

# PROPUESTA DE NORMA PARA ELABORACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA ALMACENABLE, PARA BACHEOS Y REPARACIONES DE EMERGENCIA

Fecha de recepción: 13/03/13

Fecha de aprobación: 24/07/13

Ing. Augusto Jugo B., PhD.  
Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado (UCLA)  
Barquisimeto, Venezuela.  
augustojugo@cantv.net

## RESUMEN

El reciente desarrollo y uso de mezcla asfáltica almacenable producida en planta, con el fin de ser empleada en frío para bacheos y reparaciones de emergencia en Venezuela, no ha contado con una especificación que norme su producción y calidad. Esto ha provocado que la evaluación del producto mediante ensayos que no son correspondientes con este tipo de mezcla, ni con el uso de la misma, muestre resultados equívocos, llegando inclusive a producirse rechazo del producto. Por este motivo se desarrolló una especificación técnica para la elaboración y control de mezcla asfáltica almacenable, así como una propuesta de un procedimiento específico de ensayo que evalúe de forma correcta el producto.

**Palabras claves:** mezcla almacenable, bacheo, reparaciones de emergencia, ensayo de mezcla almacenada.

## ABSTRACT

*The recent development and use of storable plant-produced asphalt mixtures in order to be used in cold patching and other emergency road repairs in Venezuela does not have yet a production and quality control specification. The product has been evaluated by laboratory tests that have not been developed for this type of mixture neither for its use, and this has produced equivocal results, even leading to product rejection. For this reason, a technical specification was developed for the production and control processes of storable asphalt mixtures, as well as a specific procedure proposal in order to properly test the product.*

**Key words:** storable asphalt mixture, patching, emergency repairs, stored mixture testing.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo presenta un resumen de los aspectos más relevantes adelantados con la finalidad de desarrollar una especificación técnica para la elaboración y control de mezcla asfáltica almacenable, preparada en planta, para ser empleada en frío en bacheos y reparaciones de emergencia. Esta mezcla tiene la ventaja que puede almacenarse por meses -sin perder sus propiedades- para ser empleada en reparaciones menores de emergencia o cuando por cualquier razón no se disponga de otra mezcla o producto adecuado para realizar reparaciones de emergencia o corregir -rápidamente- fallas que puedan poner en peligro la seguridad de los usuarios.

Este producto, de reciente desarrollo no cuenta, en Venezuela, con una especificación particular que norme su producción y calidad que considere el uso especial al que está destinado, lo que ha traído como consecuencia que el producto sea evaluado con normas que no corresponden con el tipo de mezcla arrojando resultados equívocos, que en casos han llevado al rechazo del producto.

Debe destacarse, que para el presente estudio se realizó una búsqueda de información a nivel internacional, con la finalidad de ubicar y conocer normas de otros países para productos similares. Se obtuvo información de Chile, Colombia, México, EEUU, España e Italia, sin embargo no se logró encontrar una especificación técnica clara y completa para controlar la calidad del producto.

Otro aspecto de interés, es la falta de un procedimiento específico de ensayo que se adapte al producto, por lo que éste trabajo se enfocó en los siguientes aspectos:

1. Establecer los requerimientos del agregado
2. Definir un procedimiento de ensayo
3. Establecer las propiedades específicas del producto

## 1. ESTABLECER LOS REQUERIMIENTOS DEL AGREGADO

Como criterio inicial se consideró que las propiedades del agregado deben ser similares a las establecidas -en una mezcla convencional- para lograr una *buena mezcla asfáltica*.

