

IAG317-04-2013
ANÁLISIS DE COSTOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS CON RAP EN LA
REGIÓN DE LA PLATA Y GRAN BUENOS AIRES
ANÁLISE DE CUSTOS DE MISTURAS ASFÁLTICAS COM RAP NA
REGIÃO DA LA PLATA E GRAN BUENOS AIRES

Mg Ing. Eduardo A. Williams
Unidad de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Civil -Departamento de Construcciones.
Facultad de Ingeniería. UNLP
La Plata, Argentina
lapiv@ing.unlp.edu.ar

Ing. Diego Omar Larsen
Unidad de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Civil- Departamento de Construcciones.
Facultad de Ingeniería. UNLP
La Plata, Argentina
lapiv@ing.unlp.edu.ar

Mg. Ing. Manuela M Pendón
Cátedra Formulación y Evaluación de Proyectos. Departamento Ingeniería de la Producción.
Facultad de Ingeniería. UNLP.
La Plata, Argentina
lapiv@ing.unlp.edu.ar

Ing. Bernardino Capra
Unidad de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Civil– Departamento de Construcciones.
Facultad de Ingeniería. UNLP
La Plata, Argentina
lapiv@ing.unlp.edu.ar

Resumen

Las técnicas de reciclado de materiales han tenido un gran crecimiento en los últimos años. La razón está centrada en economías y cuidado del medio ambiente. Los áridos y asfaltos empleados en la elaboración de una mezcla asfáltica provienen de fuentes no renovables. Su reaprovechamiento tiene incidencia directa en los costos de construcción e indirecta en la preservación del medio ambiente. En el futuro, con seguridad, el empleo de RAP en distintos porcentajes, dejará de ser una opción en la producción de concreto asfáltico en nuestro país. En este trabajo se realiza un análisis de costos de mezclas recicladas a fin de poner en evidencia la reducción de costos que genera el empleo de RAP en obras de pavimentación con concreto asfáltico. El análisis se realizó sobre datos correspondientes a la zona de influencia de La Plata y Gran Buenos Aires en la República Argentina.

Resumo

As técnicas de reciclagem de materiais tem crescido muito nos últimos anos. A razão é focada em economia e cuidados ambientais. Agregados e asfaltos utilizados na produção de uma mistura de asfalto a partir de fontes renováveis. Sua reconstrução tem impacto direto sobre os custos de construção e preservação ambiental indireto. No futuro, com certeza, o uso de RAP em diferentes porcentagens, deixará de ser uma opção para a produção de concreto asfáltico em nosso país. Neste trabalho foi realizada uma análise da mistura reciclada custo para destacar a redução de custos gerada pelo uso de RAP na pavimentação com concreto asfáltico. A análise foi realizada em dados para a área de influência de La Plata e Buenos Aires, na Argentina.

INTRODUCCIÓN

El fresado de pavimento

El fresado de pavimentos es la operación que consiste en remover y extraer capas de la superficie del camino. En la mayoría de las situaciones se realiza sobre un pavimento deteriorado. Los espesores de operación son variados y responden a proyectos de rehabilitación de caminos. En las secciones fresadas puede reutilizarse en una nueva mezcla asfáltica.

El fresado de pavimentos permite mantener o modificar en forma leve la rasante. Lo que representa ventajas técnicas y /o económicas.

Como no se modifica rasante ni la sección transversal del camino o calle no se alteran las condiciones de escurrimiento de las aguas. Asimismo no es necesario modificar sumideros, bocas de registro, cámaras de inspección y no se modifican las intersecciones con otras vías.

En túneles y pasos inferiores permite mantener el gálibo original. En aplicaciones en zonas rurales se evita la recolocación de defensas, barreras de seguridad, new jersey, modificación de las obras de arte y de alcantarillas originadas en nuevas cotas de rasante.

En todos los casos se evita la ejecución de nuevas banquetas, ya que la junta con el carril adyacente no modifica su cota.

