



UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPÍRITU SANTO

FACULTAD DE ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ANÁLISIS COMPARATIVO DE TRABAJOS DE BACHEO USANDO HORMIGÓN
ASFALTICO FRIO Y HORMIGÓN ASFALTICO CALIENTE MEZCLADO EN
PLANTA.

Trabajo de investigación que se presenta como requisito para el título de Ingeniero
Civil

Autor: Cornelio Sebastián Vanegas Pinos

Tutor: Ing. Blas Cruz

Samborondón, Noviembre 2014.

DEDICATORIA

A Dios, por haberme acompañado en este camino, por su guía y resguardo. A mi familia por haberme apoyado a cada momento. A mi padre por haberme inculcado el amor a esta profesión y por brindarme la oportunidad de estudiar y con su ejemplo convertirme en un profesional integro. A mi madre por su amor incondicional, sus sabias palabras y fortaleza en mis momentos de flaquezas. A Giuliana por incentivarne a ser mejor, por su compañía y ayuda en todo momento.

Sebastián Vanegas

RECONOCIMIENTO

En primer lugar, al Ing. Blas Cruz, por su guía en cada etapa del presente trabajo. Al Ing. Paco Alcoser, por su importante aportación. Al Ing. Paul Cornejo por haber aclarado mis dudas en ciertos temas del presente trabajo. Al Ing. Alex Villacres por haberme encaminado en las primeras etapas del presente trabajo. Al Ing. Urbano Caicedo, por su guía y ayuda durante todos los años de mi carrera. A mis profesores por su guía durante mi periodo como estudiante y por brindarme las herramientas para seguir creciendo en esta profesión.

Sebastián Vanegas

Índice general

DEDICATORIA.....	3
RECONOCIMIENTO.....	4
Índice de ilustraciones.....	7
Índice de tablas.....	9
Índice de gráficos.....	11
Resumen.....	13
Introducción.....	15
Capítulo I: El problema.....	16
1.1. Antecedentes.....	16
1.1. Descripción del problema.....	17
1.2. Alcance y delimitación.....	18
1.3. Preguntas de investigación.....	18
1.4. Objetivos generales y específicos.....	19
1.5. Formulación del problema.....	20
1.6. Justificación.....	20
1.7. Delimitación espacial y temporal.....	21
CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL.....	22
2.1. Fundamentación teórica.....	22
2.2. Definiciones conceptuales.....	32

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	34
3.1. Formulación de la hipótesis	34
3.2. Diseño de la investigación	34
3.3. Instrumentos de recolección de datos	38
3.4. Recursos utilizados	38
3.5. Técnicas de recolección de datos.....	41
3.6. Técnicas de investigación y pasos a realizar	41
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	44
4.1. Análisis del estado de las vías	46
4.2. Análisis de precios unitarios.....	59
4.3. Análisis comparativo de presupuesto de obra general	67
CAPITULO V: LA PROPUESTA.....	78
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
6.1. Conclusiones	79
6.2. Recomendaciones	84
Referencias Bibliográficas	88

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Plano de calles de la parroquia de Tarifa.....	45
Ilustración 2. Bache ubicado en calle Antonio José de Sucre entre calles García Moreno y Abdón Calderón	46
Ilustración 3. Bache ubicado en calle Antonio José de Sucre entre calles García Moreno y Abdón Calderón	47
Ilustración 4. Bache ubicado en calle Juan de Mata Flores entre García Moreno y Abdón Calderón.	48
Ilustración 5. Bache ubicado en calle Juan de Mata Flores entre García Moreno y Abdón Calderón.	49
Ilustración 6. Bache ubicado en la calle Antonio José de Sucre entre avenida Guayaquil y 10 de agosto.....	50
Ilustración 7. Bache ubicado en la calle Antonio José de Sucre entre avenida Guayaquil y 10 de agosto.....	51
Ilustración 8. Bache ubicado en la calle Antonio José de Sucre entre avenida Guayaquil y 10 de agosto.....	52
Ilustración 9. Bache ubicado en la calle Antonio José de Sucre entre avenida Guayaquil y 10 de agosto.....	53
Ilustración 10. Bache ubicado en calle Benancio Quevedo entre calles Emilio Gómez Vargas y Antonio José de Sucre.....	54
Ilustración 11. Bache ubicado en calle General Gómez entre Calle 9 de Octubre y San Jacinto.....	55

Ilustración 12. Bache ubicado en calle Samborondón entre calles 22 de Mayo y 28 de Mayo..... 56

Índice de tablas

Tabla 1. Presupuesto total de trabajo de investigación	40
Tabla 2. Cronograma del trabajo de investigación	43
Tabla 3. Hormigón asfáltico caliente mezclado en planta. Rubro: Bacheo asfáltico.	59
Tabla 4. Hormigón asfáltico caliente mezclado en planta. Rubro: Riego de imprimación y liga.....	60
Tabla 5. Hormigón asfáltico caliente mezclado en planta. Rubro: Perfilada de asfalto.....	61
Tabla 6. Hormigón asfáltico caliente mezclado en planta. Rubro: Trazado.....	62
Tabla 7. Hormigón asfáltico frío premezclado. Rubro: Bacheo asfáltico.	63
Tabla 8. Hormigón asfáltico frío premezclado. Rubro: Perfilada de asfalto.	64
Tabla 9. Hormigón asfáltico frío premezclado. Rubro: Trazado.....	65
Tabla 10. Hormigón asfáltico caliente mezclado en planta. Área de bacheo: 0,5 m ² , espesor: 2 pulgadas	67
Tabla 11. Hormigón asfáltico frío. Área de bacheo: 0,5 m ² , espesor: 2 pulgadas.	68
Tabla 12. Hormigón asfáltico caliente mezclado en planta. Área de bacheo: 1 m ² , espesor: 2 pulgadas	68
Tabla 13. Hormigón asfáltico frío. Área de bacheo: 1 m ² , espesor: 2 pulgadas ...	69
Tabla 14. Hormigón asfáltico caliente mezclado en planta. Área de bacheo: 1,5 m ² , espesor: 2 pulgadas	69
Tabla 15. Hormigón asfáltico frío. Área de bacheo: 1,5 m ² , espesor: 2 pulgadas.	70