Adicionalmente debe considerarse los siguientes aspectos:

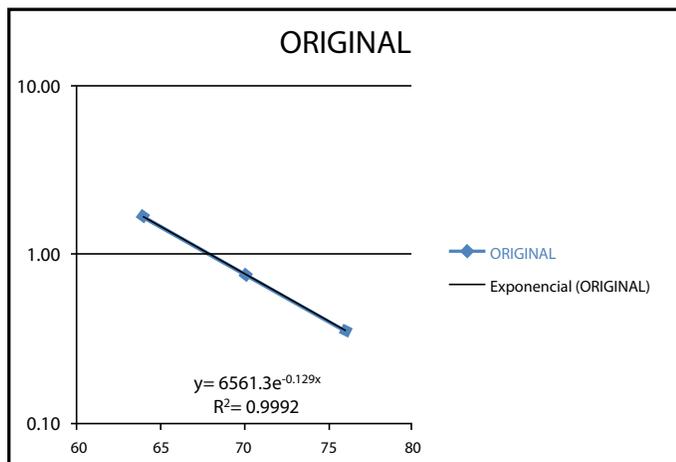
- La mezcla es producida para ser extendida y compactada en forma manual con herramientas menores. Por lo que debe tener buena trabajabilidad.
- Debe tomarse en cuenta que el uso del producto no exige altos niveles de compactación, por lo que deben evaluarse la durabilidad, propiedades mecánicas y resistencia a la humedad, considerando una moderada densificación.

En base a lo indicado, se propone un tamaño máximo de agregado de 1/2" (12 mm) con una banda granulométrica similar a una mezcla COVENI II, TN-9 o M-9.

Respecto a otras propiedades del agregado, se establecieron las siguientes:

- Desgaste Los Ángeles del retenido en el tamiz #4, o de la fuente de agregado: máx 50 %
- Porcentaje de caras fracturadas del retenido en el tamiz #4: mín 70 %
- Equivalente de arena de la combinación de agregado: mín 50 %

Figura 1. Banda Granulométrica



Estos requerimientos tienen por finalidad lograr un agregado que propicie por sí solo la producción de una mezcla de calidad, considerando que otros aspectos como la temperatura de uso y compactación de la mezcla, así como los equipos empleados y el propio uso a que está destinado el producto, no exigen un nivel de compactación alto que además -generalmente- no se controla.

La figura 1 muestra la banda de gradación propuesta para la mezcla, la cual se indica a continuación:

CEDAZO	% EN PESO, DE AGREGADO, QUE PASA LOS CEDAZOS
1/2"	100
3/8"	90-100
Nº.4	55-85
Nº.8	32-67
Nº.50	7-23
Nº.200	4-10

Respecto al ligante no se indica ninguna especificación, por cuanto existen en el mercado diversos productos asfálticos, aditivos y modificadores apropiados, y la selección del mismo es potestad del productor.

## 2. DEFINIR UN PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

El siguiente paso consistió en definir un procedimiento de ensayo para la mezcla, acorde con su uso y requerimientos antes indicados. Para ello se consideró una adaptación del Método Marshall por ser un procedimiento confiable además de ampliamente conocido.

Se realizaron pruebas de laboratorio en una fase preliminar -con mezcla asfáltica- variando los siguientes aspectos del procedimiento:

- Temperatura de compactación de la mezcla: 25, 40, 110 y 140 °C.
- Energía de compactación: 30, 40 y 50 golpes por cara de la briqueta.
- Temperatura de agua de inmersión: 25, 40, 50 y 60 °C.
- Tiempo de inmersión: 10, 20 y 30 min.
- Además de briquetas ensayadas sin inmersión.

Las figuras 2, 3, 4 y 5 presentan los resultados de algunas de las pruebas de laboratorio.

El análisis de estos resultados sirvió de apoyo para establecer un procedimiento de ensayo que se denominó *Marshall Adaptado* el cual fue posteriormente evaluado ensayando briquetas condicionadas como se presenta más adelante.

Respecto a la energía de compactación -luego de analizados los resultados de esta fase del trabajo- se determinó que todas las demás evaluaciones se harían sobre briquetas compactadas mediante el procedimiento Marshall, con 50 golpes por cara.

La evaluación de la Estabilidad o resistencia de la mezcla después de inmersión, o sea con un alto grado de saturación ,se considera relevante en función de las condiciones reales en que probablemente debe trabajar el producto, o sea con baja densificación y eventual saturación parcial o total.