Asimismo, no es necesario ensanchar la base de apoyo, como lo es en una repavimentación. Y permite la rehabilitación estructural de carriles individuales. Esta situación resulta de gran importancia en calzadas de autopistas y autopistas, de más de un carril por sentido en las que los deterioros más importantes se verifican en los carriles de tráfico pesado.

En la repavimentación, el espesor necesario del carril más deteriorado, por razones de lógica geometría y mantenimiento de una sección transversal uniforme, debe ser aplicado a la totalidad de los carriles adyacentes y de las banquetas involucradas con un consumo innecesario de mezclas asfálticas, que no se origina en demandas de refuerzo estructural.

El fresado de pavimentos permite la ejecución de espesores de rehabilitación en forma independiente en función de los requerimientos individuales de cada carril. De igual forma permite adecuar las necesidades de refuerzo a cada tramo involucrado

Dado que no ocasiona, en general, modificación de la rasante, no se genera un aumento de sobrecarga en tableros de puentes, alcantarillas y obras de arte.

Con la operación de fresado, que elimina el material de la o las capas superiores, se mejora el perfil y la regularidad superficial de la calzada existente.

En todos los casos no requiere la modificación de cotas de los pavimentos y veredas adyacentes.

Dado que elimina las capas más deterioradas, los refuerzos estructurales se colocan sobre material no deteriorado, lo que se traduce en una mayor vida de servicio.

A continuación se realiza un listado, seguramente incompleto, de los campos de aplicación usuales para las operaciones de fresado:

- ✓ El fresado de pavimentos permite la eliminación de las capas agrietadas, heterogéneas o muy deformadas existentes sobre las que no sea conveniente la aplicación directa de refuerzos.
- ✓ El origen de las fallas o patologías puede ser fatiga. Las superficies con baches existentes o reparados, heterogéneas transversalmente o en casos en los que se verifique desprendimientos y/o exudaciones.
- ✓ pavimentos constituidos por tratamientos superficiales, básicamente granulares con espesor escaso de materiales bituminosos en los que se quiera estabilizar el material granular existente, bien para aumentar su capacidad soporte o para disminuir la susceptibilidad al agua.
- ✓ Una gran ventaja de fresar, además de las expuestas, es que nos permite recuperar, para su posterior uso, áridos y asfalto.

El producto del fresado de pavimentos en servicio es conocido como RA (Reclaimed Asphalt) o RAP (Reclaimed Asphalt Pavement).

Los equipos de reciclado

En la actualidad se cuenta con equipos muy potentes que permiten fresar espesores considerables en una pasada, en anchos variables y con distintas velocidades de avance. Posibilitan la obtención de un material adecuadamente disgregado. Es usual medir los rendimientos en metros cuadrados por hora.

Asimismo existe probada experiencia en obras sobre la relación entre la eficiencia del proceso y los distintos factores que interviene, es decir, la velocidad de avance, velocidad de giro o sentido de giro cuando se pueden variar, tiempos útiles de fresado, regularidad, etc.

Los orígenes

Los orígenes del reciclado de pavimentos se encuentran en la crisis de precios de petróleo de 1973, que, impulso el aumento del precio del asfalto.

Posteriormente la preocupación incipiente en la conservación de la energía y las consignas ecológicas de los '80, el interés en la conservación de áridos y la reducción de desechos, hacen que las técnicas sigan desarrollándose. En particular en los países de mayor conciencia ecológica y en aquellos con escasa disponibilidad y altos costos de áridos.

A lo largo de la última década el hombre se interesó más por la defensa del medio ambiente y se volvió mas conciente de que los recursos son limitados

Empleo del RAP

El producto del fresado, RAP; tiene diversos destinos. El menos eficiente, tanto desde el punto de vista de la conservación de recursos y del económico, es trasladarlo a depósitos como destino final. Como contrapartida la solución más eficiente es la de emplear el RAP en una nueva mezcla asfáltica. Entre ambos extremos de eficiencia se encuentran usos alternativos.

