

**“DETERMINACIÓN DEL RANGO DE PORCENTAJE DE VACÍOS EN LA BASE
TRATADA CON ASFALTO EN CALIENTE COMO PARÁMETRO DE CONTROL
DE LA MEZCLA”**

NÉSTOR RAÚL VILLAMIZAR QUINTERO

INGRID YESENIA TORRES BENÍTEZ

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESPECIALIZACIÓN EN VÍAS TERRESTRES
BUCARAMANGA
2013**

**“DETERMINACIÓN DEL RANGO DE PORCENTAJE DE VACÍOS EN LA BASE
TRATADA CON ASFALTO EN CALIENTE COMO PARÁMETRO DE CONTROL
DE LA MEZCLA”**

**NÉSTOR RAÚL VILLAMIZAR QUINTERO
ID: 202540**

**INGRID YESENIA TORRES BENÍTEZ
ID: 197550**

**Informe Final Monografía presentado
como requisito para optar al título de
ESPECIALISTA EN VÍAS TERRESTRES**

**DIRECTORA
NORMA CRISTINA SOLARTE VANEGAS
Ingeniera Civil – Especialista en Vías Terrestres**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESPECIALIZACIÓN EN VÍAS TERRESTRES
BUCARAMANGA
2013**

CONTENIDO

	Pág
RESUMEN	7
ABSTRACT	9
INTRODUCCION	9
1. IDENTIFICACIÓN	10
1.1 TÍTULO	10
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	10
1.3 JUSTIFICACIÓN	12
1.4 OBJETIVOS	13
1.4.1 Objetivo General	13
1.4.2. Objetivos Específicos	13
1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES	13
1.5.1 Alcances	13
1.5.2 Limitaciones	13
2. MARCO TEÓRICO	15
3. METODOLOGÍA A DESARROLLAR	22
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
BIBLIOGRAFÍA	50

CUADRO DE FOTOGRAFÍAS

	Pág
Fotografía 1. Pesaje muestra de BTAC para el ensayo de Extracción Cuantitativa del Asfalto	22
Fotografía 2. Adición de gasolina como solvente en el ensayo de Extracción Cuantitativa del Asfalto	23
Fotografía 3. Muestra de BTAC con gasolina momentos antes del ensayo de Extracción Cuantitativa del Asfalto	23
Fotografía 4. Preparación de la muestra de BTAC para el ensayo de Extracción de Asfalto	23
Fotografía 5. Pedestal para la elaboración de las briquetas de la BTAC tanto en campo como en el laboratorio	24
Fotografía 6. Elaboración de briquetas de la BTAC	24
Fotografía 7. Secado de las briquetas para el peso S.S.S.	24
Fotografía 8. Compactación de la BTAC con compactador mixto (rodilla y llantas)	48
Fotografía 9. Compactación de la BTAC con los dos compactadores (mixto y llantas)	48
Fotografía 10. Mezcla asfáltica BTAC extendida y compactada	49

CUADRO DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Localización detallada del corredor del proyecto	10
Figura 2. Localización del proyecto a nivel nacional	11
Figura 3. Localización del proyecto a nivel departamental	11
Figura 4. Porcentaje de vacíos de las briquetas	44
Figura 5. Porcentaje de vacíos promedio de las muestras	45
Figura 6. Rangos de porcentaje de vacíos	46
Figura 7. Número total de muestras por rango de porcentaje de vacíos	47

CUADRO DE TABLAS

	Pág
Tabla 1. Porcentaje de vacíos de las muestras recolectadas	28
Tabla 2. Datos muestra aleatoria $n = 135$	39
Tabla 3. Datos muestra aleatoria $n = 82$	40
Tabla 4. Datos muestra aleatoria $n = 53$	42
Tabla 5. Datos muestra aleatoria $n = 53$	43

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TÍTULO: DETERMINACIÓN DEL RANGO DE PORCENTAJE DE VACÍOS EN LA BASE TRATADA CON ASFALTO EN CALIENTE COMO PARÁMETRO DE CONTROL DE LA MEZCLA

AUTOR: NÉSTOR RAÚL VILLAMIZAR QUINTERO E INGRID YESENIA TORRES BENÍTEZ.

FACULTAD: ESPECIALIZACIÓN EN VÍAS TERRESTRES.

DIRECTOR: NORMA CRISTINA SOLARTE VANEGAS.

RESUMEN

La presente monografía se presenta como un estudio a la base estabilizada con asfalto denominada “Base Tratada con Asfalto en Caliente (BTAC)”, la cual se está utilizando el proyecto de la construcción de la doble calzada Bucaramanga-Cúcuta sin que ésta tenga una especificación general por parte del INVIAS. Por esta razón el contratista de obra tuvo que realizar una especificación particular en la cual no se contempló el parámetro de porcentaje de vacíos de la mezcla, una de las características más importantes de cualquier mezcla asfáltica.

El fin de esta monografía es establecer unos límites y determinar un rango para el porcentaje de vacíos que pueda ser usado como parámetro de control en el momento de la producción y utilización de la Base Tratada con Asfalto en Caliente usada dentro del proyecto de la construcción de la doble calzada Bucaramanga-Cúcuta. Este procedimiento es necesario para garantizar un comportamiento homogéneo de la mezcla asfáltica para esta propiedad.

De los resultados obtenidos de porcentaje de vacío de la mezcla asfáltica se toman tres grupos de poblaciones de pendiendo las fechas, arrojando los siguientes rangos: Muestra de 136 datos: R (5.5, 5.2), Muestra de 82 datos: R (5.2, 4.7), Muestra de 54 datos: R (6.1, 5.8).

Finalmente, se propone el rango de porcentaje de vacíos entre 5.5% y 6.5% como parámetro de aceptación o rechazo de la Base Tratada con Asfalto en Caliente, esto teniendo en cuenta cierto valor de incertidumbre ajustado a los límites calculados en todos los análisis anteriores para distintos tipos de población.

PALABRAS CLAVES: Base Tratada con Asfalto en Caliente, Porcentaje de Vacíos, Rangos, mezcla Asfáltica

GENERAL SUMMARY OF DEGREE WORK

TITLE: DETERMINATION OF THE PERCENTAGE RANGE OF GAPS IN THE TREATED-WITH-HOT-ASPHALT BASE AS A CONTROL PARAMETER OF THE MIXTURE.

AUTHOR: NÉSTOR RAÚL VILLAMIZAR QUINTERO E INGRID YESENIA TORRES BENÍTEZ.

FACULTY: SPECIALIZATION LAND ROUTES.

DIRECTOR: NORMA CRISTINA SOLARTE VANEGAS

ABSTRACT

The following monograph is presented as a study for the stabilized-with- asphalt base called Treated-with-Hot-Asphalt Base (THAB). This base is being used in the project of the construction of the double road from Bucaramanga to Cúcuta (Colombia) without a general specification by INVIAS (INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS). For this reason, the building contractor had to do a particular specification in which the parameter of the percentage of the empty spaces in the mixture was not considered properly although it is one the most important features in any mixture.

The purpose of this monograph is to establish some limits, and determine a level for the percentage of the empty spaces that can be applied as a control parameter when producing and using the Treated-with-Hot-Asphalt Base (THAB) which is used in the project of the construction of the double road from Bucaramanga to Cúcuta (Colombia). This procedure is necessary to guarantee a homogeneous behavior of the asphalt mixture for this property.

From the obtained results of the percentage of empty asphalt mixture three groups of target population are taken according to the dates. This gives the following ranges: 136 Sample data: R (5.5, 5.2), 82 sample data: R (5.2, 4.7), 54 sample data: R (6.1, 5.8).

Finally, the percentage of empty spa percentage is proposed between 5.5% and 6.5% as an acceptance parameter or rejection of Treated-with-Hot-Asphalt Base (THAB), this taking into account some uncertainty value adjusted to the calculated limits in all the previous for different types of target population.

KEYWORDS: Asphalt Treated Base Hot, percentage of voids, Ranges, asphalt

INTRODUCCIÓN

El Especialista en Vías Terrestres debe aplicar los sistemas modernos de diseño, posicionamiento, cálculo, construcción y administración de carreteras, dentro de un marco de integración del hombre con la naturaleza para colaborar con su preservación. De igual manera, debe hallar solución a los problemas cotidianos de infraestructura vial que se presentan en las carreteras. Por tal motivo es deber de todo futuro especialista poner al servicio de la comunidad los conocimientos adquiridos en la universidad para generar y apoyar políticas encaminadas a mejorar la calidad de vida de los habitantes del país.

Una base granular como parte estructural de un pavimento debe cumplir con ciertas propiedades y resistencia de acuerdo a las cargas a la que será sometido el pavimento para repartirlas de manera adecuada a las siguientes capas. En ciertas bases granulares dependiendo del diseño ha sido necesario realizar un tipo de mejoramiento; como por ejemplo, las bases tratadas con asfalto caliente convirtiendo esta base granular en prácticamente una mezcla asfáltica. En la actualidad no existen antecedentes donde se haya realizado algún tipo de investigación sobre una base estabilizada con asfalto utilizando material extraído de la cantera Suratá.

El tema de la monografía propuesta en este anteproyecto hace referencia al tema de pavimentos, uno de los módulos tratados en la especialización y que hacen parte fundamental del programa académico. Se hace especial énfasis en una mezcla que se ha venido utilizando desde hace algunos años pero que en la actualidad no cuenta con una normativa propia por parte del Instituto Nacional de Vías. Se pretende ofrecer una propuesta como uno de los parámetros de control y verificación para realizar una buena tarea de seguimiento.

Para tal fin, se tomó en cuenta y se profundizó en uno de los proyectos viales grandes del departamento de Santander, como lo es la construcción de la doble calzada Bucaramanga-Cúcuta, en el sector comprendido entre Bucaramanga y Cuestaboba, teniendo en cuenta la mezcla asfáltica denominada “Base Tratada con Asfalto en Caliente (BTAC)”, a la cual se le debió elaborar una especificación particular para poder utilizarse en este proyecto, ya que el Instituto Nacional de Vías no tiene una especificación general para este tipo de mezcla asfáltica y sus propiedades no están dentro de las mezclas contempladas en el artículo 450 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del año 2007.

Se realizará un análisis de una de las propiedades más importantes y que se debe controlar con mayor rigurosidad en las mezclas asfálticas, el porcentaje de vacíos. Éste, en la medida de lo posible, debe ajustarse a la fórmula de trabajo arrojada en el diseño. Además, debe mostrar una misma tendencia en el transcurso de

cualquier proyecto vial, lo que significa que la mezcla producida es homogénea y no está presentando mayores alteraciones en la producción, utilizando agregados con las mismas propiedades tanto físicas como químicas, lo que hace tener una alta confiabilidad en la mezcla que se está utilizando.

El porcentaje de vacíos, como una de las propiedades de la mezcla asfáltica, es muy importante debido a que bajos contenidos de vacíos pueden, eventualmente, resultar en inestabilidad debido al flujo plástico o después de que el pavimento ha sido expuesto al tránsito por un período de tiempo ante la reorientación de las partículas y compactación adicional. Además, unos altos contenidos de vacíos se asocian frecuentemente con mezclas de alta permeabilidad, al permitir la circulación de aire y agua a través del pavimento, lo que puede ocasionar endurecimiento prematuro del asfalto, desprendimiento del agregado, o un posible desprendimiento del asfalto en el agregado. Todos estos inconvenientes, se deben evitar, teniendo un porcentaje de vacíos idóneo y controlado.

El fin de esta investigación es definir un rango de porcentaje de vacíos de la base tratada con asfalto en caliente mediante la recolección y análisis de los datos suministrados por el Consorcio CEI-EDL (interventoría) de todo el control que ellos, en sus labores de supervisión y acompañamiento del trabajo del contratista, le realizan a las mezclas asfálticas utilizadas en el proyecto. El análisis se hará mediante la aplicación estadística de muestreo aleatorio simple, determinación del tamaño muestral, y posteriormente el cálculo de los límites superior e inferior para este parámetro.

1. IDENTIFICACIÓN

1.1. TÍTULO.

“DETERMINACIÓN DEL RANGO DE PORCENTAJE DE VACÍOS EN LA BASE TRATADA CON ASFALTO EN CALIENTE, COMO PARÁMETRO DE CONTROL DE LA MEZCLA”

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad, se está ejecutando la construcción de la doble calzada Bucaramanga – Cúcuta, sector Bucaramanga (PR8+000) – Cuestaboba (PR70+000), obra en la cual se tiene un frente en el sector La Nevera (PR34+000) – Picacho (PR45+000) – Berlín (PR62+000) – Cuestaboba (PR70+000) donde se están adelantando actividades de mejoramiento de la estructura del pavimento de la calzada existente, realizando fresado de la carpeta de rodadura actual, extensión y compactación de una Base Tratada con Asfalto en Caliente y en la capa de rodadura, una mezcla densa en caliente tipo MDC-2.