Como puede observarse, la Estabilidad Marshall se mantiene en niveles adecuados, excepto para las briquetas compactadas a 40 °C y ensayadas a 60° C, lo que puede explicarse por el alto % de vacíos como se evidencia en la figura 5. Por otra parte, esta figura, indica que si la mezcla es compactada a la temperatura similar a la indicada en el Marshall estándar, los vacíos de la mezcla llegan a valores normales para una mezcla densa convencional.

En definitiva, para la definición de un procedimiento de ensayo se tomaron en cuenta los siguientes aspectos de producción y uso del producto, en función a los resultados obtenidos. Estos aspectos son:

- Un procedimiento de ensayo que sea compatible con el producto, el cual puede ser elaborado a distintas temperaturas.
- Compatible con el modo de uso. Como característica fundamental, este debe ser ensacado, o empacado y almacenado a temperatura ambiente para uso futuro.
- La dificultad o falta de exigencia de obtener una alta densificación de la mezcla en sitio.

Figura 5. Temperatura de comparación -vs- % de vacíos totales

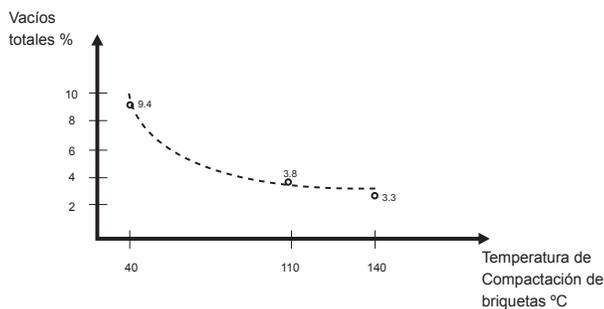


Figura 2. Estabilidad Marshall -vs- Temperatura y tiempo de inmersión en agua

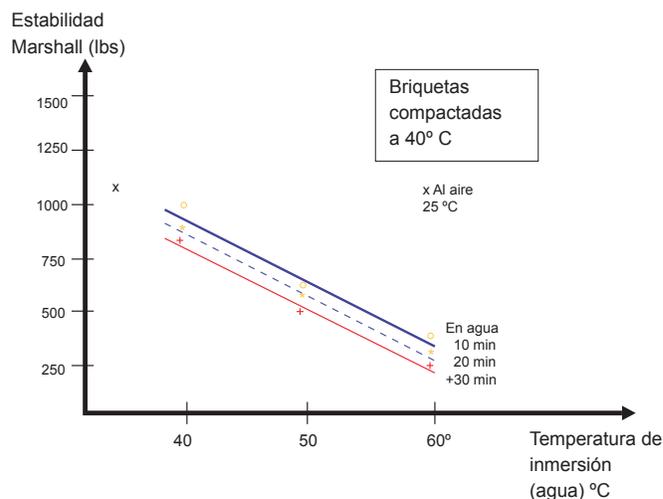


Figura 3. Estabilidad Marshall -vs- Tiempo de inmersión en agua

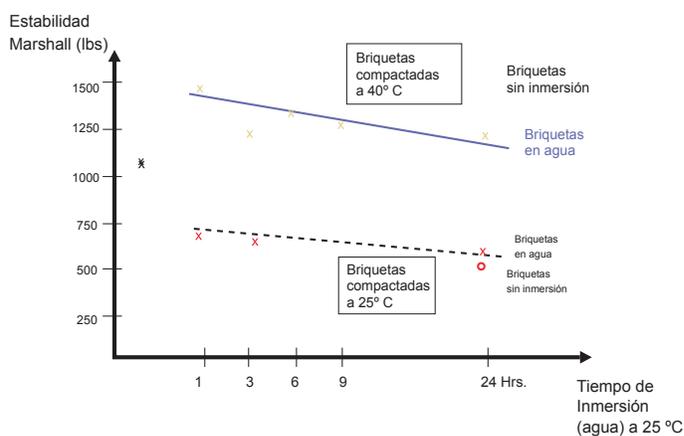
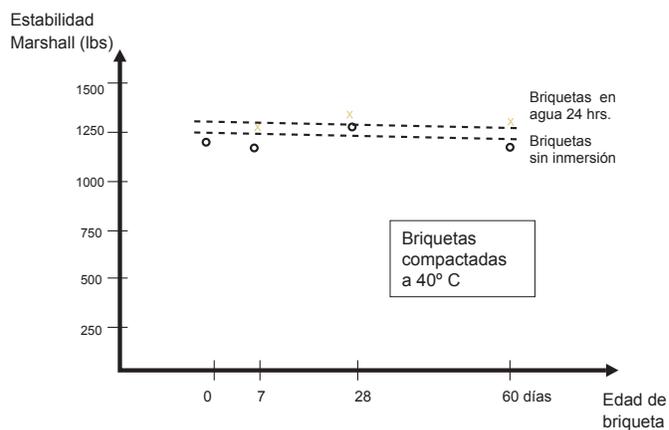