Tabla 16. Hormigón asfáltico caliente mezclado en planta. Área de bacheo: 2 m ² , espesor: 2 pulgadas	70
Tabla 17. Hormigón asfáltico frío. Área de bacheo: 2 m ² , espesor: 2 pulgadas ...	71
Tabla 18. Hormigón asfáltico caliente mezclado en planta. Área de bacheo: 2,5 m ² , espesor: 2 pulgadas	71
Tabla 19. Hormigón asfáltico frío. Área de bacheo: 2,5 m ² , espesor: 2 pulgadas.	72
Tabla 20. Hormigón asfáltico caliente mezclado en planta. Área de bacheo: 2,71 m ² , espesor: 2 pulgadas	72
Tabla 21. Hormigón asfáltico frío. Área de bacheo: 2,71 m ² , espesor: 2 pulgadas	73
Tabla 22. Hormigón asfáltico caliente mezclado en planta. Área de bacheo: 3 m ² , espesor: 2 pulgadas	73
Tabla 23. Hormigón asfáltico frío. Área de bacheo: 3 m ² , espesor: 2 pulgadas ...	74
Tabla 24. Hormigón asfáltico caliente mezclado en planta. Área de bacheo: 3,5 m ² , espesor: 2 pulgadas	74
Tabla 25. Hormigón asfáltico frío. Área de bacheo: 3,5 m ² , espesor: 2 pulgadas.	75
Tabla 26. Hormigón asfáltico caliente mezclado en planta. Área de bacheo: 4 m ² , espesor: 2 pulgadas	75
Tabla 27. Hormigón asfáltico frío. Área de bacheo: 4 m ² , espesor: 2 pulgadas ...	76
Tabla 28. Cuadro comparativo de áreas y precios.	76

Índice de gráficos

Gráfico 1. Curvas precio-área.	77
-------------------------------------	----

Resumen

Los trabajos de bacheo en la parroquia de Tarifa del cantón Samborondón, han sido realizados tradicionalmente con hormigón asfáltico caliente mezclado en planta. Estos trabajos seguían una metodología específica, que se resumía en trazar la superficie de la falla, levantar el asfalto afectado (de ser el caso), limpiar el área de bacheo, realizar el riego de imprimación y liga, tender el asfalto y finalmente compactarlo. Todo este trabajo tenía un precio y tiempo de elaboración ya conocido por todos los constructores del medio.

En la presente investigación se analizó los trabajos de bacheo empleando hormigón asfáltico frío y se comparó el precio y tiempo de elaboración del trabajo con el de las obras de bacheo realizadas con hormigón asfáltico caliente mezclado en planta. Se obtuvo que para baches de dimensiones pequeñas, de áreas máximo hasta 2,71 metros cuadrados y un espesor de 2 pulgadas, los trabajos de bacheo eran menos costosos usando hormigón asfáltico frío. Esto se debía principalmente a que la presentación del hormigón asfáltico frío puede ser vendida en volúmenes pequeños, mientras que para el hormigón asfáltico caliente mezclado en planta esta se vende desde 1 metro cúbico en adelante, rindiendo aproximadamente 15 metros cuadrados con un espesor de 2 pulgadas, lo que indicaba que en áreas pequeñas, gran parte del material resultaba en un desperdicio aumentando el costo de la obra. También se observó que los trabajos de bacheo con hormigón asfáltico frío tenían una menor duración, debido a que para el producto específico que se analizó, no se requería el riego de imprimación y liga.

Para áreas superiores a la mencionada, los trabajos de bacheo resultaban menos costosos usando hormigón asfáltico caliente mezclado en planta, debido a que para áreas mayores el volumen del material se incrementa, reduciendo el desperdicio y por lo tanto disminuyendo el costo de la obra. Finalmente de los baches observados en la parroquia de Tarifa, tan solo 4 de 11 encontrados, de acuerdo a sus áreas, eran recomendables realizar sus respectivos trabajos de bacheo con hormigón asfáltico frío. En el caso de la parroquia de Tarifa, los trabajos le correspondía realizarlos al municipio de Samborondón, ya que se encuentran en vía pública. Por esta razón y debido a que el municipio no contrata los trabajos para obras puntuales, sino que se toma todas las fallas encontradas y se emite una orden de trabajo por la totalidad de los baches. Se recomienda que sean realizados los respectivos trabajos de bacheo usando hormigón asfáltico caliente mezclado en planta, ya que el área total, requiere de un volumen considerable en el que el hormigón asfáltico caliente mezclado en planta no presentará mayor desperdicio de material, por lo que la obra resultará de menor costo que si sería realizada con hormigón asfáltico frío.

Introducción

En la parroquia de Tarifa del cantón Samborondón, tradicionalmente han sido realizados trabajos de bacheo con hormigón asfáltico caliente mezclado en planta, un material fácilmente encontrado en la ciudad de Guayaquil y cuya metodología de trabajo es muy conocido. La presente investigación pretende analizar los trabajos de bacheo usando hormigón asfáltico caliente mezclado en planta y hormigón asfáltico frío con uso específico para baches, un producto producido por una empresa constructora guayaquileña, cuya fabrica se encuentra en el cantón Durán. Posteriormente se realizará una comparación de los análisis de precios y metodología de trabajo para cada material. De esa forma se determinará con cuál de estos dos tipos materiales resultarán menos costosos los trabajos de bacheo en la parroquia de Tarifa del cantón Samborondón y de ser el caso para qué áreas de bacheo será ventajoso realizar este tipo de trabajos con uno u otro material.

Capítulo I: El problema

1.1. Antecedentes

El hormigón asfáltico caliente mezclado en planta ha sido comúnmente usado en el cantón Samborondón para realizar trabajos de bacheo. Este tiene un costo de \$70 cada metro cúbico aproximadamente (Cornejo, 2014)¹⁰ , una metodología de trabajo y tiempo de duración muy conocida y empleada por un sin número de ingenieros a nivel nacional.

El hormigón asfáltico en frío es ampliamente empleado en trabajos de bacheo en varios países de la región latinoamericana como Colombia (Rondón Quintana, Rodríguez Rincón, Real Triana, & Montealegre Elizalde, 2007)³⁴ , Chile (Asfalto Química Latinoamericana S.A.)⁴ y en centro América, principalmente en México (Asfalto en frío) y Costa Rica (Jiménez Acuña & Molina Zamora, 2009)²¹, se emplea para este tipo de trabajos porque cumpliendo con las normas técnicas de durabilidad y resistencia el costo de la obra total es menor que los trabajos realizados con hormigón asfáltico en caliente. En el Ecuador este tipo de hormigón asfáltico casi no ha sido empleado y debido a esto no se conoce a exactitud el costo y tiempo de trabajo de bacheo usando este tipo de hormigón asfáltico en frío y las ventajas que este pueda tener por sobre el hormigón asfáltico caliente.