Para la elaboración y construcción de mezclas asfálticas y pavimentos, en Colombia nos regimos por las “Especificaciones generales de construcción de carreteras y normas de ensayo para materiales de carreteras” del Instituto Nacional de Vías del año 2007. Aún cuando hace ya algunos años se ha venido utilizando una base granular estabilizada con asfalto, no se tiene una especificación general para esta mezcla de agregados a la cual se le adiciona asfalto, por parte del INVIAS, situación que lleva a generarse una especificación particular para cada uno de los proyectos en donde se utiliza como capa dentro de la estructura de un pavimento.

En el proyecto anteriormente mencionado, se cuenta con esta especificación particular, pero no existe un rango para el porcentaje de vacíos que pueda ser utilizado como parámetro de control de esta mezcla tanto en el sitio de producción, como en el sitio de obra, es por eso que se hace imperiosa la necesidad de contar con valores específicos para cada característica propia de este tipo de mezcla.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La Base Tratada con Asfalto en Caliente (BTAC) es una mezcla de agregados a los cuales se le adiciona asfalto, por lo cual debe considerarse como una mezcla asfáltica, que si bien no va a tener las mismas características y propiedades de una mezcla utilizada como capa de rodadura, si debe tener características propias con unos rangos debidamente delimitados para así poder llevar un control estricto

del comportamiento de los materiales y de la mezcla como tal, para garantizar una homogeneidad en la producción y así poder asegurar un buen comportamiento a lo largo del tiempo.

En las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS no existe ningún artículo que haga referencia a la base estabilizada con asfalto en caliente, lo que más se acerca a este tipo de mezcla es el artículo 340-07 Base Estabilizada con Emulsión Asfáltica, pero se da el caso que no es en caliente y no con asfalto puro sino con emulsión asfáltica. Por otro lado, se debería tratar como una mezcla en caliente, dada su composición y características.

En la actualidad se cuenta con una especificación particular EP-1, basada solamente en la resistencia conservada, característica que mide la resistencia de las mezclas asfálticas a la humedad, y no se tienen en cuenta los demás criterios propios de un diseño Marshall.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Determinar el rango de porcentaje de vacíos para la base tratada con asfalto en caliente que se está utilizando en la rehabilitación de la vía Bucaramanga-Cúcuta dentro del proyecto “Estudios y diseños, gestión social, predial, ambiental y construcción de la doble calzada Bucaramanga-Cúcuta”, como parámetro de control de la mezcla.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Recolectar y procesar la información de la densidad bulk, gravedad específica máxima teórica (Gmm) y el porcentaje de vacíos de las muestras de base tratada con asfalto en caliente durante un período de tiempo establecido.
- Definir el rango (límites superior e inferior) del porcentaje de vacíos de la base tratada con asfalto en caliente, mediante análisis gráficos y estadísticos como parámetro de control y aceptación de la mezcla.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.5.1 Alcances

Conocer el comportamiento de la base tratada con asfalto en caliente tomando como referencia las especificaciones generales de INVIAS para los distintos ensayos que me determina el cálculo de porcentaje de vacíos por cada muestra de ensayos.

A partir de estos resultados por muestras, se obtendrá un diagrama representado por una serie de puntos relacionando el porcentaje de vacíos con cada muestra dando como resultado un área densa de puntos y que desde allí se debe definir o delimitar un rango en el cual se toma como criterio de aceptación o rechazo para el uso de una Base Tratada Asfalto en Caliente.

1.5.2 Limitaciones

El período de la obra en ejecución es mucho mayor al tiempo destinado para la elaboración de la presente monografía, por lo tanto no se puede tener la totalidad de los datos y por consiguiente poder realizar una investigación y análisis más profundo de la mezcla.

La propuesta del rango del porcentaje de vacíos para la base tratada con asfalto en caliente que se está utilizando en la rehabilitación de la vía Bucaramanga-Cúcuta, como parámetro de control, para su aceptación o rechazo, depende de múltiples factores que son propios de esta mezcla y que no se tratan en la presente monografía, como por ejemplo la granulometría, factor importante en el aspecto estudiado, pero que se mantendrá invariable por ser un agregado de la misma fuente.

2. MARCO TEÓRICO

La estructura de un pavimento está conformada por capas superpuestas que son diseñadas, producidas, extendidas y compactadas adecuadamente, cumpliendo con ciertas propiedades o características (1). En Colombia, éste se rige por las Especificaciones Técnicas de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías del año 2007.

Un pavimento flexible se caracteriza porque la carpeta de rodadura es de concreto asfáltico (mezcla de agregados y cemento asfáltico); este tipo de pavimento posee una estructura convencional conformada por la subrasante (capa de soporte de la estructura del pavimento), subbase granular (capa constituida por grava y arena de cierta calidad, que se encuentra entre la base granular y la subrasante), base granular (capa formada por agregados –grueso y fino- de mayor calidad que la subbase granular, cumpliendo determinados requisitos y propiedades, y que se encuentra entre la carpeta de rodadura y la subbase granular) y carpeta de rodadura (capa superior de la estructura del pavimento y la más resistente, encargada de transmitir los esfuerzos a las capas inferiores).

Una base puede ser simplemente granular o ser una base mejorada dependiendo del diseño y de las características que se quieran tener para el soporte de las cargas transmitidas por la carpeta de rodadura debido a las repeticiones de cargas generadas por los vehículos. Las bases mejoradas o modificadas tienen como fin garantizar la durabilidad del pavimento ofreciendo una mayor resistencia y transmitir de una manera adecuada las cargas hacia la subbase y la subrasante que son de menor resistencia dentro de la estructura del pavimento.

Ahora bien, la carpeta de rodadura que soporta directamente las cargas y que se encuentra sobrepuesta en una base, ya sea granular o modificada, es mejorada a través de la fabricación de mezclas asfálticas, las cuales están compuesta por material granular y asfalto, y que deben cumplir con unos parámetros de diseños de fabricación y construcción. El propósito de mejorar la carpeta de rodadura con mezclas asfálticas es de transmitir de mejor manera las cargas de los vehículos a las demás capas con un espesor definido, que en su mayoría depende del tránsito a soportar; igualmente, otras de las funciones son brindar uniformidad, durabilidad, confort, seguridad, etc.(2)

-
1. Estructura del concreto(<http://www.slideshare.net/guest4be40f/estructura-del-pavimento>)
 2. upcommons.upc.edu, mezcla asfáltica capítulo 3

Una buena mezcla asfáltica depende en un gran porcentaje de las características de los agregados pétreos y su interacción con el cemento asfáltico, a la temperatura y a la carga que soportara en su vida útil. Para garantizar la calidad de las mezclas asfálticas y que cumplan con su función antes mencionada, es necesaria la aplicación del método Marshall, el cual nos permite determinar la resistencia a la deformación plástica para el pavimento y obtener la cantidad óptima de los contenidos que constituyen la mezcla asfáltica. Para el control de calidad, se deben realizar un control diario tanto en el lugar de producción (planta) como en campo. Este diseño es aplicable a mezclas con asfalto y agregados con tamaño máximo menor o igual a 25.4 mm (1") como se especifica en el INV E-748-07.⁽¹⁾

Con la realización de este método se obtienen datos importantes, los cuales son las pruebas de estabilidad y flujo (INV E-748-07), densidad (INV E-733-07) y vacíos con aire (INV E-736-07)

En este método, el cual debe garantizar la funcionalidad de la mezcla, deben tenerse en cuenta ciertos criterios como compactación, estabilidad mínima, flujo, porcentaje de vacíos con aire, porcentaje de vacíos en los agregados minerales, porcentaje de vacíos llenos de asfalto; todos estos criterios de diseño de la mezcla asfáltica en caliente por el método Marshall se encuentran en la tabla 450.4 del artículo 450-07 de las especificaciones técnicas de construcción de carreteras del INVIAS 2007.

Un pavimento flexible está compuesto por varias capas estructurales que están sobrepuestas en la subrasante y que dependiendo de sus características, soportan y transmiten cargas. El diseño de una mezcla asfáltica, como lo indican las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS 2007, debe ser a través del método Marshall, efectuando el ensayo de estabilidad y flujo en acuerdo con la norma de ensayo INV E-748 y utilizando los procedimientos de cálculo establecidos en la norma de ensayo INV E-799, salvo que se justifique lo contrario. Las mezclas asfálticas se pueden utilizar tanto en capas de rodaduras como en capas inferiores, permitiendo soportar y transmitir las cargas de acuerdo al tránsito y esto es posible en la consideración de los espesores y materiales a utilizar

Los diseños se basan en el cumplimiento de normas y ensayos que son estudiados por la entidad correspondiente, en este caso el INVIAS, que mediante especificaciones técnicas recomienda ciertos criterios para el diseño y construcción de un pavimento.

1. especificaciones INVIAS 2007

Existen diseños que de acuerdo a las variables son difíciles de ajustar a todos los criterios para cada capa estructural de acuerdo a la norma o a las especificaciones. Una de esas variables es el costo económico, así como también el uso de materiales de la misma zona del proyecto, estos materiales pueden que no estén dentro de los criterios aceptables y al no poder cumplir con las especificaciones se es necesaria la utilización de suelos estabilizados donde se hacen diseños con especificaciones particulares.

El uso de bases mejoradas con asfalto pretende aumentar la resistencia del pavimento de acuerdo a las cargas del tránsito. El INVIAS dentro de las especificaciones generales de construcción de carreteras y normas de ensayo para materiales de carreteras del año 2007, no determina criterios para el diseño de las bases mejoradas con asfaltos para garantizar la calidad del diseño

La base tratada con asfalto caliente utilizada en la construcción de la doble calzada Bucaramanga-Cúcuta, está compuesta por material granular y asfalto, los cuales deben cumplir ciertos criterios mencionados en las especificaciones del INVIAS. A diferencia de las bases granulares las bases mejoradas con asfalto resisten mejor los esfuerzos a la tensión transmitidos a través de la capa de rodadura y por consiguiente se puede obtener un menor espesor de capa que las bases no tratadas.

MÉTODO MARSHALL

Es un método como control de calidad de la mezcla asfáltica en caliente que se emplea durante el diseño en laboratorio y construcción del pavimento. Uno de los propósitos de este método es determinar el contenido óptimo de asfalto que se compenetra con los agregados cumpliendo unos requisitos o criterios dados en la Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías 2007.

Como se menciona en la investigación realizada por el Instituto Mexicano del Transporte, a través del método se pueden obtener tres pruebas que permite conocer las características volumétricas y mecánicas de las mezclas asfálticas:

- Determinación de la Gravedad Específica
- Prueba de Estabilidad y Flujo
- Análisis de Densidad y vacío ⁽¹⁾

Estos ensayos establecen los criterios de calidad del diseño de la mezcla.

1. Instituto Mexicano del Transporte, aspectos del diseño volumétrico de mezcla asfáltica, pg 20

De acuerdo a las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías 2007 INV E- 799, define los siguientes criterios de la mezcla:

Vacíos de aire (V_a): Son bolsas de aire que se encuentran entre las partículas de agregados cubiertos con asfalto, en una mezcla asfáltica compactada. Se expresa como porcentaje del volumen total del espécimen. ⁽¹⁾

Vacíos en el agregado mineral (VAM): Volumen intergranular de vacíos entre Partículas del agregado de una MAC compactada (incluye vacíos de aire y el volumen de asfalto efectivo). Se expresa como porcentaje del volumen total del espécimen.(1)

Contenido efectivo de asfalto (P_{be}): Contenido total de asfalto menos la fracción de ligante asfáltico absorbida por las partículas del agregado. Se expresa como porcentaje del peso de la mezcla de pavimento compactada ⁽¹⁾

Vacíos llenos de asfalto (VFA): Es la fracción de los vacíos entre agregados minerales que contiene ligante asfáltico. Se expresa como porcentaje de los vacíos entre agregados minerales o VAM. Estos representan el volumen de asfalto efectivo presente en la mezcla. ⁽¹⁾

Gravedad específica máxima teórica (G_{mm}): En una mezcla sin compactar es la relación entre la masa (o peso en el aire) de un volumen de mezcla sin compactar (sin tener en cuenta los vacíos que quedan entre las partículas recubiertas con asfalto, $V_a = 0$) y la masa de un volumen igual de agua a una temperatura establecida. Su valor es a dimensional.⁽¹⁾

Gravedad específica bulk (G_{mb}): En una mezcla compactada es la relación entre la masa (o peso seco en el aire) de un volumen de mezcla total (teniendo en cuenta los vacíos que quedan entre las partículas recubiertas con asfalto) y la masa de un volumen igual de agua a una temperatura establecida. Su valor es a dimensional.

