

## **Mezclas asfálticas con materiales reciclados de construcción y demolición para la reparación de pavimentos**

Rodrigo Tórres, Paola Flores, Mariana Flores, Víctor Flores y Kevin Mairon

R. Torres, P. Flores, M. Flores, V. Flores y K. Mairon.

Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Facultad de Ciencias Agrarias, Calle Calvo N° 132, Sucre, Bolivia.

M. Ramos, (eds.) Ciencias Tecnológicas y Agrarias, Handbooks -©ECORFAN- Sucre, Bolivia, 2014.

## Abstract

The present research aimed to prove that it is possible to develop a product mix asphalt material of construction and demolition waste, which could be used in the repair or patching pavement. The study was mainly to collect recyclable waste in selected works by crushing rock aggregates getting used to prepare an asphalt mixture, which was subjected to various laboratory and field tests to determine their mechanical behavior. The results were within the ranges accepted norm. Finally, an analysis of costs per cubic meter of recycled shows revealing a savings of 14% compared to a traditional mix of direct cost.

**Keywords:** Asphalt, Durability, Mixture, Recycled, Residue.

## Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como finalidad comprobar que es posible la elaboración de una mezcla asfáltica con material de los residuos de construcción y demolición, susceptible de ser empleada en la reparación o bacheo de pavimentos. El estudio consistió básicamente en recolectar residuos reciclables en obras seleccionadas, consiguiendo agregados pétreos por trituración que sirvieron para preparar una mezcla asfáltica, la cual fue sometida a distintas pruebas en campo y laboratorio para determinar su comportamiento mecánico. Los resultados obtenidos se encontraron dentro de los rangos aceptados por norma. Finalmente se efectuó un análisis de costos por metro cúbico de muestra reciclada que revela un ahorro del 14% en relación a una mezcla tradicional a costo directo.

**Palabras Clave:**Asfalto, durabilidad, Mezcla, Reciclados, Residuos.

## 6 Introducción

La reparación de vialidades en nuestro medio se realiza a base de pavimentos flexibles con emulsiones asfálticas y agregados derivados de la roca natural extraída de canteras cercanas, los pavimentos se encuentran sometidos a agentes ambientales como la temperatura, humedad y precipitación que reducen su durabilidad lo cual amplía la frecuencia de las reparaciones que se deben practicar para mantener los estándares de funcionamiento.

El uso de materiales reciclados puede contribuir notablemente a la reducción del impacto ambiental en este tipo de obras, evita el agotamiento de materias primas ya que disminuye la actividad extractiva de materiales primarios al sustituir en un porcentaje el material de préstamo que suele proceder de canteras, y reduce el volumen de residuos ocupado en vertederos, en consecuencia, el avance en dicha técnica contribuye notablemente a reducir el impacto ambiental.

En la presente investigación se utilizaron materiales reciclados de construcción para diseñar una mezcla, tratando de lograr una exacta determinación de las propiedades del cemento asfáltico con el fin de caracterizar el material y así poder predecir la respuesta y las posibles fallas que pueden ocurrir.

Se demostró que los áridos reciclados presentan propiedades y características físicas propias que mejoran los rendimientos, aseguran los resultados y prolongan la vida útil de los materiales minerales en las obras públicas.

Para que sea posible el uso de este material en la reparación de pavimentos para carreteras y vías urbanas, es necesario el uso de aditivos químicos que añadidos a los asfaltos aumenten su resistencia y retrasen su envejecimiento.

## **Antecedentes**

La investigación del empleo de áridos reciclados en la construcción se ha enfocado más en las líneas de mezclas bituminosas y de hormigón elaborado a partir de material reciclado.

En Alemania actualmente se producen 60 M de toneladas año de áridos reciclados, de las cuales, más de 40 M, se destinan al mantenimiento y construcción de bases y sub-bases de carreteras y vías urbanas. A partir del año 1993, la Directriz RG Min-STB 93 facilitó el crecimiento del sector del reciclaje en Alemania y permitieron demostrar que los áridos reciclados son muy competitivos en los mercados de los materiales granulares destinados a la construcción de bases y sub-bases de carreteras.