1.1. Descripción del problema

Actualmente en el cantón Samborondón todos los trabajos de bacheo son realizados usando hormigón asfáltico caliente mezclado en planta. El costo de este material como lo mencione anteriormente es de \$70 por metro cúbico (Cornejo, 2014)¹⁰ aproximadamente, este precio puede variar entre \$5 dólares más o menos dependiendo de la empresa que lo provea. La metodología de trabajo, la maquinaria utilizada, la mano de obra, el transporte y la duración de los trabajos realizados tradicionalmente resultan costosos en comparación con las obras de bacheo realizadas con hormigón asfáltico en frío. Esto por supuesto también dependerá de la magnitud de la obra y el área de bacheo.

Mediante el uso de hormigón asfáltico en frío se podrá generar un ahorro en el costo y en el tiempo de ejecución de los trabajos de bacheo, generando una mayor utilidad para los contratistas y un ahorro para la entidad contratante en obras de este tipo en la parroquia de Tarifa del cantón Samborondón.

1.2. Alcance y delimitación

Para la presente investigación se usarán los costos locales dentro de la parroquia de Tarifa del cantón Samborondón del hormigón asfáltico en frío teniendo en cuenta el transporte del material al sitio, el costo de la mano de obra y el costo del alquiler de los equipos. También se determinará el rendimiento de los equipos y de la mano de obra, para establecer el tiempo de ejecución de los trabajos de bacheo por metro cuadrado de la parroquia de Tarifa del cantón Samborondón. Por último se comparará el costo y tiempo de ejecución de los trabajos de bacheo con hormigón asfáltico en frío mezclado en sitio con el usado tradicionalmente como es el hormigón asfáltico en caliente mezclado en planta.

1.3. Preguntas de investigación

- 1) ¿Cuál es el costo total de las obras de bacheo usando hormigón asfáltico frío por metro cuadrado en la parroquia de Tarifa del cantón Samborondón?
- 2) ¿Cuál es el costo total de las obras de bacheo usando hormigón asfáltico caliente por metro cuadrado en la parroquia de Tarifa del cantón Samborondón?
- 3) ¿En qué magnitudes de obra y áreas de bacheo resulta más costoso el trabajo usando hormigón asfáltico caliente que usando hormigón asfáltico frío?

1.4. Objetivos generales y específicos

1.4.1. Objetivo General

Determinar por medio de análisis que material, sea el hormigón asfáltico caliente o el hormigón asfáltico frío, es más adecuado en términos de costo y tiempo de ejecución de obra para trabajos de bacheo y realizar una comparación para identificar hasta que área de trabajo uno es más ventajoso que el otro.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Establecer el costo por metro cuadrado en la parroquia de Tarifa del cantón Samborondón del trabajo de bacheo empleando hormigón asfáltico frío.
- Establecer el costo por metro cuadrado en la parroquia de Tarifa del cantón Samborondón del trabajo de bacheo empleando hormigón asfáltico caliente.
- Determinar hasta qué área de bacheo resulta menos costoso usar hormigón asfáltico frío en comparación con trabajos realizados con hormigón asfáltico caliente.

1.5. Formulación del problema

Los trabajos de bacheo realizados en el cantón Samborondón han sido empleado tradicionalmente hormigón asfáltico en caliente mezclado en planta, suponiendo esto un tiempo de elaboración y transporte al sitio. Los trabajos de bacheo de áreas pequeñas y puntuales resultan en pérdidas de material y debido a esto de dinero. Esto se debe a que el hormigón asfáltico caliente mezclado en planta se produce hasta volúmenes de un metro cúbico en adelante, el rendimiento de un metro cúbico es de aproximadamente quince metros cuadrados con un espesor de dos pulgas o cinco centímetros, por lo que para áreas pequeñas menores a quince metros cuadrados, habrá pérdida de material y con esto un costo elevado. Se espera que con la implementación del hormigón asfáltico en frío mezclado en sitio se reduzca el tiempo de ejecución de las obras de este tipo, así como la pérdida de material y dinero, ya que este material si se lo puede encontrar en volúmenes menores.

1.6. Justificación

Este trabajo se realizará con el objetivo de comparar costos y tiempos de ejecución de los trabajos de bacheo realizados tradicionalmente con hormigón asfáltico caliente y hormigón asfáltico frío, para determinar cuál de los dos sistemas es más ventajoso económicamente. Se espera que con la

implementación del hormigón asfáltico frío se reduzca el tiempo de ejecución de las obras de bacheo y así también el costo de la obra general.

1.7. Delimitación espacial y temporal

La presente investigación está situada en la parroquia Tarifa del cantón Samborondón. Todos los análisis se realizarán tomando en cuenta la ubicación geográfica de la parroquia de Tarifa. También se utilizarán estrictamente los precios actuales para el año 2014 que se utilizan en el ámbito de la construcción de obras civiles en el Ecuador, específicamente en la ciudad de Guayaquil y dentro del cantón Samborondón.

CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

2.1. Fundamentación teórica

2.1.1. Bacheo

El bache es una falla común en las carpetas de hormigón asfáltico, básicamente es la pérdida de la carpeta en un lugar puntual de la superficie de rodamiento, esto sucede por diversos factores casi siempre relacionadas con la calidad de la capa inferior, la filtración de agua o el progreso de la oxidación de los agregados pétreos mejor conocida como “piel de cocodrilo”.

El término bacheo profundo se refiere a que la reparación llega hasta la capa inferior de la carpeta, si es que se encuentra el origen de la falla a esa profundidad y de acuerdo a esto se asume que el término bacheo se refiere al proceso de reparación aplicado solo a la carpeta. La metodología de trabajos de bacheo variará de acuerdo al material que se use para reemplazar el material dañado existente en el bache.

En el siguiente subcapítulo de mezclas asfálticas se detallará la metodología de las obras de bacheo de acuerdo al material empleado.

2.1.2. Mezclas asfálticas

Las mezclas asfálticas están compuestas por una combinación de aglomerantes con agregados pétreos minerales o artificiales, los cuales dependiendo del diseño de la mezcla, la granulometría del agregado y la temperatura de mezclado, se clasifican en mezclas en frío y mezclas en caliente.