1. Especificación de construcción de vías INVIAS 2007, I.N.V. E- 799-07

Sin embargo el proyecto donde se está elaborando dicha mezcla y dentro del cual se está llevando a cabo la investigación, no contempla los resultados del método Marshall como parámetros de control de calidad de la mezcla asfáltica para la aceptación o no de los respectivos lotes o productividad diaria, y solo se realizaban para comprobar la homogeneidad del material, utilizando el diseño de Inmersión – Compresión contemplado en la norma de ensayo INV E-738.

ENSAYO DE INMERSIÓN –COMPRESIÓN

Como se define en la norma de INVIAS 2007, este método consiste en determinar la pérdida de resistencia a la compresión que se produce por la acción del agua sobre la mezcla y es usado como indicador de la susceptibilidad a la humedad ⁽¹⁾

Como se había mencionado anteriormente, el método Marshall se determina para saber el comportamiento del material pero como el diseño de la BTAC no se puede comparar con criterios de la norma, ya que no existe una especificación general por parte del INVIAS, se opta por realizar las especificaciones particulares y que se evaluará mediante la resistencia y durabilidad de las muestras. Uno de estos criterios que no cuenta con análisis comparativo con la norma es el porcentaje de vacíos. Estos datos se han venido obteniendo pero no es posible compararlos con alguna norma, el único soporte que tiene este diseño es el comportamiento del pavimento en algunas aéreas ya sometidas a cargas.

Esta investigación se enfoca en la determinación del porcentaje de vacíos para la base tratada con asfalto en caliente utilizada en el proyecto de la construcción de la doble calzada Bucaramanga-Cúcuta, para obtener rangos de esta propiedad que nos permita clasificar una muestra como óptima para la resistencia del pavimento. Uno de los propósitos en la utilización del método Marshall es la determinación del contenido óptimo de vacíos que se debe cumplir durante la construcción del pavimento

Los vacíos de aire son esos pequeños espacios que se forman entre las partículas, los cuales pueden ser llenados por aire; este es un parámetro que se utiliza en los diseños de pavimentos y en identificar el porcentaje de volumen de aire que puede tener una mezcla.

1. efecto del agua sobre la resistencia a la compresión de las mezclas asfálticas compactadas (ensayo de inmersión-compresión) I.N.V. E – 738 – 07

El cálculo del porcentaje de vacíos de aire en una mezcla asfáltica compactada, respecto al volumen total, se realiza de la siguiente manera:

$$V_a = 100 - \%G_{mm}$$

$$\%G_{mm} = \frac{G_{mb}}{G_{mm}} \times 100$$

O bien de la siguiente manera:

$$V_a = 100 - \left(1 - \frac{G_{mb}}{G_{mm}}\right)$$

donde:

V_a = porcentaje de vacíos de aire en la mezcla compactada respecto al volumen del espécimen,

G_{mm} = gravedad específica máxima teórica,

G_{mb} = gravedad específica bulk de espécimen compactado, y

$\%G_{mm}$ = grado de compactación del espécimen, expresado como un % de la gravedad máxima teórica, aquella en la que no se tienen en cuenta los vacíos entre agregados cubiertos con asfalto, condición teórica de $V_a = 0$ (1)

En algunos casos como en la utilización del método superpave; el volumen de vacíos de aire es un parámetro importante que se utiliza como base para la selección del contenido del cemento asfáltico como requerimientos volumétricos de la mezcla para diseños de mezclas asfálticas del método superpave utilizado en pruebas asfálticas realizado por el instituto mexicano del Transporte.⁽²⁾

Es importante la determinación del porcentaje de vacíos como parámetro en los distintos métodos de diseño y de igual manera nos permite evaluar y controlar el comportamiento de las mezclas asfálticas durante la ejecución de proyectos.

1. Especificación de construcción de vías INVIAS 2007, I.N.V. E- 736-07; 6.1 calculo porcentaje de vacio
2. Instituto Mexicano del Transporte, aspectos del diseño volumétrico de mezcla asfáltica

Una de las ventajas de una mezcla con cierto rango de porcentaje de vacíos es que se continúa con la compactación que se pueda generar ya sea con un tráfico bajo, medio o alto y así permitir una acomodación de las partículas adicional a la Compactación inicial, para evitar la falla del pavimento por las fracturas que se presenten debido a los espacios entre las partículas. En otras ocasiones un alto contenido de vacío en las mezclas produce deformaciones plásticas.

La durabilidad de la estructura de un pavimento ya sea en la base o carpeta de rodadura, puede estar en función de volumen de vacíos, ya que entre menor sea la cantidad de vacíos, menor va hacer la permeabilidad garantizando la reducción en la filtración de agua y aire, ya que si no se posee una buena capa drenante puede causar deterioro. Por otra parte, un volumen muy pequeño de vacíos en la mezcla puede producir exudación del asfalto.

Se puede definir como la recopilación de información que puede ser evaluada, analizada, comparada y/o interpretada, para hallar la respuesta a un estudio determinado o para la cual fue recopilada la información. Los métodos que se pueden aplicar en un estudio estadístico son:

- Recopilación
- Organización
- Representación
- Análisis ⁽¹⁾

Población

Una población es el conjunto de datos sobre el cual se realiza el estudio y que al igual, poseen una característica en común.

Muestra

La muestra son los datos obtenidos de una población, es un subconjunto de casos o individuos de una población estadística, que la representa.

Muestreo aleatorio simple

Una muestra aleatoria es la posibilidad de tomar datos de una población con la misma probabilidad de selección y que sea de manera independiente. Para obtener un número de muestra se debe tener en cuenta el margen de error. La muestra obtenida es menor o igual a la población y que aparte de la obtenida inicialmente, se pueden tener varias muestras con distintos datos seleccionados, es decir, se selecciona al azar los “n” elementos que contiene una muestra a partir de una población.

1. ([datos-estadisticos.html](#))

Rango

Un rango puede ser la diferencia entre el límite máximo y límite mínimo y nos permite deducir que tan disperso pueden estar los datos.

Límites Superiores e Inferiores

Son los valores mínimos y máximos que tiene el intervalo de clase.

3. METODOLOGÍA A DESARROLLAR

Dentro del proyecto de esta monografía, la metodología a desarrollarse tendrá como base la toma de datos de los ensayos realizados por el Consorcio CEI-EDL (Interventoría) durante la ejecución del proyecto, y nos llevará a determinar el rango de porcentaje de vacíos para la base tratada con asfalto en caliente, la cual se está utilizando en la rehabilitación de la vía Bucaramanga-Cúcuta dentro del proyecto “Estudios y diseños, gestión social, predial, ambiental y construcción de la doble calzada Bucaramanga-Cúcuta”. Dicho resultado se utilizará como parámetro de control de la mezcla.

La metodología aplicada por la interventoría para el cálculo del porcentaje de vacíos, y que se empleará en el transcurso de este proyecto, es la siguiente:

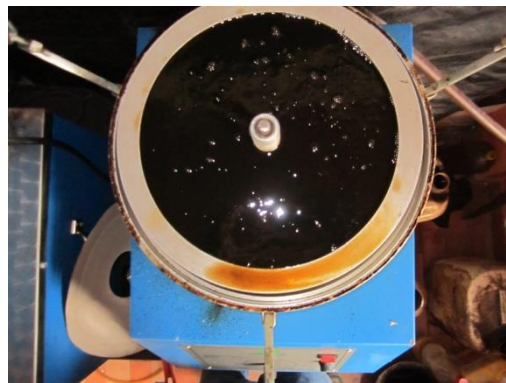
Debido a la granulometría de la BTAC y a la capacidad de la máquina centrífuga para la extracción de asfalto (máximo 3000 g), se realizan dos ensayos de extracción cuantitativa de asfalto, según la norma de ensayo INV E-732-07, para poder tener un solo valor de porcentaje de asfalto de la mezcla. Mensualmente se realiza el ensayo de gravedad específica máxima teórica (G_{mm}), según la norma de ensayo INV E-735-07, para verificar la homogeneidad de los materiales y de la mezcla como tal. Para llevar a cabo este ensayo se toman valores de porcentaje de asfalto entre 3.5% y 5.5% y así poder tener una línea de tendencia con su respectiva ecuación.



Pesaje muestra de BTAC para el ensayo de Extracción Cuantitativa del Asfalto



Adición de gasolina como solvente en el ensayo de Extracción Cuantitativa del Asfalto



Muestra de BTAC con gasolina momentos antes del ensayo de Extracción Cuantitativa del Asfalto



Preparación de la muestra de BTAC para el ensayo de Extracción de Asfalto

Posteriormente, al juego de briquetas (para el control de mezcla diario elaboran cuatro especímenes) se le realizan los respectivos pesajes para el cálculo de la gravedad específica bulk, según la norma de ensayo INV E-733-07; cada uno de estos resultados se compara con la gravedad específica máxima teórica obtenida

al ingresar en la ecuación del G_{mm} el porcentaje de asfalto y así se calcula el porcentaje de vacíos, tanto para cada una de las briquetas, como el promedio.



Pedestal para la elaboración de las briquetas de la BTAC tanto en campo como en el laboratorio



Elaboración de briquetas de la BTAC



Secado de las briquetas para el peso S.S.S.

Como se había especificado en el anteproyecto, los datos serían tomados por cuatro meses desde enero de 2012 hasta abril de 2012. Sin embargo, se llegó a la

conclusión que se pueden tener en cuenta datos de un período de tiempo mayor, desde mayo de 2011 hasta abril del 2012, con el fin de realizar un análisis comparativo.

Se tomaron tres grupos de población: el primero comprende la totalidad de los datos, que son 136 muestras; el segundo fue para los datos tomados desde mayo del 2011 hasta diciembre del 2011 que corresponde a 82 muestras; y el tercero que corresponde a la propuesta para esta investigación fue desde enero del 2012 hasta abril del 2012 que corresponde a 54 muestras.

Obtenidos los datos de porcentaje de vacío se utiliza el método estadístico para los tres grupos, realizando un muestreo aleatorio simple. Para cada población se determinó el tamaño muestral y se escogieron de manera aleatoria, aplicando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N (Z^2)(\sigma^2)}{(Z^2)(\sigma^2) + e^2(N - 1)}$$

Donde:

N: Tamaño de la población

Z: Puntaje estándar = 1.96, para un nivel de confianza del 95%

σ : Varianza

e: Error de estimación, se toma un valor del 1% con el fin de que sea mayor el número de la muestra.

n: Tamaño de la muestra .(1)

Ahora, luego de hallar los tamaños muestrales para cada población se pueden determinar los límites superior e inferior de cada población y realizar el análisis comparativo, se empleó la siguiente fórmula:

$$\bar{X} \pm (Z_{(\alpha/2)})(\sigma/\sqrt{n})$$

Donde:

\bar{X} : Media aritmética

n: Tamaño de la muestra

$Z_{(\alpha/2)}$: Valor crítico.

α : Nivel de significación utilizado para calcular el nivel de confianza. (2)

1. monografías.com; punto 2, formula para calcular el tamaño de la muestra
2. monografías.com; Estimación del intervalo de confianza para la media

El nivel de confianza es igual a $100 \cdot (1 - \alpha)\%$, es decir, un $\alpha = 0,05$ indica un nivel de confianza de 95%.

Con los tres rangos obtenidos se hizo un análisis y se determinó que rango puede ser más representativo, teniendo en cuenta los valores arrojados en el análisis respectivo.

Posteriormente, se procedió a verificar los resultados realizando las pruebas para poder constatar el valor del porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica tipo BTAC de la siguiente manera:

Con la ayuda del personal del Consorcio CEI-EDL (interventoría), se tomarán las respectivas muestras en el sitio de obra, tanto la muestra para la extracción de asfalto como las briquetas (dos juegos de cuatro briquetas cada uno), y se llevan al laboratorio para realizarle los ensayos respectivos.