Se analizan a continuación mezclas asfálticas recicladas en caliente elaboradas en planta asfáltica. Esta técnica permite obtener, dentro de determinados rangos de aporte de RAP, una nueva mezcla de características equivalentes a la de ejecutada con materiales vírgenes.

Algunas de las ventajas del empleo de RAP son energéticas, ya que es menor el consumo de energía en el proceso.

Asimismo, el empleo de un 15% de RAP en una carpeta de 5 centímetros de espesor de concreto asfáltico permite ahorrar aproximadamente 120 toneladas de árido virgen por kilómetro y espacio en depósitos finales que se utilizarían para esa cantidad. Complementariamente, es posible reducir el contenido de asfalto virgen.

Existe una menor degradación de la red vial por disminución de la cantidad de material virgen transportada, que no tiene una incidencia directa en los costos de la obra, pero que deberían ser considerados en una evaluación Social del Proyecto por parte de las reparticiones del Estado.

La explotación, además de las actividades de extracción, genera impacto visual y destrucción de ecosistemas.

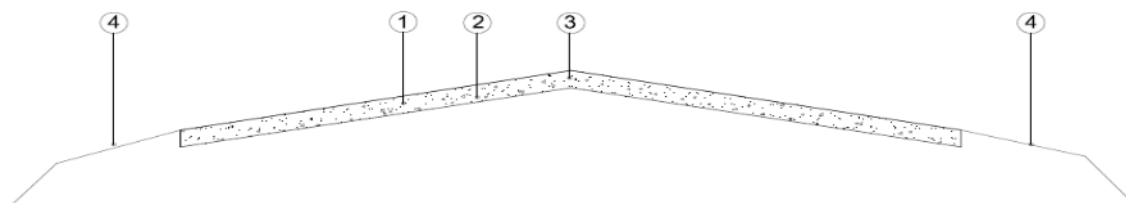
Se reducen los costos de explotación de canteras que se destinan a la adecuación medioambiental y de cuidado del entorno, lo que se debería traducir en una reducción del precio del árido virgen. Se disminuye el costo de la cada vez mayor complejidad de eliminar residuos asfálticos.

Se obtiene un menor impacto ambiental al no producir residuos de fresados a vertederos y no precisa la apertura de nuevas canteras.

Por otra parte, la experiencia demuestra que se puede lograr una adecuada textura superficial y adherencia en mezclas con porcentajes de RAP de hasta el 20%.

En regiones con escasa existencia de materiales granulares de calidad adecuada para su empleo en CA, hace necesario usar materiales de origen distante del local con el costo que eso implica. A modo de ejemplo, el costo de transportar áridos una distancia mayor a los 300 km (situación habitual en la Provincia de Buenos Aires), implica un costo de transporte que representa aproximadamente entre el 60 y 70% del costo total del material colocado en obrador.

**PERFIL TIPO DE ESTRUCTURA
DE PAVIMENTO FLEXIBLE
EN CALZADA EXISTENTE A RECONSTRUIR**



REFERENCIAS:

- ① FRESADO DE CARPETA CONCRETO ASFÁLTICO EN 0,05 m DE ESPESOR TODO EL ANCHO DE CALZADA
- ② RIEGO DE LIGA CON EMULSION ASFÁLTICA MODIFICADA A RAZÓN DE 0,4 LTS/M²
- ③ CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE 0,05 m DE ESPESOR
- ④ RECONFORMADO DE BANQUINAS CON REPOSICIÓN DE SUELO

Dosificación sin agregado de RAP

✓ Agregado grueso triturado	37.4%
✓ Agregado fino triturado	46.7%
✓ Agregado fino natural (*)	10.0%
✓ Filler (Cal)	1.0%
✓ Cemento Asfáltico	4.9%

(*) de acuerdo a lo establecido en las Especificaciones Técnicas Generales propuestas por la Comisión Permanente del Asfalto, para carpeta de rodamiento el debe proceder de la trituración de roca sana de cantera o grava natural.