2.1.2.1. Mezclas asfálticas en caliente

Las mezclas asfálticas en caliente consisten en una combinación de agregados anteriormente mezclados, aglutinados por cemento asfáltico, para lograr una adecuada trabajabilidad y mezclado. El agregado y el cemento asfáltico deben ser calentados antes del mezclado.

Las mezclas asfálticas en caliente pueden ser producidas con diversos tipos de combinaciones de agregados, cada una con sus propiedades particulares para un diseño específico y uso en la vialidad. Las características de la mezcla se determinan por las cantidades proporcionales de agregado grueso, agregado fino y polvo mineral.

El asfalto y sus agregados son mezclados en planta, en la cual todos los materiales y componentes son calentados, dosificados y mezclados para producir la mezcla de pavimentación asfáltica deseada de acuerdo a la fórmula empleada y cumpliendo con los requerimientos de la obra a realizarse. Una vez finalizado el proceso de mezclado en planta, la mezcla es transportada al sitio de la obra y

distribuida por una maquina pavimentadora de asfalto mientras la mezcla continua caliente. Posterior a esto el material es compactado por rodillos lisos pesados y finalmente por rodillos neumáticos, para producir una capa lisa, con la compactación ideal y excelente acabado (Pacheco Pineda & Campisi Garcia, 2005)²⁹.

Las mezclas de asfálticas se dividen en dos tipos: arena-asfalto en caliente y concreto asfáltico (Pacheco Pineda & Campisi Garcia, 2005)²⁹.

En el país es comúnmente usada este tipo de mezcla asfáltica cliente, según la información proporcionada por una empresa constructora ubicada en el cantón Samborodón, la fórmula que usan es de 31% arena fina, 39% piedra 3/8", 24% piedra 3/4" y 6% de asfalto. Esta fórmula puede variar dependiendo de la empresa que la fabrique, el porcentaje de asfalto oscilará entre el 5% y 7% de acuerdo a las necesidades que presente la obra.

Usando este tipo de mezcla asfáltico, la metodología de trabajo para el bacheo sería la siguiente:

Primero se ubica el lugar de la falla y se delimita una área geométrica (puede ser cuadrada o rectangular) que cubra la totalidad de la falla. A continuación se corta y levanta el asfalto en mal estado siguiendo el área delimitada, posterior a esto se deberá aplicar el líquido de imprimación en proporciones de 0.7 litros por metro cuadrado. Finalmente se colocará la carpeta asfáltica y se procederá a realizar la respectiva compactación con rodillo liso y neumático. La compactación deberá alcanzar el 95% de su pvm (Peso volumétrico

Marshall). Para los casos de bacheos profundos, posterior a haber retirado el hormigón asfáltico en mal estado, se deberá excavar y desalojar el material pétreo en mal estado. Luego de esto se repondrá el material desalojado con material de calidad y se realizará una compactación al 100% de su pvsm (Peso volumétrico máximo seco) y se aplicará un riego de imprimación en proporciones de 1.2 litros por metro cuadrado para finalizar con el tendido del hormigón asfáltico y su compactación (REPARACION EN PAVIMENTO Y CONSTRUCCION)³².

2.1.2.2. Mezclas asfálticas en frío

La mezcla asfáltica en frío es una mezcla de agregados con asfalto emulsionado.

En este tipo de mezcla asfáltica, el asfalto es mezclado en agua antes de ser mezclado con el agregado pétreo. En ese estado el asfalto es menos viscoso por lo que la mezcla es más fácil de manipular, de trabajar y de compactar. La emulsión producida por el agua y el asfalto se romperá luego de que el agua se evapore, entonces la mezcla en frío alcanzará su mayor resistencia (Jiménez Acuña, Sibaja Obando, & Molina Zamora, 2009)²². Todo este proceso se lleva a cabo a temperatura ambiente.

Las mezclas asfálticas en frío tipo concreto, son las que están compuestas por la combinación de uno o más agregados pétreos y un relleno mineral (de ser necesario), con un asfalto emulsionado o diluido con solvente y todo el proceso de mezclado, aplicación y compactación se realizan en frío, es decir en condiciones ambientales.

El ligante puede ser precalentado hasta no más de 60°C, el resto de las operaciones se llevan a cabo a temperatura ambiente. Los agregados pétreos no requieren secado ni calentamiento, se los emplea tal como se los encuentra, con su humedad natural. Estas mezclas también pueden ser elaboradas en la misma planta de mezclado donde se elaboran mezclas asfálticas en caliente, pero sin el sistema de calefacción para el secado de los áridos y el calentamiento y circulación del asfalto.

También es posible la preparación en el sitio, para lo cual se utilizan maquinarias y equipos como la moto niveladora y mezcladoras livianas de una sola pasada.

Las mezclas en frío emulsionadas o con asfaltos diluidos al solvente, brindan una mayor flexibilidad al momento de trabajarlas en sitio y en su manipulación con respecto a las mezclas convencionales en caliente, esto se debe a que:

- 1) La emulsión se adapta mejor a los agregados con alto contenido de finos.

2) Puede ser mezclada en un tiempo más prolongado. Mientras que el mezclado en caliente debido a que debe mantenerse en altas temperaturas tiene un tiempo limitado de mezclado antes de que se enfríe.

La decisión entre un tipo u otro de mezcla depende exclusivamente del tipo de obra, magnitud, sitio, factores climáticos y requerimientos técnicos (e-asphalt)¹⁵.

La magnitud determinará las ventajas económicas de usar un método por encima del otro, ya que hasta cierta magnitud (área de bacheo) el uso de hormigón asfáltico frío deja de ser ventajoso por sobre el uso de hormigón asfáltico caliente.