Un ejemplo pionero en España en cuanto a reciclado in situ es la planta montada por Dragados en Barajas, que comenzó a funcionar en febrero de 2000, la planta ha permitido aprovechar los materiales pétreos procedentes de la demolición de hormigones y asfaltos de losas del aeropuerto. Esta experiencia no es aplicable a las obras en las cuales el material reciclado debe provenir de una planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición, en la cual los residuos pueden tener distintas procedencias, debiéndose aplicar estrictos controles en la calidad del material reciclado resultante.

Otras experiencias en el uso de áridos reciclados las podemos encontrar en la construcción del Anillo Verde Ciclista de la Comunidad de Madrid y en el Corredor verde del Parque de las Cañadas (Cádiz).

Adicionalmente, se ha comprobado que las características reológicas del ligante asfáltico de la mezcla también influyen significativamente en el comportamiento visco-plástico de estos materiales. En el diseño mecanicista de pavimentos se controlan los esfuerzos verticales que soporta la capa de sub-rasante, con el fin de evitar la formación de huellas en superficie. Sin embargo, ninguna metodología de diseño controla las deformaciones permanentes producidas por el comportamiento visco-plástico de las mezclas asfálticas.

## **Planteamiento del problema**

Los residuos de construcción son contaminantes que infertilizan los suelos, constituyéndose un problema para el medio ambiente, además de la falta de nuevas alternativas para su reciclado, como en el uso en la reparación de pavimentos asfálticos.

## **Justificación**

Uno de los principales problemas en el mundo es la contaminación ambiental. La necesidad de reciclaje de los residuos de construcción no solamente concierne a los países más grandes ni a las comunidades más industrializadas, sino también a una demanda global. Muchos países, que van desde los más desarrollados hasta otros en vías de desarrollo como el nuestro podrían experimentar el ahorro de recursos naturales y preservación del medio ambiente utilizando estas técnicas de reciclaje. Por lo que se hace necesario inculcar esta cultura recicladora además de la de preservar el medio ambiente, cultura que podría tener ventajas económicas que favorecerían al desarrollo de nuestros pueblos ya que no existen iniciativas que permitan dar soluciones a corto plazo como es el caso de las mezclas asfálticas con materiales de construcción y demolición.

Los residuos de construcción son contaminantes que infertilizan los suelos, constituyéndose un problema para el medio ambiente, además de la falta de nuevas alternativas para su reciclado. De ahí la importancia de incorporar técnicas de reciclado que nos permitan reducir la contaminación ambiental por residuos de construcción y que disminuirán la cantidad de materiales de banco utilizados, además de abaratar costos y obtener la resistencias exigidas por norma en la construcción de pavimentos.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Obtener una mezcla asfáltica con residuos reciclados de construcción y demolición para su aplicación en la reparación o bacheo de pavimentos, coadyuvando de esta manera a la no contaminación de suelos y a la preservación del medio ambiente.

- Revisar información bibliográfica.
- Determinar las características de los materiales reciclados y su idoneidad para su uso en mezclas asfálticas
- Determinar y evaluar las resistencias mediante ensayos
- Verificar la evolución del comportamiento de cada mezcla realizada, comparándola con la del asfalto tradicional
- Contribuir a la disminución de contaminación por residuos de construcción
- Preparar la mezcla asfáltica con los residuos de construcción y demolición para su posterior comparación y evaluación de comportamiento con el asfalto tradicional.
- Difundir los resultados, mediante ferias científicas, trípticos, dípticos, etc.

## **Hipotesis**

Con la adición de materiales reciclados de construcción y demolición en mezclas asfálticas se trata de obtener un material de mejor resistencia de bajo costo y de características similares a los convencionales, para ser utilizados en la reparación o bacheo de pavimentos. De esta manera coadyuvamos en el reciclado y la no contaminación por este tipo de desechos.

## **6.1 Materiales y método**

### **1. Materiales**

Los materiales utilizados son: Emulsion Asfáltica

- Concreto triturado
- Ladrillo triturado
- Tamiz
- Recipientes de fundición
- Paleta de mezclado
- Hornilla
- Combustible (GLP)

### Otros materiales:

- kerosene (para el curado)
- Aditivos químicos

## 2. Metodología

Para el estudio se procederá de la siguiente manera

Se desarrollara en 5 etapas:

En la primera etapa se realizo la recolección de los materiales donde se obtuvieron principalmente escombros de concreto, bloques, y ladrillos, una vez recolectadas las muestras fueron trituradas, este proceso se realizo por cada material para obtener los agregados por separado. Seguidamente se realizo el mezclado de los mismos, en forma proporcional, homogeneizando las muestras y secándola. Por ultimo se tomo por cuarteo una muestra representativa y se procedió a la caracterización del material petreo.