Primero se realizó el ensayo de extracción cuantitativa de asfalto a la BTAC según la norma de ensayo INV E-732-07 a dos muestras de 2500 gramos cada una, ya que la máquina centrífuga tiene capacidad solo para 3000 gramos y según la norma de ensayo mencionada, la masa mínima de la muestra depende del tamaño máximo nominal del agregado.

Ya realizado el ensayo de extracción cuantitativa de asfalto, se procederá a calcular la gravedad específica bulk de cada una de las briquetas. Se pesarán las probetas en el aire, en el agua y saturado superficialmente seco (s.s.s.) y fue calculado el volumen de cada briketa de la siguiente manera:

$$V = W_{S.S.S.} - W_{AGUA}$$

y posteriormente se obtuvo la gravedad específica bulk mediante la siguiente ecuación:

$$G_{mb} = \frac{W_{AIRE}}{V}$$

Con el porcentaje de asfalto, se calcula el valor de la gravedad específica máxima teórica con la ecuación que arroja el ensayo de la densidad Rice (G_{mm}) realizado a la mezcla asfáltica con varios puntos (porcentaje de asfalto), según la norma de ensayo INV E-735-07.

Se calcula el porcentaje de vacíos de aire en una mezcla asfáltica compactada, respecto al volumen total, tal y como se expone en la norma de ensayo INV E-736-07, como sigue:

$$V_a = 100 - \%G_{mm}$$

$$\%G_{mm} = \frac{G_{mb}}{G_{mm}} \times 100$$

Otra forma para presentar la expresión:

$$V_a = 100 \left(1 - \frac{G_{mb}}{G_{mm}} \right)$$

donde:

V_a = porcentaje de vacíos de aire en la mezcla compactada respecto al volumen del espécimen,

G_{mm} = gravedad específica máxima teórica,

G_{mb} = gravedad específica bulk del espécimen compactado, y

$\%G_{mm}$ = grado de compactación del espécimen, expresado como un % de la gravedad máxima teórica, aquella en la que no se tienen en cuenta los vacíos entre agregados cubiertos con asfalto, condición teórica de $V_a = 0$.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se relacionan las tres poblaciones para el análisis comparativo del comportamiento de los resultados desde el inicio del proyecto.

La primera población corresponde a 136 datos obtenidos desde mayo del 2011 hasta Abril de 2012, la segunda población corresponde a 82 datos obtenidos desde mayo 2011 hasta Diciembre del 2011 y la última población que corresponde a los cuatro meses desde Enero del 2012 hasta Abril del 2012 para un total 54 datos tomados.

MUEST · No.	FECHA	BRIQUETA No.		1	2	3	4	PRO M	
1	02-may-2011	% ASFALTO :	4.45	DENSIDAD :	2.46 2	2.44 7	2.43 2	2.46 0	2.450
		RICE (Gmm) :	2.56 8	% VACÍOS :	4.1	4.7	5.3	4.2	4.6
2	04-may-2011	% ASFALTO :	4.45	DENSIDAD :	2.46 2	2.47 4	2.47 2	2.47 2	2.470
		RICE (Gmm) :	2.56 8	% VACÍOS :	4.1	3.7	3.7	3.7	3.8
3	05-may-2011	% ASFALTO :	4.40	DENSIDAD :	2.44 8	2.47 1	2.44 3	2.44 3	2.451
		RICE (Gmm) :	2.56 9	% VACÍOS :	4.7	3.8	4.9	4.9	4.6
4	06-may-2011	% ASFALTO :	4.39	DENSIDAD :	2.41 0	2.45 3	2.41 4	2.42 0	2.424
		RICE (Gmm) :	2.56 9	% VACÍOS :	6.2	4.6	6.0	5.8	5.7
5	07-may-2011	% ASFALTO :	4.65	DENSIDAD :	2.44 9	2.45 4	2.45 4	2.39 4	2.438
		RICE (Gmm) :	2.56 2	% VACÍOS :	4.4	4.2	4.2	6.6	4.9
6	09-may-2011	% ASFALTO :	4.40	DENSIDAD :	2.48 1	2.47 3	2.46 6	2.45 8	2.470

		O :							
		RICE (Gmm) :	2.56 9	% VACÍOS :	3.4	3.8	4.0	4.3	3.9
7	10-may- 2011	% ASFALTO O :	4.40	DENSIDA D :	2.45 7	2.48 5	2.46 9	2.47 1	2.471
		RICE (Gmm) :	2.56 9	% VACÍOS :	4.4	3.3	3.9	3.8	3.8
8	11-may- 2011	% ASFALTO O :	4.60	DENSIDA D :	2.43 6	2.38 4	2.44 3	2.45 9	2.431
		RICE (Gmm) :	2.56 4	% VACÍOS :	5.0	7.0	4.7	4.1	5.2
9	12-may- 2011	% ASFALTO O :	4.40	DENSIDA D :	2.31 7	2.35 5	2.44 8	2.46 2	2.396
		RICE (Gmm) :	2.56 9	% VACÍOS :	9.8	8.3	4.7	4.2	6.8
10	13-may- 2011	% ASFALTO O :	4.30	DENSIDA D :	2.31 7	2.35 5	2.44 8	2.46 0	2.395
		RICE (Gmm) :	2.57 2	% VACÍOS :	9.9	8.4	4.8	4.4	6.9
11	17-may- 2011	% ASFALTO O :	4.35	DENSIDA D :	2.46 2	2.46 7	2.46 9	2.46 5	2.466
		RICE (Gmm) :	2.57 1	% VACÍOS :	4.2	4.0	3.9	4.1	4.1
12	18-may- 2011	% ASFALTO O :	4.45	DENSIDA D :	2.46 4	2.45 1	2.47 3	2.44 7	2.459
		RICE (Gmm) :	2.56 8	% VACÍOS :	4.0	4.5	3.7	4.7	4.2
13	08-jun- 2011	% ASFALTO O :	4.45	DENSIDA D :	2.46 5	2.48 1	2.45 9	2.47 5	2.470
		RICE (Gmm) :	2.56 8	% VACÍOS :	4.0	3.4	4.2	3.6	3.8
14	09-jun- 2011	% ASFALTO O :	4.90	DENSIDA D :	2.46 8	2.48 1	2.48 4	2.50 6	2.485
		RICE (Gmm) :	2.55 6	% VACÍOS :	3.4	2.9	2.8	1.9	2.8

15	10-jun-2011	% ASFALTO :	4.40	DENSIDAD :	2.49 3	2.49 7	2.50 9	2.49 1	2.497
		RICE (Gmm) :	2.56 9	% VACÍOS :	3.0	2.8	2.4	3.1	2.8
16	11-jun-2011	% ASFALTO :	4.50	DENSIDAD :	2.46 3	2.44 3	2.46 0	2.45 0	2.454
		RICE (Gmm) :	2.56 7	% VACÍOS :	4.0	4.8	4.2	4.5	4.4
17	13-jun-2011	% ASFALTO :	4.40	DENSIDAD :	2.47 0	2.48 2	2.47 2	2.47 3	2.474
		RICE (Gmm) :	2.56 9	% VACÍOS :	3.8	3.4	3.8	3.7	3.7
18	14-jun-2011	% ASFALTO :	4.60	DENSIDAD :	2.43 8	2.44 9	2.46 4	2.45 6	2.452
		RICE (Gmm) :	2.56 4	% VACÍOS :	4.9	4.5	3.9	4.2	4.4
19	15-jun-2011	% ASFALTO :	4.40	DENSIDAD :	2.47 2	2.46 1	2.49 5	2.48 7	2.479
		RICE (Gmm) :	2.56 9	% VACÍOS :	3.8	4.2	2.9	3.2	3.5
20	16-jun-2011	% ASFALTO :	4.55	DENSIDAD :	2.45 8	2.46 5	2.45 7	2.45 2	2.458
		RICE (Gmm) :	2.56 5	% VACÍOS :	4.2	3.9	4.2	4.4	4.2
21	17-jun-2011	% ASFALTO :	4.55	DENSIDAD :	2.48 3	2.48 6	2.42 9	2.47 7	2.469
		RICE (Gmm) :	2.56 5	% VACÍOS :	3.2	3.1	5.3	3.4	3.8
22	18-jun-2011	% ASFALTO :	4.65	DENSIDAD :	2.45 1	2.43 2	2.42 2	2.43 5	2.435
		RICE (Gmm) :	2.56 2	% VACÍOS :	4.3	5.1	5.5	5.0	5.0
23	20-jun-2011	% ASFALTO :	4.55	DENSIDAD :	2.44 8	2.45 6	2.45 8	2.44 8	2.453

		RICE (Gmm) :	2.56 5	% VACÍOS :	4.6	4.2	4.2	4.6	4.4
24	21-jun-2011	% ASFALTO :	4.55	DENSIDAD :	2.48 1	2.50 5	2.50 2	2.47 4	2.490
		RICE (Gmm) :	2.56 5	% VACÍOS :	3.3	2.3	2.5	3.6	2.9
25	22-jun-2011	% ASFALTO :	4.85	DENSIDAD :	2.54 1	2.45 9	2.48 0	2.47 0	2.488
		RICE (Gmm) :	2.55 7	% VACÍOS :	0.6	3.8	3.0	3.4	2.7
26	23-jun-2011	% ASFALTO :	4.50	DENSIDAD :	2.48 8	2.46 1	2.49 4	2.49 5	2.484
		RICE (Gmm) :	2.56 7	% VACÍOS :	3.1	4.1	2.8	2.8	3.2
27	24-jun-2011	% ASFALTO :	4.65	DENSIDAD :	2.48 0	2.47 8	2.48 8	2.48 2	2.482
		RICE (Gmm) :	2.56 2	% VACÍOS :	3.2	3.3	2.9	3.1	3.1
28	30-jun-2011	% ASFALTO :	4.70	DENSIDAD :	2.47 5	2.48 8	2.48 1	2.46 8	2.478
		RICE (Gmm) :	2.56 1	% VACÍOS :	3.4	2.9	3.1	3.7	3.3
29	01-jul-2011	% ASFALTO :	4.40	DENSIDAD :	2.48 1	2.49 5	2.44 8	2.46 6	2.473
		RICE (Gmm) :	2.60 9	% VACÍOS :	4.9	4.4	6.2	5.5	5.2
30	05-jul-2011	% ASFALTO :	4.55	DENSIDAD :	2.44 9	2.47 4	2.46 3	2.47 6	2.465
		RICE (Gmm) :	2.60 1	% VACÍOS :	5.9	4.9	5.3	4.8	5.2
31	07-jul-2011	% ASFALTO :	4.50	DENSIDAD :	2.44 6	2.46 9	2.45 5	2.43 0	2.450
		RICE (Gmm) :	2.60 4	% VACÍOS :	6.0	5.2	5.7	6.7	5.9
32	09-jul-	%	4.50	DENSIDAD	2.45	2.45	2.47	2.46	2.462

	2011	ASFALTO : %		D :	1	6	7	3	
		RICE (Gmm) :	2.60 4	% VACÍOS :	5.9	5.7	4.9	5.4	5.4
33	11-jul-2011	ASFALTO : %	4.65	DENSIDAD :	2.45 0	2.47 4	2.50 1	2.44 0	2.466
		RICE (Gmm) :	2.59 6	% VACÍOS :	5.6	4.7	3.6	6.0	5.0
34	12-jul-2011	ASFALTO : %	4.65	DENSIDAD :	2.46 9	2.47 2	2.46 7	2.45 8	2.467
		RICE (Gmm) :	2.59 6	% VACÍOS :	4.9	4.8	5.0	5.3	5.0
35	24-ago-2011	ASFALTO : %	4.60	DENSIDAD :	2.46 2	2.47 3	2.46 2	2.46 1	2.465
		RICE (Gmm) :	2.59 8	% VACÍOS :	5.2	4.8	5.2	5.3	5.1
36	28-ago-2011	ASFALTO : %	4.50	DENSIDAD :	2.46 3	2.44 0	2.44 4	2.46 3	2.453
		RICE (Gmm) :	2.60 4	% VACÍOS :	5.4	6.3	6.1	5.4	5.8
37	29-ago-2011	ASFALTO : %	4.60	DENSIDAD :	2.47 4	2.48 5	2.45 9	2.46 2	2.470
		RICE (Gmm) :	2.59 8	% VACÍOS :	4.8	4.4	5.4	5.2	4.9
38	30-ago-2011	ASFALTO : %	4.50	DENSIDAD :	2.49 0	2.46 3	2.44 5	2.45 1	2.462
		RICE (Gmm) :	2.60 4	% VACÍOS :	4.4	5.4	6.1	5.9	5.4
39	31-ago-2011	ASFALTO : %	4.60	DENSIDAD :	2.48 1	2.48 7	2.49 4	2.48 2	2.486
		RICE (Gmm) :	2.59 8	% VACÍOS :	4.5	4.3	4.0	4.5	4.3
40	01-sep-2011	ASFALTO : %	4.65	DENSIDAD :	2.45 2	2.47 0	2.46 2	2.46 0	2.461
		RICE	2.59	%	5.6	4.9	5.2	5.4	5.3