Para este tipo de mezclas la metodología de trabajo de bacheos tendrá ciertas diferencias con metodología de trabajo tradicional que se realiza con hormigón asfáltico caliente. La metodología de trabajo específicamente para el producto de hormigón asfáltico frío que usaremos posteriormente en los análisis comparativos, es la siguiente:

Al igual que con el hormigón asfáltico caliente, primero se ubica el lugar de la falla y se delimita una área geométrica (puede ser cuadrada o rectangular) que cubra la totalidad de la falla. A continuación se cortará y levantará el asfalto en mal estado siguiendo el área delimitada. Aquí es donde empieza a diferenciarse entre una y otra mezcla, ya que para el bacheo con hormigón asfáltico frío no se realiza la imprimación, sino que se procede a regar el material directo en el área geométrica delimitada. Posterior a esto se procederá a la respectiva compactación

con rodillo liso y neumático al igual que la que se realiza en los bacheos con hormigón asfáltico caliente. De la misma forma que en los bacheos con hormigón asfáltico caliente, la compactación deberá alcanzar el 95% de su pvm (Peso volumétrico Marshall). De igual manera que en los trabajos de bacheo empleando hormigón asfáltico caliente, para los casos de bacheos profundos, posterior a haber retirado el hormigón asfáltico en mal estado, se deberá excavar y desalojar el material pétreo en mal estado. Luego de esto se repondrá el material desalojado con material de calidad y se realizará una compactación al 100% de su pvsm (Peso volumétrico máximo seco), después de la compactación se pasa directamente al riego del hormigón asfáltico frío, sea este premezclado o mezclado en sitio, una vez más para este tipo de material no se realiza el riego de imprimación, solo se requiere que el área de bacheo este completamente limpia y seca. Se finaliza el bacheo con la compactación del hormigón asfáltico. (REPARACION EN PAVIMENTO Y CONSTRUCCION)³².

Debido a que para el bacheo con hormigón asfáltico frío, específicamente para el producto que usaremos en los análisis comparativos, no es necesario el riego de imprimación y viene en presentaciones de sacos de mínimo veinte kilogramos, los tiempos de ejecución de obra se verán acortados. Esto se debe a que se elimina una parte del proceso que si debe realizarse en bacheos con hormigón asfáltico caliente, como es el riego de imprimación y debido a la presentación en sacos, del hormigón asfáltico frío que usaremos en los análisis posteriores, se facilita su transporte a diferencia del hormigón asfáltico caliente, que debe ser transportado específicamente en volquetas.

2.1.3. Utilización

Estas mezclas en frío son utilizadas generalmente como capas de rodamiento, material para bacheo, capa de base o sub.-base, todas siendo empleadas en vías de segundo orden y tercer orden. Para vías de primer orden se recomienda utilizar hormigón asfáltico caliente, debido a que los requerimientos de resistencia y durabilidad de la capa de rodadura son más altos.

Son mayormente utilizadas en el curado de baches en las carpetas de hormigón asfáltico.

Según la definición del Instituto del Asfalto, los baches: son roturas de la carpeta asfáltica, que penetran hasta la capa de base del terreno o por debajo de ella.

En la reparación de fallas puntuales de la carpeta asfáltica (baches) se emplea mezclas en de hormigón asfáltico en frío, seleccionando la que mejor se adapte a la magnitud de la rotura, de acuerdo a las características granulométricas y textura superficial del asfalto existente (e-asphalt)¹⁵.

Por ejemplo en roturas con profundidades menores a 5cm, se emplean mezclas en las cuales el tamaño máximo de las partículas de los agregados sea del orden de 6mm (e-asphalt)¹⁵.

Si el espesor del área de bacheo no es mayor a 10 cm (y la base no se encuentre en mal estado) se puede emplear una mezcla densa de hormigón, con agregados con partículas de 20mm de tamaño máximo (e-asphalt)¹⁵.

Si se trata de rellenar profundidades mayores a 10cm, sería erróneo desde un tipo de vista técnico y económico utilizar tan solo una mezcla asfáltica. En este tipo de baches se puede realizar un relleno hasta 3 cms al nivel de la calzada con agregados pétreos o con suelo- cemento, suelo-cal, tosca, etc., luego de esto se continúa con la respectiva compactación cumpliendo los parámetros técnicos (e-asphalt)¹⁵.

2.1.4. Agregados

En las mezclas asfálticas los agregados componen aproximadamente el 95% del peso total de la mezcla. Estos determinan la capacidad de soportar las cargas impuestas; ahí radica la importancia de realizar un estudio completo de sus propiedades físicas y así garantizar un buen comportamiento de dichas mezclas.

Para cada tipo de mezcla asfáltica, existe su respectiva granulometría y de esta forma se reparte el tamaño de las partículas de los agregados. Para lograr esto, se pasa el material por distintos tamices de abertura en orden decreciente, pesando la cantidad de material retenido en cada tamiz en relación al peso total de la mezcla, de esta manera se puede controlar los agregados y obtener un pavimento de buena calidad y adecuado para el tipo de obra a efectuarse (Pacheco Pineda & Campisi Garcia, 2005)²⁹.

2.1.5. Asfalto

Es un material aglomerante, de larga duración, impermeable, de color negro, sólido o semisólido, que se utiliza en mezclas bituminosas, donde actúa como ligante. Es un componente natural que proviene del petróleo. En las mezclas bituminosas, el asfalto es el que aporta la flexibilidad, debido a que es una sustancia plástica que resiste la acción de los ácidos, álcalis y sales que se fluidifican con la acción del calor, por la emulsificación o por disolventes de volatilidad variable, a pesar de ser una sustancia sólida o semisólida a temperatura ambiente (Pacheco Pineda & Campisi Garcia, 2005)²⁹.

El asfalto puede ser obtenido de forma artificial, mediante la destilación del petróleo, de forma natural puede ser obtenido cuando el petróleo brota empujado por la presión, a través de grietas o fisuras y entra en contacto con el aire (Pacheco Pineda & Campisi Garcia, 2005)²⁹.

2.1.6. Cemento asfáltico

Es un asfalto refinado de consistencia apropiada para los trabajos de pavimentación. La consistencia del asfalto está dada por su grado de fluidez y de plasticidad a determinada temperatura. Su consistencia varía dependiendo de la temperatura. Comercialmente se producen cinco tipos de cemento asfáltico. Los materiales se clasifican como asfaltos de penetración: 40-50, 60-60, 85-100, 120-150 y 200-300. Los números nos indican el grado de consistencia del asfalto,

mientras mayor es la penetración, más blando es el material. Para la construcción de pavimentos de hormigón asfáltico, comúnmente se usa cemento asfáltico de distintas penetraciones como: 60-70, 85-100 y 120-150, entre otros (Pacheco Pineda & Campisi Garcia, 2005)²⁹.

2.2. Definiciones conceptuales

Bache: “Pequeño desnivel en el suelo o en el pavimento, producido por la pérdida o hundimiento de la capa superficial” (Oxford)²⁸.