Dosificación con agregado de 10% de RAP

✓ Material proveniente del fresado	10.0%
✓ Agregado grueso triturado	32.4%
✓ Agregado fino triturado	41.7%
✓ Agregado fino natural (*)	10.5%
✓ Filler (Cal)	1.0%
✓ Cemento Asfáltico	4.4%

Dosificación con agregado de 20% de RAP

✓ Material proveniente del fresado	20.0%
✓ Agregado grueso triturado	27.4%
✓ Agregado fino triturado	36.9%
✓ Agregado fino natural (*)	10.7%

- ✓ Filler (Cal) 1.0%
- ✓ Cemento Asfáltico 4.0%

Todas las formulaciones anteriores cumplieron con las exigencias vigentes de las Administraciones Viales:

- ✓ Porcentaje de desgaste medido en el Ensayo de los Ángeles: < 25%.
- ✓ Calidad de las rocas: Material deficiente según Especificaciones de DVN < 4%
- ✓ Índice de Lajosidad: < 30
- ✓ Vacíos: entre 3 y 5 %
- ✓ Relación Betún – Vacíos: 70 a 80 %
- ✓ Relación C/Cs ≤ 1
- ✓ Estabilidad Marshall: > 700 Kg.
- ✓ Fluencia Marshall: 2 – 4 mm.
- ✓ Índice de estabilidad residual = $(S_2/S_1) \times 100 > 75$
 S_1 = Estabilidad marshall grupo 1 (probetas sumergidas durante 30-40min a 60°C)
 S_2 = Estabilidad marshall grupo 2 (probetas sumergidas durante 24hs a 60°C)
- ✓ Relación Estabilidad – Fluencia: comprendida entre 1700 kg/cm y 3500 kg/cm

Tabla 1: Resumen dosificaciones mezclas

Materiales	Dosificación sin RAP	Rap al 10%	Rap al 20%
1- Material de Fresado		10.0%	20.0%
2- Cemento asfáltico CA 20	4.9%	4.4%	4.0%
3- Agregado fino natural	10.0%	10.5%	10.7%
4- Agregado fino triturado	46.7%	41.7%	36.9%
5- Agregado grueso triturado	37.4%	32.4%	27.4%
6- Cal hidráulica hidratada	1.0%	1.0%	1.0%
	100.0%	100.0%	100.0%

Para poder comparar los costos de las distintas mezclas, se adoptaron valores medios de mercado del precio de la mezcla asfáltica, teniendo en cuenta el barrido y soplado de la superficie a recubrir, la provisión, carga, transporte, descarga y acopio de los agregados pétreos, relleno mineral y materiales bituminosos, el calentamiento y mezclado de los materiales; carga, transporte, descarga, distribución y compactación, incluido materiales, la corrección de los defectos constructivos, y por todo otro trabajo, mano de obra, equipo o material necesario para la correcta ejecución y conservación de la tarea.

No se incluye el precio del fresado y su transporte a obrador, pues se considera que es un costo idéntico en los tres casos y puede tomarse como un ítem distinto al de mezcla asfáltica.

Considerando costos de mercado, y calculando el costo de un kilómetro de camino en 7,30 metros de ancho de calzada y 0.05 m de espesor de carpeta de rodamiento a colocar, se tiene un

ahorro aproximado del 8% para el caso de utilizar concreto asfáltico con 10% de RAP, y del orden de 11.3% si se incorpora a la mezcla un 20% de RAP.

No se han tenido en cuenta costos y beneficios ambientales, sino simplemente los ítems que adoptan para el análisis de precios las Agencias Viales. Los valores son expresados en Pesos Argentinos (AR\$) y corresponden al primer semestre de 2013.

Tabla 2: Costos de mercado para cada alternativa.