		(Gmm) :	9	VACÍOS :					
41	02-sep-2011	% ASFALTO :	4.50	DENSIDAD :	2.469	2.471	2.478	2.470	2.472
		RICE (Gmm) :	2.607	% VACÍOS :	5.3	5.2	5.0	5.2	5.2
42	05-sep-2011	% ASFALTO :	4.50	DENSIDAD :	2.461	2.478	2.467	2.476	2.470
		RICE (Gmm) :	2.607	% VACÍOS :	5.6	4.9	5.4	5.0	5.2
43	06-sep-2011	% ASFALTO :	4.55	DENSIDAD :	2.457	2.446	2.457	2.452	2.453
		RICE (Gmm) :	2.604	% VACÍOS :	5.7	6.1	5.7	5.8	5.8
44	07-sep-2011	% ASFALTO :	4.70	DENSIDAD :	2.457	2.442	2.460	2.440	2.450
		RICE (Gmm) :	2.596	% VACÍOS :	5.4	5.9	5.2	6.0	5.6
45	08-sep-2011	% ASFALTO :	4.55	DENSIDAD :	2.465	2.477	2.464	2.479	2.471
		RICE (Gmm) :	2.604	% VACÍOS :	5.3	4.9	5.4	4.8	5.1
46	09-sep-2011	% ASFALTO :	4.60	DENSIDAD :	2.480	2.470	2.459	2.470	2.470
		RICE (Gmm) :	2.601	% VACÍOS :	4.7	5.0	5.5	5.0	5.1
47	10-sep-2011	% ASFALTO :	4.50	DENSIDAD :	2.482	2.481	2.481	2.489	2.483
		RICE (Gmm) :	2.607	% VACÍOS :	4.8	4.8	4.8	4.5	4.7
48	12-sep-2011	% ASFALTO :	4.55	DENSIDAD :	2.485	2.494	2.484	2.487	2.488
		RICE (Gmm) :	2.604	% VACÍOS :	4.6	4.2	4.6	4.5	4.5
49	13-sep-2011	% ASFALTO :	4.40	DENSIDAD :	2.445	2.470	2.446	2.444	2.451

		O :							
		RICE (Gmm) :	2.61 2	% VACÍOS :	6.4	5.4	6.4	6.4	6.2
50	24-sep- 2011	% ASFALT O :	4.55	DENSIDA D :	2.47 5	2.48 2	2.48 7	2.47 6	2.480
		RICE (Gmm) :	2.60 4	% VACÍOS :	5.0	4.7	4.5	4.9	4.8
51	25-sep- 2011	% ASFALT O :	4.55	DENSIDA D :	2.47 8	2.47 1	2.45 9	2.47 8	2.472
		RICE (Gmm) :	2.60 4	% VACÍOS :	4.9	5.1	5.6	4.8	5.1
52	27-sep- 2011	% ASFALT O :	4.50	DENSIDA D :	2.46 6	2.48 1	2.46 2	2.47 2	2.470
		RICE (Gmm) :	2.60 7	% VACÍOS :	5.4	4.8	5.6	5.2	5.2
53	28-sep- 2011	% ASFALT O :	4.50	DENSIDA D :	2.46 1	2.46 9	2.46 1	2.47 1	2.466
		RICE (Gmm) :	2.60 7	% VACÍOS :	5.6	5.3	5.6	5.2	5.4
54	30-sep- 2011	% ASFALT O :	4.45	DENSIDA D :	2.46 9	2.46 6	2.46 3	2.46 4	2.465
		RICE (Gmm) :	2.61 0	% VACÍOS :	5.4	5.5	5.6	5.6	5.5
55	01-oct- 2011	% ASFALT O :	4.50	DENSIDA D :	2.47 0	2.46 7	2.47 0	2.47 5	2.471
		RICE (Gmm) :	2.61 0	% VACÍOS :	5.4	5.4	5.4	5.1	5.3
56	03-oct- 2011	% ASFALT O :	4.60	DENSIDA D :	2.47 3	2.47 5	2.46 6	2.47 1	2.471
		RICE (Gmm) :	2.60 4	% VACÍOS :	5.0	5.0	5.3	5.1	5.1
57	04-oct- 2011	% ASFALT O :	4.60	DENSIDA D :	2.46 9	2.46 5	2.46 2	2.46 2	2.464
		RICE (Gmm) :	2.60 4	% VACÍOS :	5.2	5.3	5.5	5.5	5.4

58	05-oct-2011	% ASFALTO:	4.60	DENSIDAD:	2.471	2.469	2.473	2.464	2.469
		RICE (Gmm):	2.604	% VACÍOS:	5.1	5.2	5.0	5.4	5.2
59	10-oct-2011	% ASFALTO:	4.55	DENSIDAD:	2.486	2.497	2.443	2.484	2.477
		RICE (Gmm):	2.607	% VACÍOS:	4.6	4.2	6.3	4.7	5.0
60	11-oct-2011	% ASFALTO:	4.60	DENSIDAD:	2.503	2.495	2.470	2.508	2.494
		RICE (Gmm):	2.604	% VACÍOS:	3.9	4.2	5.2	3.7	4.2
61	12-oct-2011	% ASFALTO:	4.70	DENSIDAD:	2.474	2.484	2.483	2.496	2.484
		RICE (Gmm):	2.599	% VACÍOS:	4.8	4.4	4.4	3.9	4.4
62	11-nov-2011	% ASFALTO:	4.60	DENSIDAD:	2.451	2.450	2.451	2.448	2.450
		RICE (Gmm):	2.604	% VACÍOS:	5.9	5.9	5.9	6.0	5.9
63	15-nov-2011	% ASFALTO:	4.55	DENSIDAD:	2.466	2.460	2.455	2.476	2.464
		RICE (Gmm):	2.607	% VACÍOS:	5.4	5.6	5.8	5.0	5.5
64	16-nov-2011	% ASFALTO:	4.60	DENSIDAD:	2.473	2.459	2.465	2.466	2.466
		RICE (Gmm):	2.604	% VACÍOS:	5.0	5.6	5.3	5.3	5.3
65	17-nov-2011	% ASFALTO:	4.60	DENSIDAD:	2.462	2.465	2.453	2.451	2.458
		RICE (Gmm):	2.604	% VACÍOS:	5.5	5.3	5.8	5.9	5.6
66	18-nov-2011	% ASFALTO:	4.70	DENSIDAD:	2.450	2.458	2.446	2.456	2.453

		RICE (Gmm) :	2.59 9	% VACÍOS :	5.7	5.4	5.9	5.5	5.6
67	19-nov- 2011	% ASFALTO :	4.65	DENSIDA D :	2.47 1	2.47 6	2.47 4	2.46 4	2.471
		RICE (Gmm) :	2.60 1	% VACÍOS :	5.0	4.8	4.9	5.3	5.0
68	20-nov- 2011	% ASFALTO :	4.65	DENSIDA D :	2.45 7	2.45 3	2.45 7	2.45 4	2.455
		RICE (Gmm) :	2.60 1	% VACÍOS :	5.5	5.7	5.5	5.7	5.6
69	21-nov- 2011	% ASFALTO :	4.60	DENSIDA D :	2.44 6	2.45 0	2.44 6	2.45 3	2.449
		RICE (Gmm) :	2.60 4	% VACÍOS :	6.1	5.9	6.1	5.8	6.0
70	22-nov- 2011	% ASFALTO :	4.70	DENSIDA D :	2.43 8	2.44 2	2.43 9	2.43 7	2.439
		RICE (Gmm) :	2.59 9	% VACÍOS :	6.2	6.0	6.1	6.2	6.1
71	23-nov- 2011	% ASFALTO :	4.55	DENSIDA D :	2.45 5	2.45 0	2.45 4	2.45 6	2.454
		RICE (Gmm) :	2.60 7	% VACÍOS :	5.8	6.0	5.9	5.8	5.9
72	24-nov- 2011	% ASFALTO :	4.50	DENSIDA D :	2.44 9	2.44 9	2.45 2	2.45 7	2.452
		RICE (Gmm) :	2.61 0	% VACÍOS :	6.2	6.2	6.0	5.8	6.0
73	25-nov- 2011	% ASFALTO :	4.55	DENSIDA D :	2.45 2	2.45 6	2.44 9	2.45 1	2.452
		RICE (Gmm) :	2.60 7	% VACÍOS :	5.9	5.8	6.1	6.0	5.9
74	02-dic- 2011	% ASFALTO :	4.65	DENSIDA D :	2.46 6	2.46 5	2.46 5	2.46 3	2.465
		RICE (Gmm) :	2.60 4	% VACÍOS :	5.3	5.3	5.3	5.4	5.3
75	04-dic-	%	4.60	DENSIDA	2.45	2.46	2.46	2.46	2.461

	2011	ASFALTO : %		D :	2	2	4	6	
		RICE (Gmm) :	2.60 7	% VACÍOS :	6.0	5.6	5.5	5.4	5.6
76	05-dic-2011	ASFALTO : %	4.50	DENSIDAD :	2.46 1	2.45 4	2.46 0	2.46 5	2.460
		RICE (Gmm) :	2.61 3	% VACÍOS :	5.8	6.1	5.9	5.7	5.8
77	06-dic-2011	ASFALTO : %	4.50	DENSIDAD :	2.46 0	2.45 8	2.46 9	2.46 3	2.463
		RICE (Gmm) :	2.61 3	% VACÍOS :	5.8	5.9	5.5	5.7	5.7
78	09-dic-2011	ASFALTO : %	4.60	DENSIDAD :	2.46 9	2.46 7	2.46 8	2.46 5	2.467
		RICE (Gmm) :	2.60 7	% VACÍOS :	5.3	5.4	5.3	5.4	5.4
79	12-dic-2011	ASFALTO : %	4.55	DENSIDAD :	2.47 0	2.46 2	2.46 7	2.46 6	2.466
		RICE (Gmm) :	2.61 0	% VACÍOS :	5.4	5.7	5.5	5.5	5.5
80	13-dic-2011	ASFALTO : %	4.50	DENSIDAD :	2.48 0	2.48 6	2.48 2	2.47 6	2.481
		RICE (Gmm) :	2.61 3	% VACÍOS :	5.1	4.8	5.0	5.2	5.0
81	14-dic-2011	ASFALTO : %	4.50	DENSIDAD :	2.48 1	2.47 9	2.48 0	2.47 1	2.478
		RICE (Gmm) :	2.61 3	% VACÍOS :	5.0	5.1	5.1	5.4	5.2
82	16-dic-2011	ASFALTO : %	4.60	DENSIDAD :	2.45 1	2.45 5	2.45 6	2.45 5	2.454
		RICE (Gmm) :	2.60 7	% VACÍOS :	6.0	5.8	5.8	5.8	5.9
83	10-ene-2012	ASFALTO : %	4.60	DENSIDAD :	2.44 8	2.46 3	2.46 4	2.44 5	2.455
		RICE	2.60	%	6.1	5.6	5.5	6.2	5.9

		(Gmm) :	8	VACÍOS :					
84	12-ene-2012	% ASFALTO :	4.60	DENSIDAD :	2.456	2.448	2.447	2.449	2.450
		RICE (Gmm) :	2.608	% VACÍOS :	5.8	6.1	6.2	6.1	6.1
85	13-ene-2012	% ASFALTO :	4.60	DENSIDAD :	2.443	2.450	2.447	2.450	2.448
		RICE (Gmm) :	2.608	% VACÍOS :	6.3	6.1	6.2	6.1	6.2
86	14-ene-2012	% ASFALTO :	4.60	DENSIDAD :	2.444	2.447	2.450	2.447	2.447
		RICE (Gmm) :	2.608	% VACÍOS :	6.3	6.2	6.1	6.2	6.2
87	16-ene-2012	% ASFALTO :	4.60	DENSIDAD :	2.473	2.463	2.445	2.461	2.461
		RICE (Gmm) :	2.608	% VACÍOS :	5.2	5.6	6.2	5.6	5.7
88	30-ene-2012	% ASFALTO :	4.50	DENSIDAD :	2.447	2.461	2.444	2.454	2.452
		RICE (Gmm) :	2.614	% VACÍOS :	6.4	5.8	6.5	6.1	6.2
89	01-feb-2012	% ASFALTO :	4.50	DENSIDAD :	2.442	2.444	2.447	2.444	2.444
		RICE (Gmm) :	2.612	% VACÍOS :	6.5	6.4	6.3	6.4	6.4
90	02-feb-2012	% ASFALTO :	4.50	DENSIDAD :	2.457	2.462	2.461	2.460	2.460
		RICE (Gmm) :	2.612	% VACÍOS :	5.9	5.7	5.8	5.8	5.8
91	03-feb-2012	% ASFALTO :	4.50	DENSIDAD :	2.467	2.458	2.459	2.462	2.462
		RICE (Gmm) :	2.612	% VACÍOS :	5.5	5.9	5.8	5.7	5.7
92	04-feb-2012	% ASFALTO :	4.50	DENSIDAD :	2.463	2.467	2.460	2.463	2.463