Asfalto en frío: “están definidas como la combinación de uno o más agregados pétreos y un relleno mineral con un asfalto emulsionado catiónico o diluido con solvente, cuya mezcla, aplicación y compactación se realizan en frío (condiciones ambientales)” (e-asphalt)¹⁵.

Asfalto en caliente: “es una mezcla de áridos gruesos y finos de alta calidad con cemento asfáltico, densamente graduada. Los áridos y el cemento asfáltico, calentados individualmente entre 130 y 160°C, son mezclados en planta, aplicados con máquinas terminadoras y compactados en caliente” (e-asphalt)¹⁵.

Asfalto: “Sustancia de color negro que constituye la fracción más pesada del petróleo crudo. Se encuentra a veces en grandes depósitos naturales, como en el lago Asphaltites o mar Muerto, lo que se llamó betún de Judea. Se utiliza mezclado con arena o gravilla para pavimentar caminos y como revestimiento impermeable de muros y tejados” (española, 2001)¹⁷.

Agregados: “Los agregados están definidos como un material inerte y duro con partículas a fragmentos gradados usados en una mezcla asfáltica. Están compuestos por: piedra partida, grava, arena, escoria y desechos o polvo de rocas” (Jiménez Acuña, Sibaja Obando, & Molina Zamora, 2009)²².

Cemento asfáltico: “El cemento asfáltico es un asfalto refinado o una combinación de asfalto refinado y aceite fluidificante; de consistencia apropiada para la pavimentación” (Jiménez Acuña, Sibaja Obando, & Molina Zamora, 2009)²².

Capa de rodadura: “Es la construida por los últimos centímetros del pavimento, debe resistir las presiones verticales de contacto aplicadas por los neumáticos, las tensiones tangenciales de frenado, las succiones debidas al comportamiento de los neumáticos, etc.” (Capas de un rodamiento rígido, 2008)⁷.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Formulación de la hipótesis

Los trabajos de bacheo dentro del cantón Samborondón han sido realizados tradicionalmente usando hormigón asfáltico caliente mezclado en planta, esto supone un tiempo de elaboración, transporte y metodología de trabajo. Se espera que con la implementación del hormigón asfáltico frío se reduzca el tiempo de ejecución de las obras de este tipo y así también el costo de la obra en sí.

3.2. Diseño de la investigación

3.2.1. Tipo de investigación

La presente investigación es del tipo experimental ya que tiene como objetivo analizar y determinar si es ventajoso realizar trabajos de bacheo con hormigón asfáltico frío por sobre los trabajos de bacheo realizados tradicionalmente con hormigón asfáltico caliente, realizados en la parroquia de Tarifa del cantón de Samborondón. Por definición el tipo de investigación experimental comprende de un conjunto de actividades sistemáticas y de técnicas que se utilizan para obtener información y datos sobre el tema a investigar o problema por resolver. Este tipo de investigación se encarga de manipular una

variable experimental no comprobada, en circunstancias rigurosamente controladas, con el objetivo de describir de qué forma o causa se produce una situación o fenómeno particular (Soto)³⁶.

3.2.2. Novedad y viabilidad

Esta investigación es novedosa debido a que los trabajos de bacheo en el país han sido tradicionalmente realizados con hormigón asfáltico caliente. El material que se propone en esta investigación, que es el hormigón asfáltico frío, ha sido muy poco estudiado en el país y aún menos en la parroquia de Tarifa del cantón de Samborondón. Los trabajos de bacheo usando este tipo de material no presentan grandes antecedentes dentro del país, por lo que los costos de obra y metodología son poco conocidos.

Esta investigación es muy viable ya que se cuenta con la experiencia en este tipo de trabajos de bacheo, así como el apoyo de una empresa constructora conocida en el cantón Samborondón que se dedica a obras viales y produce el hormigón asfáltico caliente usado tradicionalmente. Esta empresa cuenta con toda la infraestructura para la producción de asfalto caliente y en la misma se podría producir asfalto frío, también se conoce de otra empresa reconocida en la ciudad de Guayaquil que produce un tipo de asfalto frío usado exclusivamente para baches, por lo que los materiales a estudiarse son muy accesibles. Con la experiencia en obras de este tipo, fuentes de información cercanas y la

accesibilidad a los materiales a estudiarse, concluimos que esta investigación tiene una alta viabilidad.

3.2.3. Variables

- 1) Costo de trabajos de bacheo empleando asfalto frío por metro cuadrado.
- 2) Costo de trabajos de bacheo empleando asfalto caliente por metro cuadrado.
- 3) Magnitud de la obra (área de bacheo) para determinar la elección de un método de bacheo por encima del otro.
- 4) Costo de materiales de trabajos de bacheo empleando hormigón asfáltico caliente por metro cuadrado.
- 5) Costo de mano de obra de trabajos de bacheo empleando hormigón asfáltico caliente por metro cuadrado.
- 6) Costo de equipos de trabajos de bacheo empleando hormigón asfáltico caliente por metro cuadrado.
- 7) Costo de transporte de trabajos de bacheo empleando hormigón asfáltico caliente por metro cuadrado.
- 8) Costo de materiales de trabajos de bacheo empleando hormigón asfáltico frío por metro cuadrado.

9) Costo de mano de obra de trabajos de bacheo empleando hormigón asfáltico frío por metro cuadrado.

10) Costo de equipos de trabajos de bacheo empleando hormigón asfáltico frío por metro cuadrado.

11) Costo de transporte de trabajos de bacheo empleando hormigón asfáltico frío por metro cuadrado.

3.2.4. Población y Muestra

3.2.4.1. Población

- Material:
 - Hormigón asfáltico caliente
 - Hormigón asfáltico frío mezclado en sitio utilizando líquido asfáltico RC2.
 - Hormigón asfáltico frío mezclado en sitio utilizando emulsión asfáltica más agua.
 - Hormigón asfáltico frío premezclado
- Mano de obra (varía de acuerdo al tipo de material a utilizarse)
- Equipo (varía de acuerdo al tipo de material a utilizarse)

- Transporte (varía de acuerdo al tipo de material a utilizarse)

3.2.4.2. Muestra

- Material:
 - Hormigón asfáltico caliente
 - Hormigón asfáltico frío premezclado
- Mano de obra (varía de acuerdo al tipo de material a utilizarse)
- Equipo (varía de acuerdo al tipo de material a utilizarse)
- Transporte (varía de acuerdo al tipo de material a utilizarse)

3.3. Instrumentos de recolección de datos

- Cuaderno de Notas.