Figura 4. Estabilidad Marshall -vs- Edad de biqueta



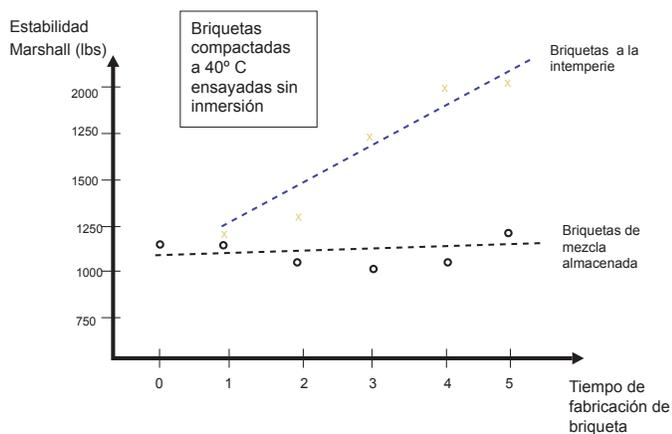
## Procedimiento de ensayo de la mezcla

Como se ha indicado, el procedimiento de preparación de briquetas y ensayo considera una modalidad específica aplicable a este tipo de mezclas, el que se ha denominado *Marshall Adaptado*.

Preparación de las briquetas:

- Una vez elaborada la mezcla, ésta se debe dejar reposar en el laboratorio por 24 horas a temperatura ambiente.
- Antes de compactar las briquetas la mezcla debe ser colocada en el horno a 40 °C por dos horas.
- Las briquetas deben compactarse, a 40 °C, de acuerdo con el procedimiento Marshall con 50 golpes por cara. Deben prepararse 2 juegos de al menos 3 briquetas cada uno.
- Determinar Densidad y % vacíos de las briquetas.
- Las briquetas deben ensayarse en la prensa Marshall a las 24 horas de su elaboración, de acuerdo con el siguiente condicionamiento previo:
  - Un juego debe mantenerse al aire a una temperatura de 25 +/- 2 °C antes del ensayo. El promedio de esta estabilidad se denomina, *Estabilidad al Aire*.
  - Un juego debe ensayarse luego de 24 horas de inmersión en agua a 25 +/- 2 °C antes del ensayo. El promedio de ésta estabilidad se denomina, *Estabilidad Condicionada*.

Figura 6. Estabilidad Marshall -vs- Tiempo de fabricación de la mezcla y briquetas



## 3. ESTABLECER LAS PROPIEDADES DEL PRODUCTO

La fase final del trabajo consiste en establecer o definir las propiedades de la mezcla en base a los resultados del procedimiento de ensayo formulado.

Adicionalmente, se ejecutaron pruebas adicionales -empleando el procedimiento propuesto- con la finalidad de evaluar las propiedades de la mezcla almacenada. Estos resultados se presentan más adelante.

Propiedades requeridas de la Mezcla:

Los resultados de los ensayos realizados a la mezcla, con el Marshall Adaptado, deben cumplir con los siguientes requisitos:

- % de vacíos totales: 6 a 12 %
- El promedio de estabilidad *al Aire* debe ser como mínimo 900 lbs (3,96 kN).
- El promedio de *Estabilidad Condicionada* debe ser como mínimo el 80% de la *Estabilidad al Aire*.