		O :							
		RICE (Gmm) :	2.61 2	% VACÍOS :	5.7	5.5	5.8	5.7	5.7
93	08-feb- 2012	% ASFALTO :	4.45	DENSIDA D :	2.45 4	2.44 6	2.44 4	2.45 4	2.450
		RICE (Gmm) :	2.61 4	% VACÍOS :	6.1	6.4	6.5	6.1	6.3
94	09-feb- 2012	% ASFALTO :	4.55	DENSIDA D :	2.45 2	2.45 4	2.45 1	2.44 9	2.452
		RICE (Gmm) :	2.60 9	% VACÍOS :	6.0	5.9	6.0	6.1	6.0
95	10-feb- 2012	% ASFALTO :	4.60	DENSIDA D :	2.45 1	2.44 9	2.45 5	2.44 9	2.451
		RICE (Gmm) :	2.60 6	% VACÍOS :	5.9	6.0	5.8	6.0	5.9
96	11-feb- 2012	% ASFALTO :	4.50	DENSIDA D :	2.44 6	2.45 3	2.44 6	2.44 9	2.449
		RICE (Gmm) :	2.61 2	% VACÍOS :	6.3	6.1	6.3	6.2	6.2
97	13-feb- 2012	% ASFALTO :	4.50	DENSIDA D :	2.46 1	2.45 1	2.45 9	2.45 9	2.458
		RICE (Gmm) :	2.61 2	% VACÍOS :	5.8	6.1	5.8	5.8	5.9
98	14-feb- 2012	% ASFALTO :	4.60	DENSIDA D :	2.45 9	2.45 7	2.46 1	2.45 8	2.459
		RICE (Gmm) :	2.60 6	% VACÍOS :	5.6	5.7	5.6	5.7	5.6
99	15-feb- 2012	% ASFALTO :	4.50	DENSIDA D :	2.45 7	2.46 5	2.45 6	2.46 9	2.462
		RICE (Gmm) :	2.61 2	% VACÍOS :	5.9	5.6	6.0	5.5	5.7
100	16-feb- 2012	% ASFALTO :	4.60	DENSIDA D :	2.46 0	2.46 8	2.47 6	2.45 3	2.464
		RICE (Gmm) :	2.60 6	% VACÍOS :	5.6	5.3	5.0	5.9	5.4

101	17-feb-2012	% ASFALTO:	4.60	DENSIDAD:	2.45 1	2.45 7	2.45 3	2.44 6	2.452
		RICE (Gmm):	2.60 6	% VACÍOS:	5.9	5.7	5.9	6.1	5.9
102	20-feb-2012	% ASFALTO:	4.50	DENSIDAD:	2.45 2	2.45 3	2.44 6	2.45 4	2.451
		RICE (Gmm):	2.61 2	% VACÍOS:	6.1	6.1	6.3	6.0	6.1
103	01-mar-2012	% ASFALTO:	4.50	DENSIDAD:	2.45 8	2.45 9	2.45 5	2.47 0	2.461
		RICE (Gmm):	2.61 3	% VACÍOS:	5.9	5.9	6.1	5.5	5.9
104	02-mar-2012	% ASFALTO:	4.50	DENSIDAD:	2.45 6	2.45 5	2.45 8	2.46 2	2.458
		RICE (Gmm):	2.61 3	% VACÍOS:	6.0	6.1	5.9	5.8	6.0
105	03-mar-2012	% ASFALTO:	4.60	DENSIDAD:	2.45 3	2.45 7	2.45 3	2.45 3	2.454
		RICE (Gmm):	2.60 8	% VACÍOS:	5.9	5.8	5.9	5.9	5.9
106	05-mar-2012	% ASFALTO:	4.80	DENSIDAD:	2.44 5	2.44 8	2.44 5	2.44 4	2.446
		RICE (Gmm):	2.59 6	% VACÍOS:	5.8	5.7	5.8	5.9	5.8
107	06-mar-2012	% ASFALTO:	4.70	DENSIDAD:	2.45 1	2.45 5	2.45 4	2.44 3	2.451
		RICE (Gmm):	2.60 2	% VACÍOS:	5.8	5.6	5.7	6.1	5.8
108	07-mar-2012	% ASFALTO:	4.60	DENSIDAD:	2.48 3	2.48 2	2.48 1	2.48 4	2.483
		RICE (Gmm):	2.60 8	% VACÍOS:	4.8	4.8	4.9	4.7	4.8
109	07-mar-2012	% ASFALTO:	4.60	DENSIDAD:	2.45 9	2.45 5	2.45 8	2.45 5	2.457

		RICE (Gmm) :	2.60 8	% VACÍOS :	5.7	5.9	5.7	5.9	5.8
110	08-mar-2012	% ASFALTO :	4.50	DENSIDAD :	2.459	2.457	2.458	2.455	2.457
		RICE (Gmm) :	2.613	% VACÍOS :	5.9	6.0	5.9	6.1	6.0
111	08-mar-2012	% ASFALTO :	4.50	DENSIDAD :	2.457	2.456	2.455	2.456	2.456
		RICE (Gmm) :	2.613	% VACÍOS :	6.0	6.0	6.1	6.0	6.0
112	09-mar-2012	% ASFALTO :	4.50	DENSIDAD :	2.456	2.455	2.458	2.452	2.455
		RICE (Gmm) :	2.613	% VACÍOS :	6.0	6.1	5.9	6.2	6.1
113	10-mar-2012	% ASFALTO :	4.50	DENSIDAD :	2.453	2.451	2.452	2.453	2.452
		RICE (Gmm) :	2.613	% VACÍOS :	6.1	6.2	6.2	6.1	6.2
114	12-mar-2012	% ASFALTO :	4.50	DENSIDAD :	2.450	2.445	2.452	2.444	2.448
		RICE (Gmm) :	2.613	% VACÍOS :	6.3	6.4	6.2	6.5	6.3
115	13-mar-2012	% ASFALTO :	4.60	DENSIDAD :	2.440	2.441	2.446	2.445	2.443
		RICE (Gmm) :	2.608	% VACÍOS :	6.4	6.4	6.2	6.2	6.3
116	14-mar-2012	% ASFALTO :	4.60	DENSIDAD :	2.469	2.465	2.466	2.462	2.466
		RICE (Gmm) :	2.608	% VACÍOS :	5.3	5.5	5.4	5.6	5.5
117	15-mar-2012	% ASFALTO :	4.60	DENSIDAD :	2.449	2.445	2.454	2.449	2.449
		RICE (Gmm) :	2.608	% VACÍOS :	6.1	6.2	5.9	6.1	6.1
118	24-mar-	%	4.50	DENSIDAD	2.44	2.44	2.44	2.44	2.445

	2012	ASFALTO :		D :	4	5	3	6	
		RICE (Gmm) :	2.61 3	% VACÍOS :	6.5	6.4	6.5	6.4	6.5
119	26-mar-2012	ASFALTO :	4.50	DENSIDAD :	2.45 5	2.45 8	2.45 8	2.45 4	2.456
		RICE (Gmm) :	2.61 3	% VACÍOS :	6.1	5.9	5.9	6.1	6.0
120	27-mar-2012	ASFALTO :	4.60	DENSIDAD :	2.45 0	2.45 4	2.45 1	2.45 7	2.453
		RICE (Gmm) :	2.60 8	% VACÍOS :	6.0	5.9	6.0	5.8	5.9
121	28-mar-2012	ASFALTO :	4.50	DENSIDAD :	2.44 7	2.44 3	2.44 8	2.44 4	2.446
		RICE (Gmm) :	2.61 3	% VACÍOS :	6.4	6.5	6.3	6.5	6.4
122	29-mar-2012	ASFALTO :	4.50	DENSIDAD :	2.44 0	2.44 4	2.44 4	2.44 3	2.443
		RICE (Gmm) :	2.61 3	% VACÍOS :	6.6	6.5	6.5	6.5	6.5
123	30-mar-2012	ASFALTO :	4.55	DENSIDAD :	2.44 1	2.44 0	2.44 7	2.44 0	2.442
		RICE (Gmm) :	2.61 1	% VACÍOS :	6.5	6.5	6.3	6.5	6.5
124	17-abr-2012	ASFALTO :	4.50	DENSIDAD :	2.45 8	2.46 8	2.46 0	2.46 1	2.462
		RICE (Gmm) :	2.61 3	% VACÍOS :	5.9	5.5	5.9	5.8	5.8
125	18-abr-2012	ASFALTO :	4.50	DENSIDAD :	2.46 3	2.46 4	2.46 1	2.46 0	2.462
		RICE (Gmm) :	2.61 3	% VACÍOS :	5.7	5.7	5.8	5.9	5.8
126	19-abr-2012	ASFALTO :	4.60	DENSIDAD :	2.46 4	2.46 2	2.46 0	2.46 4	2.463
		RICE	2.60	%	5.5	5.6	5.6	5.5	5.6

		(Gmm) :	7	VACÍOS :					
127	20-abr-2012	% ASFALTO :	4.55	DENSIDAD :	2.466	2.462	2.465	2.460	2.463
		RICE (Gmm) :	2.610	% VACÍOS :	5.5	5.7	5.6	5.8	5.6
128	21-abr-2012	% ASFALTO :	4.50	DENSIDAD :	2.456	2.453	2.451	2.451	2.453
		RICE (Gmm) :	2.613	% VACÍOS :	6.0	6.1	6.2	6.2	6.1
129	21-abr-2012	% ASFALTO :	4.60	DENSIDAD :	2.451	2.457	2.450	2.452	2.453
		RICE (Gmm) :	2.607	% VACÍOS :	6.0	5.8	6.0	6.0	5.9
130	23-abr-2012	% ASFALTO :	4.50	DENSIDAD :	2.461	2.463	2.461	2.462	2.462
		RICE (Gmm) :	2.613	% VACÍOS :	5.8	5.7	5.8	5.8	5.8
131	24-abr-2012	% ASFALTO :	4.50	DENSIDAD :	2.459	2.461	2.457	2.462	2.460
		RICE (Gmm) :	2.613	% VACÍOS :	5.9	5.8	6.0	5.8	5.9
132	24-abr-2012	% ASFALTO :	4.50	DENSIDAD :	2.449	2.463	2.452	2.447	2.453
		RICE (Gmm) :	2.613	% VACÍOS :	6.3	5.7	6.2	6.4	6.1
133	25-abr-2012	% ASFALTO :	4.60	DENSIDAD :	2.453	2.455	2.454	2.454	2.454
		RICE (Gmm) :	2.607	% VACÍOS :	5.9	5.8	5.9	5.9	5.9
134	26-abr-2012	% ASFALTO :	4.60	DENSIDAD :	2.445	2.447	2.446	2.448	2.447
		RICE (Gmm) :	2.607	% VACÍOS :	6.2	6.1	6.2	6.1	6.2
135	27-abr-2012	% ASFALTO :	4.50	DENSIDAD :	2.464	2.462	2.458	2.455	2.460

		O :							
		RICE (Gmm) :	2.61 3	% VACÍOS :	5.7	5.8	5.9	6.0	5.9
136	28-abr- 2012	% ASFALT O :	4.55	DENSIDA D :	2.44 7	2.44 4	2.44 6	2.44 4	2.445
		RICE (Gmm) :	2.61 0	% VACÍOS :	6.3	6.4	6.3	6.4	6.3