3.4. Recursos utilizados

3.4.1. Recursos humanos

- Autor de Tesis
- Profesor asesor

3.4.2. Recursos institucionales

- Universidad de Especialidades Espíritu Santo.
- Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil.
- Municipio de Samborondón.

3.4.3. Recursos materiales

- Materiales de oficina:
 - ✓ Hojas
 - ✓ Carpetas
 - ✓ Dispositivos de almacenamiento masivo (pen drive)
 - ✓ Libros
 - ✓ Revistas
 - ✓ Impresiones
 - ✓ Cds
 - ✓ Toners
 - ✓ Esferos

3.4.4. Recursos financieros

La presente Tesis de Grado fue financiada en su totalidad por el Autor.

Tabla 1. Presupuesto total de trabajo de investigación

PRESUPUESTO			
	CANTIDAD	P.U	TOTAL
MATERIALES Y SUMINISTROS			
Impresiones y copias	400	\$0,25	\$100,00
Encuadernación y empastado	3	\$5,00	\$15,00
Equipos-computadora	1	\$50,00	\$50,00
SERVICIOS			
Internet	4	\$30,00	\$120,00
Alimentación			\$200,00
Telefonía			\$100,00
Transporte		\$50,00	0 \$50,0
TOTAL			\$635,00

3.4.5. Recursos tecnológicos.

- Computador.
- Impresora láser HP
- Escáner
- Cámara fotográfica digital
- Calculadora
- Programas Utilitarios

3.5. Técnicas de recolección de datos

- ❖ Observación y análisis de los procesos de trabajo de bacheo usando hormigón asfáltico.
- ❖ Observación y análisis de los procesos de trabajo de bacheo usando hormigón asfáltico frío.
- ❖ Análisis y cálculos de rendimiento de mano de obra, equipo y transporte usando hormigón asfáltico caliente.
- ❖ Análisis y cálculos de rendimiento de mano de obra, equipo y transporte usando hormigón asfáltico frío.
- ❖ Análisis y cálculos del tiempo de trabajo usando hormigón asfáltico caliente.
- ❖ Análisis y cálculos del tiempo de trabajo usando hormigón asfáltico frío.
- ❖ Análisis y cálculos de costos de trabajo usando hormigón asfáltico caliente.
- ❖ Análisis y cálculos de costos de trabajo usando hormigón asfáltico frío.

3.6. Técnicas de investigación y pasos a realizar

En la presente investigación las técnicas a utilizarse principalmente son de análisis, observación y cálculos de los trabajos de bacheo usando hormigón asfáltico caliente y análisis, observación y cálculos de los trabajos de bacheo usando hormigón asfáltico frío. Como pasos a seguir primero se analizarán las diferencias entre los procesos de trabajo usando cada material, luego se

determinaran los rendimientos de equipo, mano de obra y transporte para cada material a utilizarse y finalmente se calculará el tiempo y el costo de los trabajos realizados con hormigón asfáltico caliente y el tiempo y el costo de los trabajos realizados con hormigón asfáltico frío. Por último con todos los datos obtenidos de esta investigación se determinará cuál de los dos materiales es más ventajoso económicamente en los trabajos de bacheo en la parroquia Tarifa del cantón Samborondón y así comprobaremos la validez de nuestra hipótesis.

Tabla 2. Cronograma del trabajo de investigación

	MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<input type="checkbox"/> Selección del tema																												
<input type="checkbox"/> Elaboración del proyecto																												
<input type="checkbox"/> Aprobación del Proyecto																												
<input type="checkbox"/> Elaboración de la fundamentación teórica de la investigación.																												
<input type="checkbox"/> Recolección de la información de campo																												
<input type="checkbox"/> Análisis e interpretación de los datos																												
<input type="checkbox"/> Elaboración de la Propuesta																												
<input type="checkbox"/> Elaboración del Informe Final																												
<input type="checkbox"/> Corrección y Aprobación de la tesis y designación de tribunal																												
<input type="checkbox"/> Sustentación Final																												

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En la presente investigación se usarán como materiales para los análisis dos tipos de asfaltos existentes en el mercado ecuatoriano, principalmente en la ciudad de Guayaquil. Los materiales son hormigón asfáltico caliente mezclado en planta producido por una compañía dentro del cantón Samborondón y hormigón asfáltico frío premezclado y de uso exclusivo para trabajos de bacheo, producido por una empresa localizada en Durán.

La investigación está situada en la parroquia de Tarifa del cantón Samborondón. Por esta razón se realizó una visita a este sector para observar el estado de las calles asfaltadas de esta parroquia. Dentro de la parroquia de Tarifa del cantón Samborondón, se encontraron 13 calles asfaltadas, entre las cuales se observaron 11 fallas en la carpeta asfáltica de diferentes dimensiones. La mayoría de las fallas de la capa de rodadura presentaban una pérdida del asfalto existente previamente o en algunos casos la pérdida total de esa porción de la carpeta asfáltica. Estas fallas pueden haber sido causadas por distintos motivos como filtraciones de las capas inferiores, mala calidad del material de relleno de las capas inferiores, mala calidad del asfalto o la que consideramos es la principal causa, un nivel freático alto, que causa que se filtre el agua hacia la capa de rodadura causando las fallas. Debido a que encontrar la causa de las fallas en la capa de rodadura no es el objetivo de esta investigación, no se profundizará más en el tema. La totalidad de las vías asfaltadas dentro de Tarifa tienen un espesor de 2 pulgadas o 5 cm según datos obtenidos del Municipio de Samborondón.

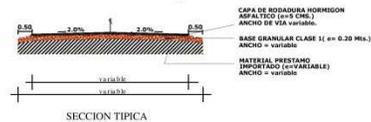


PARROQUIA TARIFA - CANTON SAMBORONDON

IMPLANTACIÓN
ESCALA 1:1250

- CALLE PAVIMENTADAS
- CALLE CON CARPETA ASFÁLTICA

DISEÑO DE LA VIA EN LA PARROQUIA TARIFA



ESCALA 1:75

Ilustración 1. Plano de calles de la parroquia de Tarifa

A continuación se podrán observar las distintas fallas observadas, junto con su ubicación y dimensiones.

4.1. Análisis del estado de las vías

- 1) Bache debido al deterioro del asfalto previamente existente, en el área delimitada se puede observar la pérdida del asfalto y fisuras en áreas contiguas. Las dimensiones del área de bacheo son: 1,60 m x 1,80 m. Comprende un área de 2,88 m².