### Variación de las propiedades en el tiempo

Como se indicó, también se realizó un trabajo de evaluación de las propiedades de la mezcla en el tiempo, siguiendo el siguiente procedimiento:

1. Se preparó y ensayó una mezcla patrón empleando un agregado conforme a los requisitos y procedimiento antes indicados.
2. Se elaboraron 6 juegos de briquetas: uno se ensayó seguidamente, mientras los otros se dejaron a la intemperie, para ser ensayados cada mes.
3. Se almacenaron 5 porciones de la mezcla preparada, para elaborar briquetas cada mes, con el propósito de comparar las propiedades de la mezcla almacenada con la expuesta a la intemperie y con la mezcla patrón.

Los resultados de este trabajo se presentan en las figuras 6 y 7. Por su parte las figuras 8 y 9 muestran parte de las briquetas elaboradas.

Como puede observarse en los resultados de estabilidad de la mezcla almacenada en sacos herméticos mantuvieron sus propiedades durante los 5 meses de almacenaje. Por su parte en las briquetas colocadas a la intemperie se observa un incremento de la estabilidad, posiblemente ocasionado por endurecimiento del ligante. Es importante recordar que la mezcla tiene un porcentaje de vacíos totales en el orden del 9%.

Figura 7. Estabilidad Marshall -vs- Tiempo de fabricación de la mezcla y briquetas

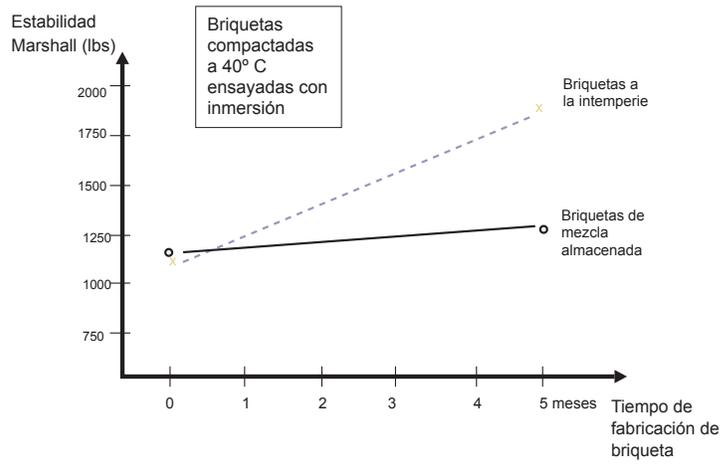
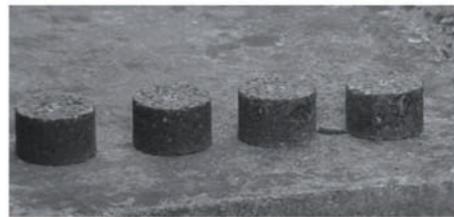


Figura 8. Briquetas preparadas para el trabajo



Briquetas ensayadas, cada mes:

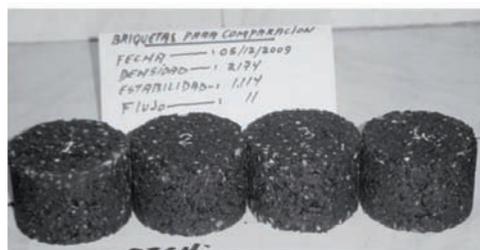
- a la intemperie
- preparadas de mezcla almacenada.



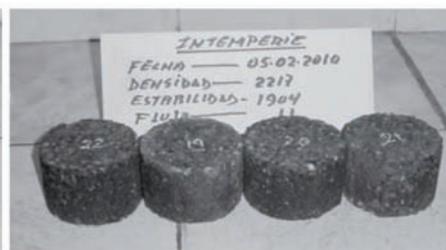
Todas las briquetas se elaboraron el mismo día, con la misma mezcla: Se guardaron 6 porciones de esa mezcla para ensayo posterior.

Figura 9. Briquetas preparadas para el trabajo

Briquetas ensayadas a 2 y 4 meses:



Elaboradas con mezcla almacenada por 2 meses.