En la primera población, de 136 datos, e determinó el tamaño muestral de una población finita con la siguiente fórmula, para luego escoger datos aleatorios:

$$n = \frac{N(Z^2)(\sigma^2)}{(Z^2)(\sigma^2) + e^2(N - 1)}$$

Donde:

$$N = 136$$

$$Z = 1.96$$

$$\sigma^2 = 0.7921$$

$$e = 0.01$$

Por lo tanto,

$$n = 135 \quad (\text{aproximado al número entero})$$

Datos muestra aleatoria n = 135

5.3	4.9	5.8	5.2	4.2	5.4	4.6	2.7	5.1
4.8	4.8	6.2	6.8	5.9	3.8	5.3	5.1	6.1
5.5	5.0	6.2	5.0	5.2	6.2	5.8	4.4	5.1
5.9	5.9	5.5	5.2	5.9	5.0	6.4	5.5	5.2
6.0	5.3	5.6	5.9	5.0	5.4	6.1	4.3	6.1
6.3	5.4	6.1	5.7	4.2	6.0	5.9	3.8	5.8
5.4	5.9	5.9	6.0	5.9	6.5	4.2	3.7	5.1
5.6	5.6	5.3	5.9	6.2	5.8	2.9	6.4	6.2
5.9	6.1	5.2	6.1	5.7	4.4	6.9	5.7	5.0
4.5	5.8	5.6	6.1	5.4	6.3	5.2	3.1	5.7
6.5	5.4	5.9	5.0	6.3	4.7	5.6	6.2	3.5
6.0	6.0	5.8	5.9	3.8	5.8	4.4	2.8	3.3
5.1	4.9	6.3	5.9	2.8	5.5	5.8	3.9	6.2
5.8	6.5	5.6	5.8	6.0	4.4	5.9	3.8	5.7
5.9	5.6	6.0	5.6	5.2	4.6	4.1	3.2	5.2

Teniendo el tamaño muestral para la primera población, se determinó el límite superior e inferior con la siguiente fórmula:

$$\bar{X} \pm (Z_{(\alpha/2)}(\sigma/\sqrt{n}))$$

Donde:

$$\bar{X} = 5.34$$

$$n = 135$$

$$\sigma = 0.89$$

$$Z_{(\alpha/2)} = 1.96 \text{ (Valor Crítico)}$$

$$\alpha = 0.05$$

Intervalo = 0.15

Rango = (5.34 + 0.15) y (5.34 – 0.15) = 5.49 , 5.19

Para efectos prácticos, el rango es (5.5 , 5.2)

En la segunda población, de 82 datos, se determinó el tamaño muestral de una población finita con la siguiente fórmula para luego escoger datos aleatorios:

$$n = \frac{N(Z^2)(\sigma^2)}{(Z^2)(\sigma^2) + e^2(N - 1)}$$

Donde:

$$N = 82$$

$$Z = 1.96$$

$$\sigma^2 = 0.8362$$

$$e = 0.01$$

Por lo tanto,

$$n = 82 \quad (\text{aproximado al número entero})$$

Datos muestra aleatoria n = 82

5.2	5.9	5.9	4.4	5.9	4.5	5.0
5.2	4.6	3.8	5.2	2.8	5.0	2.9
6.0	3.3	5.5	5.4	5.5	4.4	4.4
4.1	5.4	2.8	5.8	3.1	6.8	5.1
5.2	5.5	5.3	3.8	4.7	5.0	3.9
4.2	3.2	5.8	5.4	4.2	5.1	5.8
5.1	5.2	5.2	2.7	5.7	5.7	5.0
6.1	4.6	6.9	4.3	6.0	5.6	3.8
4.4	5.9	5.6	4.8	3.5	4.9	5.6
5.1	5.1	6.2	5.0	5.9	5.3	3.8
5.3	5.6	5.4	4.9	5.6	4.2	
3.7	5.2	5.4	5.0	5.3	5.2	

Teniendo el tamaño muestral para la segunda población se determinó el límite superior e inferior con la siguiente fórmula:

$$\bar{X} \pm \left(Z_{(\alpha/2)} (\sigma/\sqrt{n}) \right)$$

Donde:

$$\bar{X} = 4.94$$

$$n = 82$$

$$\sigma = 0.9144$$

$$Z_{(\alpha/2)} = 1.96 \text{ (Valor Crítico)}$$

$$\alpha = 0.05$$

Intervalo = 0.20

Rango = $(4.94 + 0.20)$ y $(4.94 - 0.20) = 5.14$, 4.74

Para efectos prácticos, el rango es (5.2 , 4.7)

En la tercera población 54 datos tomados durante los 4 meses, se determinó el tamaño muestral de una población finita con la siguiente fórmula para luego escoger datos aleatorios

$$n = \frac{N(Z^2)(\sigma^2)}{(Z^2)(\sigma^2) + e^2(N - 1)}$$

Donde:

$$N = 54$$

$$Z = 1.96$$

$$\sigma^2 = 0.0937$$

$$e = 0.01$$

Por lo tanto,

$$n = 53 \text{ (aproximado al número entero)}$$

Datos muestra aleatoria n = 53

5.9	5.6	6.1	5.5	6.0	6.0
5.6	5.5	5.9	6.1	5.9	6.0
6.3	6.3	5.8	5.8	6.6	6.4
6.3	5.9	6.0	6.3	5.5	6.0
6.1	5.9	5.2	5.9	4.8	6.5
6.5	6.4	5.7	6.2	6.0	5.7
5.9	5.7	5.8	5.8	6.1	5.8
5.9	6.5	6.3	6.3	5.7	6.1
5.9	6.4	6.0	5.3	6.1	

Teniendo el tamaño muestral para la tercera población se determinó el límite superior e inferior con la siguiente fórmula:

$$\bar{X} \pm (Z_{(\alpha/2)}(\sigma/\sqrt{n}))$$

Donde:

$$\bar{X} = 5.96$$

$$n = 53$$

$$\sigma = 0.3061$$

$$Z_{(\alpha/2)} = 1.96 \text{ (Valor Crítico)}$$

$$\alpha = 0.05$$

Intervalo = 0.08

Rango = (5.96 + 0.08) y (5.96 - 0.08) = 6.04 , 5.88

Para efectos prácticos, el rango es (6.1 , 5.8)

Resultados

1. Muestra de 136 datos: R (5.5, 5.2)
2. Muestra de 82 datos: R (5.2, 4.7)
3. Muestra de 54 datos: R (6.1, 5.8)

Por último, se realiza el mismo ejercicio para los últimos 54 datos, desde la muestra 83 hasta la muestra 136, que es donde la mezcla se ha comportado de una manera homogénea, logrando una producción estable y con las mismas características.

$$n = \frac{N(Z^2)(\sigma^2)}{(Z^2)(\sigma^2) + e^2(N - 1)}$$

Donde:

$$N = 54$$

$$Z = 1.96$$

$$\sigma^2 = 0.0937$$

$$e = 0.01$$

Por lo tanto,

$$n = 53 \quad (\text{aproximado al número entero})$$

Datos muestra aleatoria n = 53

6.1	6.3	6.1	6.0	5.9	5.9
6.2	6.0	5.9	6.1	6.4	5.8
6.2	5.9	6.0	6.2	6.5	5.9
5.7	6.2	5.9	6.3	6.5	6.1
6.2	5.9	5.8	6.3	5.8	5.9
6.4	5.6	5.8	5.5	5.8	6.2
5.8	5.7	4.8	6.1	5.6	5.9
5.7	5.4	5.8	6.5	5.6	6.3
5.7	5.9	6.0	6.0	6.1	

Teniendo el tamaño muestral para la primera población, se determinó el límite superior e inferior con la siguiente fórmula:

$$\bar{x} \pm (Z_{(\alpha/2)})(\sigma/\sqrt{n})$$

Donde:

$$\bar{X} = 5.96$$

$$n = 54$$

$$\sigma = 0.306$$

$$Z_{(\alpha/2)} = 1.96 \text{ (Valor Crítico)}$$

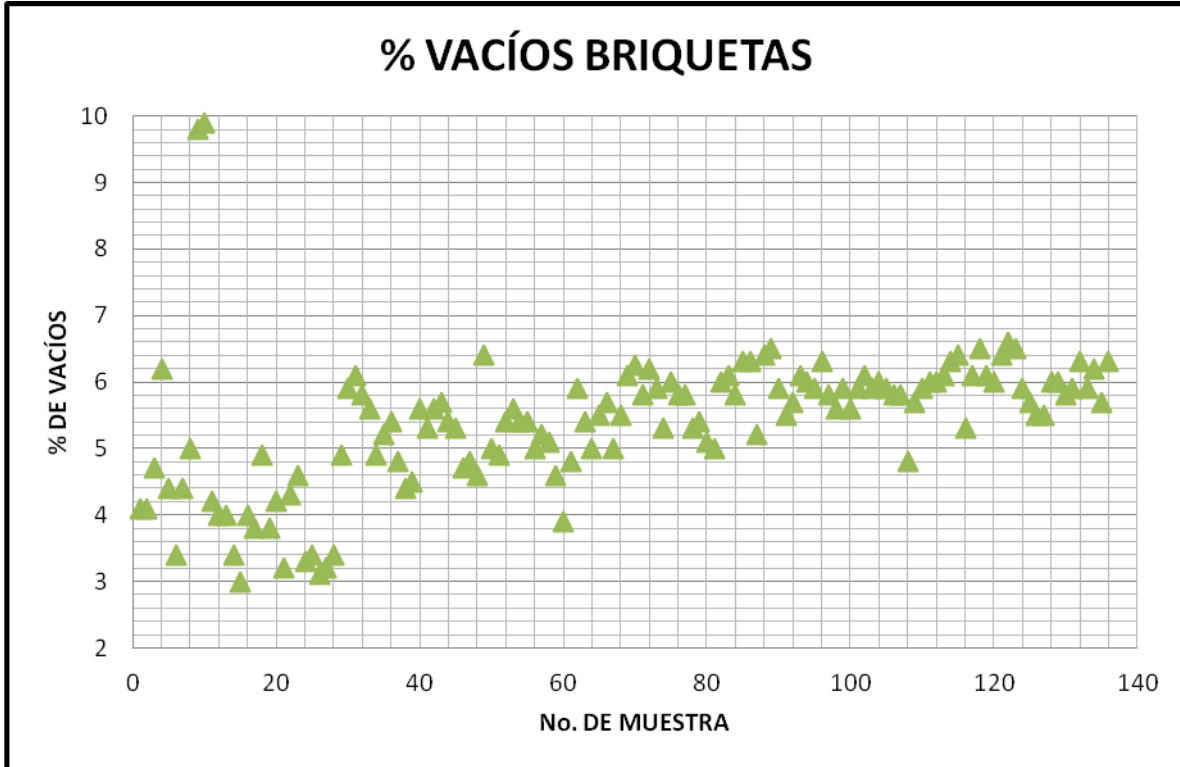
$$\alpha = 0.05$$

$$\text{Intervalo} = 0.08$$

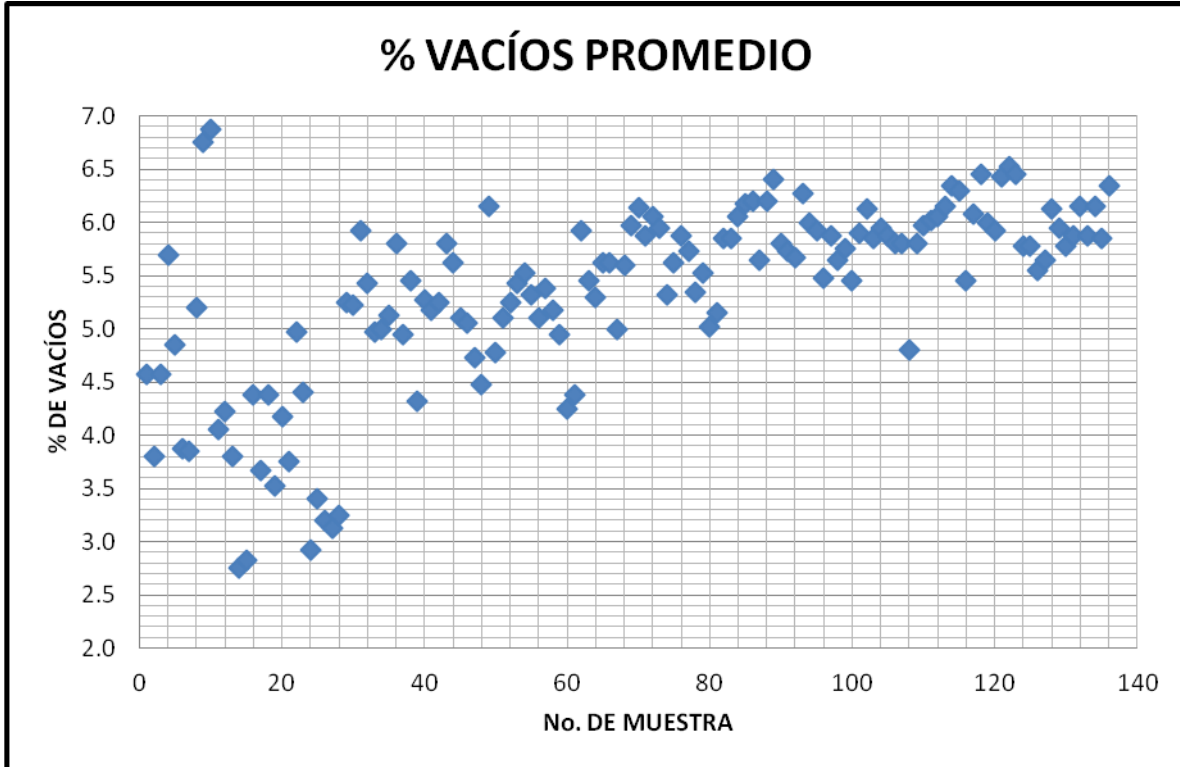
$$\text{Rango} = (5.96 + 0.08) \text{ y } (5.96 - 0.08) = 5.88 , 6.05$$

Para efectos prácticos, el rango es (5.8 , 6.1)

La amplitud de los datos muestra que la mezcla se ha comportado homogéneamente a lo largo del tiempo, ya que varían entre 0.3% y 0.5% según la cantidad de datos tomados.



