, junto a una imprescindible participación y actitud de los técnicos de disposición al cambio, colaborar para el mantenimiento, recuperación y ampliación del patrimonio vial nacional.