Briquetas mantenidas a la intemperie por 4 meses.

## ELABORACIÓN Y SUMINISTRO DE MEZCLA ASFÁLTICA ALMACENABLE, PARA BACHEOS Y REPARACIONES DE EMERGENCIA<sup>1</sup>

Preparado por el Ing. Augusto Jugo B. (PhD) con el apoyo de la Ing. Soledad Miranda, estudiante de Postgrado de Pavimentos en la Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado (UCLA) de Barquisimeto. Venezuela.

### ELABORACIÓN Y SUMINISTRO DE MEZCLA ASFÁLTICA ALMACENABLE PARA BACHEOS Y REPARACIONES DE EMERGENCIA.

#### 12.36.01 Alcance

Esta especificación establece los requisitos particulares para la elaboración y suministro de mezcla asfáltica almacenable, preparada en planta, para ser empleada en bacheos y reparaciones de emergencia.

#### 12.36.05 Materiales

#### 12.36.06 Agregados pétreos

El agregado debe ser, piedra picada, grava picada, arenas o finos triturados combinados en diferentes proporciones de acuerdo con los límites de gradación indicados más adelante. Los agregados deben proceder de rocas duras y resistentes, no deben tener arcilla en terrones ni adherida a los granos; y debe estar libre de todo material orgánico.

12.36.07 La granulometría del agregado en la mezcla debe estar comprendida entre los límites indicados en la siguiente tabla:

CEDAZO	% EN PESO, DE AGREGADO, QUE PASA LOS CEDAZOS
1/2"	100
3/8"	90-100
Nº 4	55-85
Nº 8	32-67
Nº 50	7-23
Nº 200	4-10

#### 12.36.08 El agregado debe cumplir con las siguientes propiedades:

- El agregado grueso, retenido en el cedazo Nº 4, debe tener un % de desgaste Los Ángeles inferior a 50%.
- La fracción retenida en el cedazo Nº 4 debe tener un porcentaje mínimo de 70 % de caras producidas por fractura.
- La combinación de agregados, al momento de ser mezclados con el ligante, debe tener un valor mínimo de Equivalente de Arena de 50 %.

<sup>1</sup> Proyecto de Investigación desarrollado por INVEAS con aportes de la Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación (LOCTI), año 2010

### 12.36.10 Material asfáltico:

El material o ligante de la mezcla debe ser un material asfáltico especial o modificado que, al combinarse con los agregados, permitan la producción de una mezcla homogénea que pueda ser almacenada para uso futuro, manteniendo las propiedades que se indican a continuación:

### 12.36.11 Mezcla asfáltica

### 12.36.12 Preparación de la mezcla:

La mezcla debe ser preparada en planta dosificadora o mediante un equipo que asegure un mezclado homogéneo de los materiales sin alterar las propiedades de los materiales antes indicadas. La mezcla debe ser preparada a una temperatura que no exceda 140° C.

### 12.36.13 Procedimiento de ensayo de la mezcla:

El procedimiento de preparación de briquetas y ensayo considera una modalidad específica del método de ensayo Marshall, aplicable a este tipo de mezclas.

Preparación de las briquetas:

- Una vez elaborada la mezcla, esta se debe dejar reposar en el laboratorio por 24 horas a temperatura ambiente.
- Antes de compactar las briquetas la mezcla debe ser colocada en el horno a 40° C por dos horas.
- Las briquetas deben compactarse, a 40° C, de acuerdo con el procedimiento Marshall con 50 golpes por cara. Deben prepararse 2 juegos de al menos 3 briquetas cada uno.
- Determinar Densidad y % vacíos de las briquetas.
- Las briquetas deben ensayarse en la prensa Marshall a las 24 horas, de su elaboración de acuerdo con el siguiente condicionamiento previo:
  - Un juego debe mantenerse al aire a una temperatura de 25 +/- 2 °C antes del ensayo. El promedio de esta estabilidad se denomina, *Estabilidad al Aire*.
  - Un juego debe ensayarse luego de 24 horas de inmersión en agua a 25 +/- 2 °C. El promedio de esta estabilidad se denomina, *Estabilidad Condicionada*.