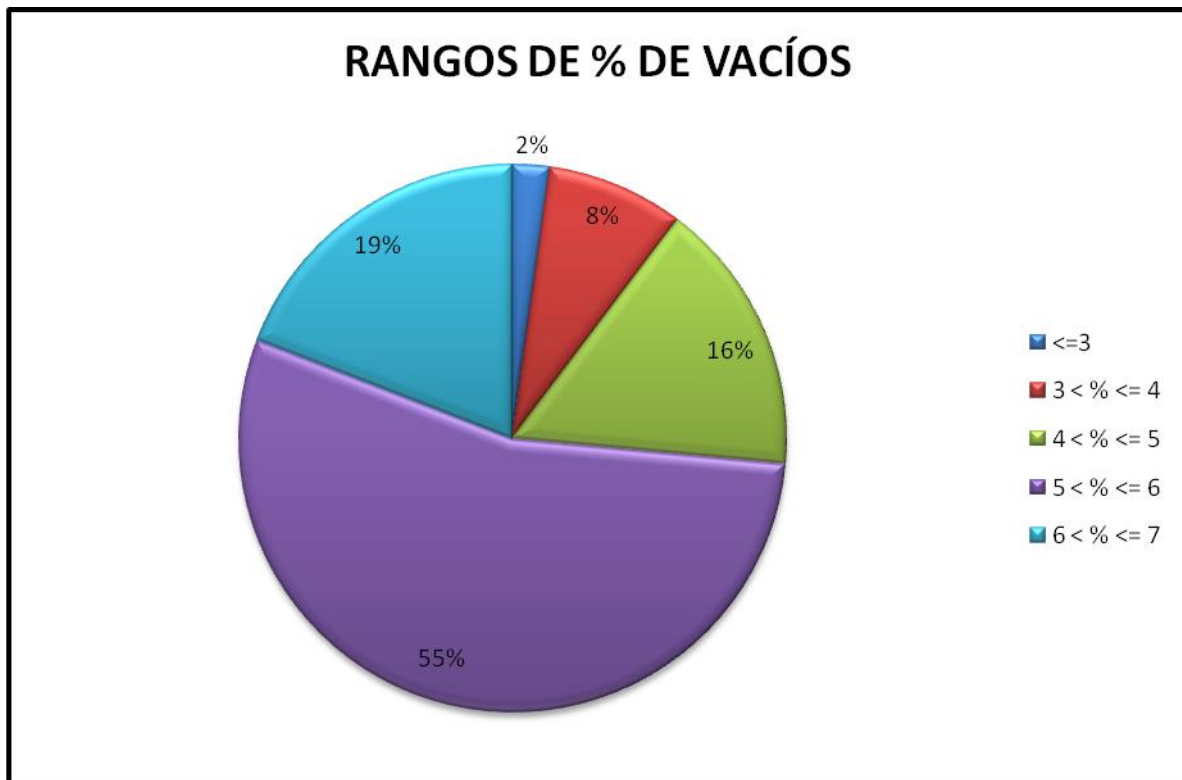
Se puede observar que para los primeros 54 datos los límites tanto superior como inferior son altos debido a que era el principio de extensión y compactación de la BTAC para el proyecto de la doble calzada Bucaramanga-Cúcuta. Por otro lado, al ampliar los datos a 82, se aprecia que el rango baja ostensiblemente ya que se están ajustando todos los parámetros de la mezcla para obtener un mejor producto.



Finalmente, cuando la población es de 136 datos, el rango del porcentaje de vacíos aumenta hasta estabilizarse de manera gradual y tener unos datos mucho más confiables notándose en la homogeneidad de la mezcla a lo largo del tiempo.

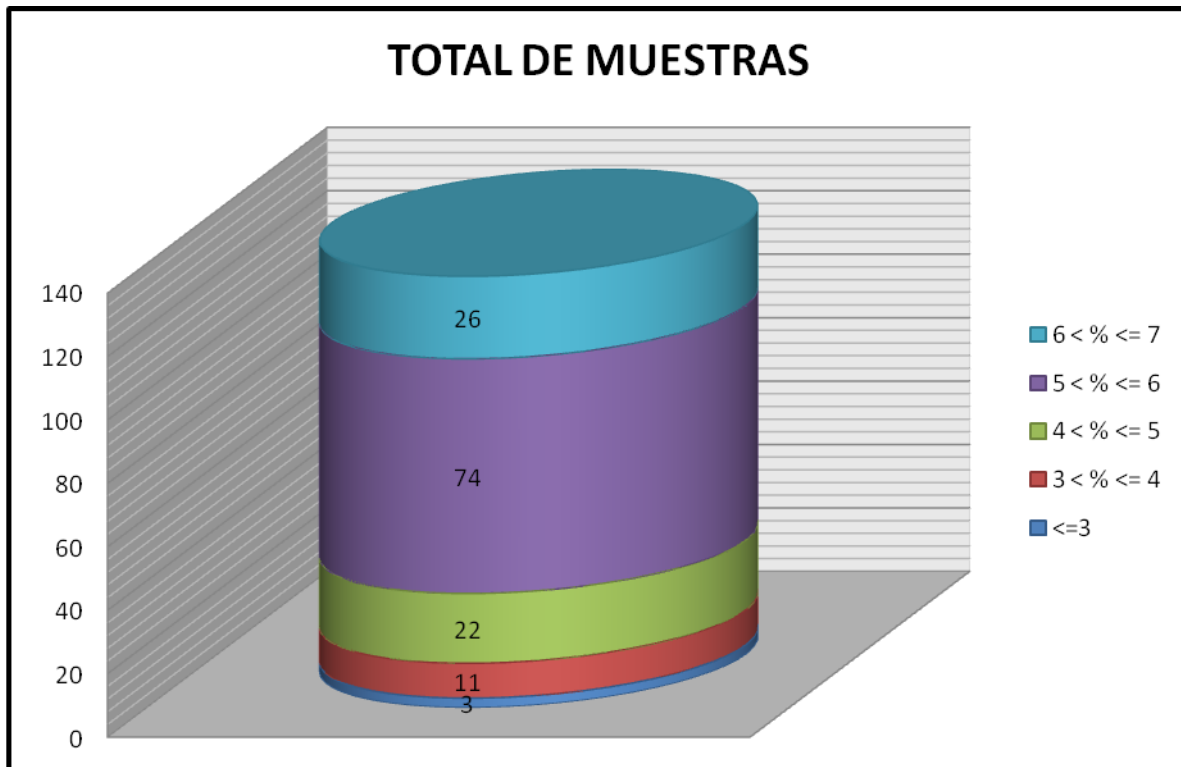
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Dentro del proyecto de la construcción de la doble calzada Bucaramanga-Cúcuta, se vienen adelantando los trabajos de rehabilitación de la vía existente, en donde la estructura presenta una capa asfáltica denominada Base Tratada con Asfalto en Caliente (BTAC) que sirve de soporte a la capa de rodadura, en este caso la MDC-2. Debido a que la BTAC no presenta una especificación general dentro de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías fue imprescindible elaborar una especificación particular como documento contractual para las necesidades del proyecto mencionado. Esta especificación particular no contempló características propias e importantes de las mezclas asfálticas, como lo son la estabilidad, flujo, porcentaje de vacíos, etc. Precisamente esta monografía se enfoca en la obtención de un rango para el porcentaje de vacíos de la BTAC.



Los datos recolectados fueron tomados desde el 2 de mayo de 2011 hasta el 28 de abril de 2012, obteniendo un total de 136, lo cual aporta una idea más precisa

del porcentaje de vacíos propio de la mezcla. Con motivo de este estudio, estos 136 datos se dividieron en tres (3) grupos dependiendo de la fecha. El primero, fue de 54 datos, desde el 2 de mayo de 2011 hasta el 30 de septiembre del mismo año; el segundo, desde el 2 de mayo de 2011 hasta el 16 de diciembre de 2011 y el tercero y último grupo, desde el 2 de mayo de 2011 hasta el 28 de abril de 2012, tomando la totalidad de los datos.



Al analizar los resultados de los tres grupos de datos, y basándonos en el último análisis, fuera de los tres anteriores, donde se presentan agrupan los últimos 54 datos, y donde vemos que el comportamiento de la mezcla más exactamente el porcentaje de vacíos se comporta de una manera semejante, se concluye que el valor más confiable es el que representa a la población y que se debe tomar para la posterior producción de la mezcla asfáltica BTAC es éste último análisis; ya que la mezcla se estabiliza y hay una homogeneidad en la producción, llegando a tener una BTAC con características muy similares. Con estos datos se establece que la mezcla ya posee un comportamiento homogéneo, lo cual asegura con un porcentaje de error mínimo, que el porcentaje de vacíos va a estar dentro del rango establecido. Prueba de ello es que, mensualmente, por parte del contratista, se realiza el ensayo de gravedad específica máxima teórica (Gmm), corroborando que los materiales utilizados siguen siendo los mismos, extraídos de la cantera de CEMEX –Suratá.

Finalmente, se propone el rango de porcentaje de vacíos entre 5.5% y 6.5% como parámetro de aceptación o rechazo de la BTAC, esto teniendo en cuenta cierto valor de incertidumbre ajustado a los límites calculados en todos los análisis anteriores para distintos tipos de población.

BIBLIOGRAFÍA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA, “reglamento de trabajos de grado”, Acto aprobatorio No. 005 – 08. Floridablanca, 1 de abril de 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS,” Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y Normas de Ensayo para Materiales de Carreteras”. Santafé de Bogotá, 2007.

INGENIERÍA DE SOLUCIONES VIALES INTEGRALES S.A.S. “Especificación Particular, Suministro e Instalación de la Base Tratada con Asfalto en Caliente” (Fuente Suratá). Bogotá, 16 de marzo de 2011.

KRAEMER CARLOS, JOSÉ MARÍA PADILLA, SANDRO ROCCI, MANUEL G. ROMANO, VÍCTOR SÁNCHEZ BLANCO, MIGUEL ÁNGEL DEL VOL “ingeniería de carretera”, volumen II; ed. MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A., 2004

OLIVERA BUSTAMANTE FERNANDO, estructura de vías terrestre, segunda edición, México, CONTINENTAL, 1996.

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTE, “aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas” Instituto Mexicano del Transporte, México, 2006

<http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3334/14/34065-14.pdf>, fecha de consulta, Junio 2012

http://www.biblioteca.udep.edu.pe/BibVirUDEP/tesis/pdf/1_130_181_83_1181.pdf, fecha de consulta, Junio 2012

http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%209.pdf,
fecha de consulta, Junio 2012

http://www.vialidad.gov.ar/div_control_%20calidad/Para%20subir/P%20Bolzan%20_%20Colocacion%20Mezclas%20Asfalticas.pdf, fecha de consulta, Junio 2012

<http://www.monografias.com/trabajos12/muestam/muestam.shtml>, fecha de
consulta, Junio 2012