En la segunda etapa se llevaron a cabo diversas pruebas para obtener las características físicas de los agregados.

Las pruebas realizadas fueron:

Peso volumétrico seco suelto para obtener el peso de las partículas solidas por unidad de volumen, expresado en kg por metro cubico.

- Analisis granulométrico para clasificar por tamaño las partículas del material pasándola por una sucesión de mallas obteniendo el peso de los retenidos como porcentaje de la muestra total.
- Densidad relativa, obtenida como la relación de la densidad de la absoluta, incluyendo sus vacios
- Porcentaje de absorción, para determinar la cantidad de agua absorbida por el material petreo previamente saturado de agua a una temperatura entre 15° a 25°C durante 24 horas.
- Equivalente de arena, cuyo objeto fue determinar en la fracción que pasa la malla numero 4.75 bajo condiciones de pruebas establecidas, la proporción volumétrica de partículas de tamaño mayor que el de las arcillas, con respecto al volumen de las partículas finas de tamaño similar al de la citadas arcilla.

En la tercera etapa se elaboró la mezcla con los distintos tipos de escombros.

Posteriormente la mezcla asfáltica se sometió a una prueba de compresión sin confinar para valorar la fatiga máxima que soportaría un espécimen elaborado con dimensiones y condiciones de prueba normalizada.

En la cuarta etapa se clasificaron los especímenes según la granulometría empleada.

Como quinta y última etapa se efectuó un análisis comparativo de costos a precio unitario de ambas mezclas, la tradicional y las obtenidas de materiales reciclados considerando los conceptos de remoción, carga y descarga, suministros, acarreo, acomodo, compactación de los materiales, etc.

El costo directo fue integrado en rubros, a saber: a) materiales, b) mano de obra, c) equipo y herramienta menor y d) básicos de la mezcla asfáltica.

## 6.2 Resultados y discusión

### Pruebas de resistencia y estabilidad (vaciado)

Probeta cilíndricas de 2 ½ pulg. de altura y 4 pulg. de diámetro para determinar el contenido óptimo de cemento asfáltico. Fueron empleados dos tipos de cemento asfáltico, uno convencional y el modificado con 5% de polietileno, empleándose el contenido óptimo de cemento asfáltico que para ambos casos fue de un 8% y se llevaron a cabo dos condiciones de prueba, en seco y bajo condiciones de humedad. Adicionalmente se realizó un segundo experimento dentro de la granulometría abierta GA con la finalidad de conocer el comportamiento de una mezcla rica en asfalto, lo que proporcionaría al pavimento mucha mayor durabilidad.

En todos los casos fueron probados los especímenes en seco y bajo condiciones de humedad, con el fin de simular el posible daño que puede causar el agua en las mezclas, estas condiciones fueron dadas mediante un tratamiento de inmersión en agua durante 4 horas a una temperatura de 60°C, después de este lapso se les permitió a los especímenes retomar la temperatura ambiente para después ser ensayados de la misma forma que los especímenes secos.

Estos ensayos se realizaron con el fin de determinar si los agregados con los que se hizo el diseño cumplen con las especificaciones que se exigen para la conformación de la mezcla asfáltica en estudio. En total se analizaron 16 especímenes, 10 en la prueba de resistencia de la mezcla (2 por cada muestra) y 6 en la pérdida de estabilidad por inmersión (2 por cada una).

La tabla 6 muestra la forma como fueron clasificados los estudios.