### 12.36.14 Propiedades de la Mezcla:

Los resultados de los ensayos realizados a la mezcla deben cumplir con los siguientes requisitos:

- % de vacíos totales: 6 a 12 %.
- El promedio de *Estabilidad al Aire* debe ser como mínimo 900 lbs.
- El promedio de *Estabilidad Condicionada* debe ser como mínimo el 80 % de la *Estabilidad al Aire*.

### 12.36.15 Prueba de Almacenaje:

Briquetas elaboradas, con mezcla almacenada durante 28 días en recipientes herméticos, y ensayadas conforme al procedimiento descrito deben cumplir con las Propiedades de la Mezcla antes indicadas.

### 12.36.16 Presentación del Producto:

La mezcla debe presentarse en bolsas o recipientes herméticos y resistentes que no excedan 40 kg de peso neto de mezcla.

El envase debe indicar:

- Fecha de preparación de la mezcla.
- Instrucciones de almacenaje y uso del producto.
- Cualquier otra información que sea útil al usuario para mejorar el desempeño del producto, o advertencia respecto a su uso que se considere importante.

### 12.36.80 Medición

12.90.81 La mezcla asfáltica almacenable será medida en kilogramos.

### 12.36.90 Relación del trabajo ejecutado

En los trabajos correspondientes a "Suministro de mezcla asfáltica almacenable" se relacionarán kilogramos de mezcla suministrada de acuerdo con las indicaciones de esta especificación.

### 12.36.95 Partidas para Presupuesto

#### C-12-36.001.01

Suministro de mezcla asfáltica almacenable en sacos o recipientes de \_\_\_\_ kg.

(Unidad: kg)

#### C-12-36.001.02

Suministro de mezcla asfáltica almacenable. (Unidad: kg)

## CONCLUSIONES

En base a los objetivos del trabajo y en acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de investigación, se diseñó un procedimiento de ensayo, denominado *Marshall Adaptado*, para el control de propiedades y calidad de mezclas almacenables para uso en bacheos y trabajos de emergencia. Esta propuesta contiene la preparación de una propuesta de Especificación Técnica para el producto, la cual incluye:

- Propiedades del agregado pétreo.
- Procedimiento de preparación y ensayo de briquetas.
- Requisitos de calidad de la mezcla o producto.

Con respecto a las propiedades del agregado, estas son similares a las exigidas para mezclas asfálticas convencionales.

El procedimiento de ensayo corresponde a una modificación y adaptación del ensayo Marshall, que se denominó *Marshall Adaptado*, considerando las características y forma de uso del producto. Por su parte las exigencias o requisitos de calidad de la mezcla, corresponden a valores que se consideran apropiados para lograr, con adecuada confiabilidad, un buen desempeño del producto o de cualquier mezcla asfáltica.

Esta propuesta de Especificación Técnica viene a llenar un vacío en la normativa para evaluación de propiedades y calidad de las mezclas almacenables que en los últimos años se vienen empleando en Venezuela, sin que exista un procedimiento de ensayo adecuado a sus características y propiedades particulares, así como a su uso específico.

## REFERENCIAS

1. Corredor, G. Apuntes de pavimentos. UCAB. Caracas. 2006.
2. Instituto del Asfalto. Asphalt emulsion manual. MS 19. 1979
3. Instituto del Asfalto. Mix design manual. MS 2.
4. Jugo, Augusto. Manual de construcción de pavimentos asfálticos. Inveas. Caracas. 2009.
5. Covenin. Especificaciones 2000-87; parte i. Carreteras.
6. Instituto del Asfalto; TAI. MS-22; Principios de construcción de mezclas asfálticas en caliente.
7. Us corp of engineers; hot mix asphalt paving handbook 1991.
8. Instituto del Asfalto; TAI. Superpave mix design, sp-2.
9. Jugo, Augusto. Criterios de selección de mezclas asfálticas en caliente. III Conveas, Barquisimeto, 2004.