	Dosificación sin RAP	Rap al 10%	Rap al 20%
Costo por Km	AR\$ 407.940,66	AR\$ 375.391,38	AR\$ 361.799,76
Ahorro por km	-	AR\$ 32.549,29	AR\$ 46.140,90
	-	8.0%	11.3%

CONCLUSIONES

El reciclado une ventajas y permite alcanzar metas económicas y de cuidado del ambiente.

Reduce los costos, cada vez mayores, de eliminación de residuos. Reduce el empleo de materiales vírgenes con un gran número de ventajas ya detalladas en este y otros artículos. Las obras viales consumen elevados volúmenes de recursos no renovables, por lo que deben extremarse la posibilidades de reciclado. El presente nos brinda la posibilidad de reciclar nuestros propios materiales. Esto reduce, además, los daños al entorno que se generan con la extracción, preparación, colocación y depósito de los materiales que empleamos.

No existen dudas de la viabilidad técnica del reciclado de pavimentos asfálticos. Y la calidad de las mezclas obtenidas cumple las especificaciones ordinarias para las mezclas con materiales vírgenes.

La creciente exigencia en materia de legislación ambiental favorecerá a quienes hoy cumplen con proyectos que emplean el reciclado. Las soluciones tradicionales, sin empleo de RAP, favorecen la continuidad de plantas asfálticas poco eficientes, o imposibilitadas de emplear RAP.

En el presente se cree que el reciclado de pavimentos está lejos de constituir una técnica de rehabilitación de aplicación general. Las razones podemos encontrarlas en el desconocimiento, inseguridad técnica, etc.

Es posible que no se tome en cuenta la real posibilidad de empleo del RAP en igualdad de condiciones que las mezclas de materiales vírgenes. Los resultados de obras recientes siguen acumulando las evidencias y potencialidad del empleo del RAP:

En lo referente al análisis del proyecto de rehabilitación de caminos resulta claro que los resultados de las presentaciones y propuestas de costos de las empresas del área sólo reflejan algunos de los costos, omiten otros, y no reflejan los beneficios que una evaluación social del proyecto recogería. Esta última evaluación dejaría en evidencia un amplio margen de beneficio, económico y social, para los proyectos de rehabilitación que reciclen los pavimentos existentes.

Por lo tanto, todo proyecto debería evaluar la alternativa del reciclado en su etapa de formulación. Es una alternativa viable, económica y de ella se desprenden beneficios para la sociedad, las empresas y el estado.

Nos encontramos frente al desafío de rehabilitar pavimentos empleando eficientemente las técnicas de reciclado.

Aun a igualdad de precios entre rehabilitar empleando sólo materiales vírgenes y empleando mezclas recicladas se presenta como mas oportuno reciclar con solo incorporar a la evaluación los costos ambientales de no reciclar.

Bibliografía

.- AHMED SHALABY. Modelling short-term aging of asphalt binders using the rolling thin film oven test. Canada. 2009.

.- ANDERSON, CHRISTENSEN, BAHIA, DONGRE, SHARMA, ANTLE Y BUTTON. Binder Characterization and evaluation, Vol.3: physical characterization. Report N° SHRP-A-369, Strategic Highway Research Program, National Research Council. USA. 1994.

.- MOUILLET, LAMONTAGNE, DURRIEU, PASCAL PLANCHE Y LAPALU. Infrared microscopy investigation of oxidation and phase evolution in bitumen modified with polymers. Science Directo. 2008.

.- LARSEN, ALESSANDRINI, BOSH Y CORTIZO. Micro-structural and rheological characteristics of SBS-asphalt blends during their manufacturing. *Constr. Buil. Mat.* N 23, pág. 2769–2774. 2008.

.- LINS, ARAUJO, YOSHIDA, FERRAZ, ANDRADA Y LAMEIRAS. Photodegradation of hot-mix asphalt. *Fuel*. N 87, pág. 3254–3261. 2008.

Wirtgen. Manual de Reciclado en frío. Alemania. 2004

NASSIR SAPAG CHAÍN. Proyectos de Inversión. Formulación y Evaluación, México 2007