**Tabla 6.** Estudios realizados al agregado petreleo

Pruebas	Muestras de material seleccionado	
	Reciclada	Tradicional
Peso volumétrico seco suelto kg/m <sup>3</sup>	1183	1235
Analisis granulométrico, % que pasa		
Malla No. 4	42	45
Malla No. 40	12	16
Malla No. 200	8	10
Densidad, gr/cm <sup>3</sup>	2.14	2.09
Absorción, %	13.5	11.9
Equivalente de arena, %	55	43

En el cuadro anterior, se observa que los datos de peso volumétrico y granulometría de las muestras recicladas fueron ligeramente inferiores con respecto a las tradicionales, pero mayores en todas las demás pruebas, sin que ello significara que no estuviera dentro de los rangos aceptados por la normatividad oficial. Se hace notar que el incremento de la absorción promedio puede atribuirse a la elevada relación de vacíos implícita en el material obtenido de los bloques de concreto reciclados. Asimismo, el 40% en el límite de las especificaciones, resulta evidente en virtud de la heterogeneidad de los componentes utilizados.

De igual forma las pruebas realizadas a la mezcla asfáltica que se aprecian en la tabla 2, arrojaron resultados aceptables en las pruebas realizadas. No obstante la muestra A fue desechada por no cubrir en forma homogénea el material petreo en estudio, eligiendo en consecuencia la muestra B para el desarrollo de las mezclas a estudiar.

**Tabla 6.1** Resultados de pruebas a la emulsión asfáltica

Pruebas	Muestra A	Muestra B
A 50°C	16	15
Contenido de residuo mezcla asfáltica %	57.4	61.6
Asentamiento a 5 días, %	1.2	2.6
Retenimiento en la malla No. 0.850, %	0.14	0.04
Penetración a 25°C	93	55

Asimismo, en la tabla 3 se observan los resultados de las pruebas realizadas a la mezcla de material petreo

**Tabla 6.2** Resultado de pruebas a las mezclas de material petreo

Pruebas	Muestra de material seleccionado	
	Reciclada	Tradicional
Peso volumétrico seco suelto, kg/m <sup>3</sup>	1195	1247
Humedad óptima de la muestra, %	12	10
Cubrimiento, %	95	97
Manejabilidad	Buena	Buena
Adhesividad	Buena	Buena
Compresión sin confinar, kg/cm <sup>2</sup>	7.2	7.3
Perdida de estabilidad	40.2	30.7

Finalmente, el análisis de costos se detalla en la tabla 5

**Tabla 6.3** Comparativo de costos por metro cubico de mezclas asfálticas.

Partida	Mezcla normal	Mezcla reciclada
Materiales	95	76.77
Basicos	320	280.35
Total costo directo	415	357.12

Con estos valores es posible estimar que el empleo de la mezcla reciclada permite un ahorro del 14% a costo directo en comparación con el costo de los materiales y en los costos básicos de la mezcla asfáltica.

### 6.3 Conclusiones

Se demuestra que las características físicas de los agregados pétreos reciclados son, muy similares a los agregados tradicionales.

El producto obtenido con el reciclaje de residuos de construcción y demolición cumple con los requisitos requeridos para un asfalto.

No existen diferencias significativas en el comportamiento mecánico del material pétreo reciclado con respecto al tradicional.

El comportamiento de los bacheos realizados con ambas muestras fue muy parecido y no presentaron deformaciones ni desprendimiento considerable.

En conjunto, la mezcla reciclada cuesta un 14% menos que la mezcla tradicional a costo directo.

Se recomienda posteriormente validar la investigación agregando los aditivos al asfalto (vía húmeda). Mezclas asfálticas modificadas con materiales reciclados presentan una disminución de la estabilidad en un 10 a 13 % con respecto a la mezcla convencional en el porcentaje óptimo de asfalto y aditivo.

Este tipo de mezcla muestra una tendencia a mejorar las propiedades de peso unitario. El mejor comportamiento de las mezclas asfálticas se obtiene cuando se mejora el asfalto con aditivos químicos.

En el porcentaje óptimo de esta mezcla el peso unitario es similar, el porcentaje de vacíos es mayor y la estabilidad es 0.76 veces menor que el de la mezcla convencional.

Mezclas asfálticas modificadas con materiales reciclados y aditivos químicos presentan igual comportamiento que las convencionales, especialmente en rigidez, resistencia a la deformación y peso unitario.

### 6.4 Agradecimientos

Los investigadores agradecen a la Dirección de Investigación Ciencia y Tecnología (DICYT) de la Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca por el apoyo brindado en el desarrollo del presente trabajo.