Ilustración 2. Bache ubicado en calle Antonio José de Sucre entre calles García Moreno y Abdón Calderón

- 2) En la siguiente imagen se observa la pérdida del asfalto previamente existente, ocupa casi la totalidad del ancho de la calle. Las dimensiones del área de bacheo son: 4,30 m x 1,20 m. Comprende un área de 5,16m².



Ilustración 3. Bache ubicado en calle Antonio José de Sucre entre calles García Moreno y Abdón Calderón

- 3) En la siguiente imagen se observa el deterioro y pérdida parcial del asfalto previamente existente. Las dimensiones del área de bacheo son: 1,20 m x 1,40 m. Comprende un área de 1,68 m².



Ilustración 4. Bache ubicado en calle Juan de Mata Flores entre García Moreno y Abdón Calderón.

- 4) En la imagen se puede observar el deterioro y pérdida parcial del asfalto previamente existente. Las dimensiones del área de bacheo son: 1,10 m x 1,70 m. Tiene un área total de 1,87 m².



Ilustración 5. Bache ubicado en calle Juan de Mata Flores entre García Moreno y Abdón Calderón.

5) En la siguiente imagen se observa la pérdida del asfalto previamente existente.

Las dimensiones del área de bacheo son: 1,70 m x 1,10 m. El área total de bacheo es de 1,87m².



Ilustración 6. Bache ubicado en la calle Antonio José de Sucre entre avenida Guayaquil y 10 de agosto.

6) En la siguiente imagen se observa la pérdida del asfalto previamente existente. Las dimensiones del área de bacheo son: 1,00 m x 1,30 m. Tiene un área total de 1,30 m².



Ilustración 7. Bache ubicado en la calle Antonio José de Sucre entre avenida Guayaquil y 10 de agosto.

- 7) En la imagen se observa un deterioro del asfalto previamente existente. Las dimensiones del área de bacheo son: 4,90 m x 1,70 m. Comprende un área de 8,33 m².



Ilustración 8. Bache ubicado en la calle Antonio José de Sucre entre avenida Guayaquil y 10 de agosto.

- 8) Se observa un deterioro en el asfalto previamente existente. Las dimensiones del área de bacheo son: 2,90 m x 3,50 m. Comprende un área total de 10,15 m².



Ilustración 9. Bache ubicado en la calle Antonio José de Sucre entre avenida Guayaquil y 10 de agosto.

- 9) Se observa en la foto el deterioro y pérdida parcial del asfalto previamente existente. Las dimensiones del área de bacheo son: 4,40 m x 4,00 m. Tiene un área total de 17,6 m².

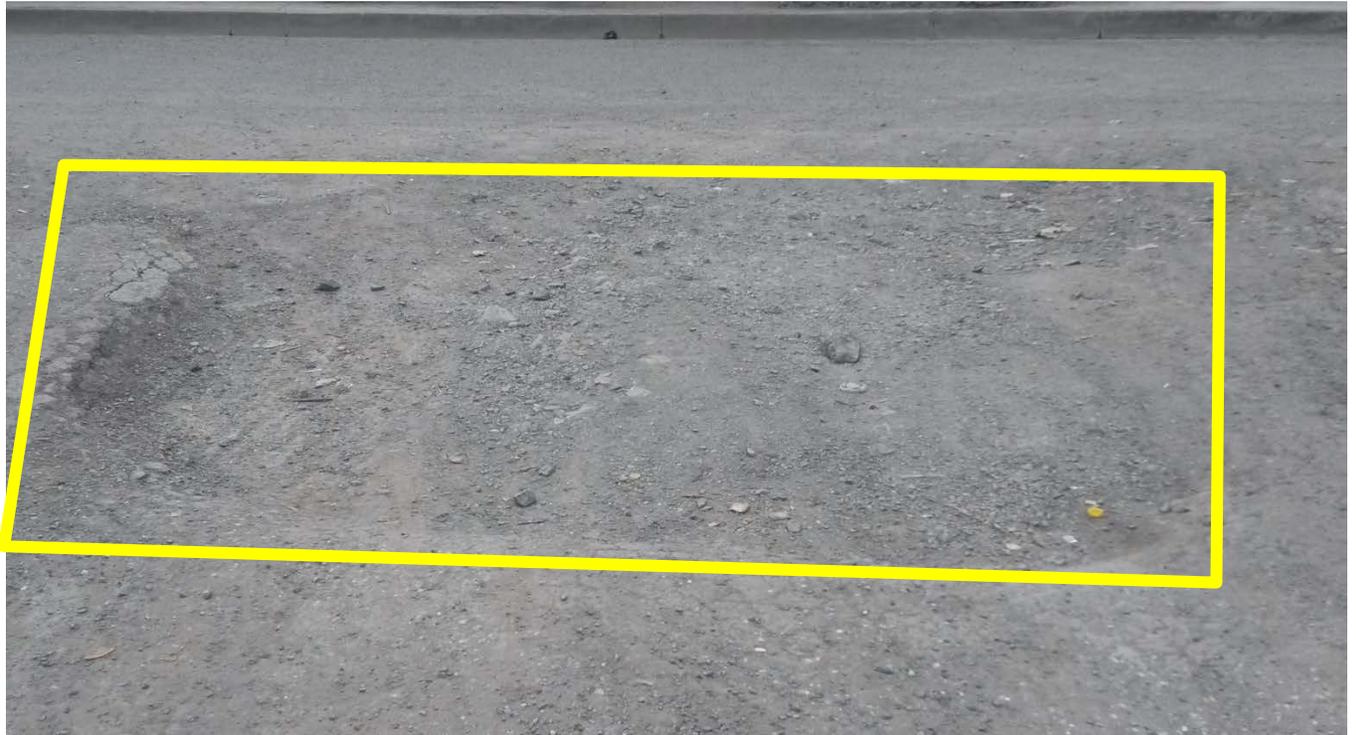


Ilustración 10. Bache ubicado en calle Benancio Quevedo entre calles Emilio Gómez Vargas y Antonio José de Sucre.

- 10) En la siguiente imagen se observa la pérdida casi en su totalidad del asfalto previamente existente. Las dimensiones del área de bacheo son: 5,70 m x 1,40 m. Comprende un área total de 7,98 m².



Ilustración 11. Bache ubicado en calle General Gómez entre Calle 9 de Octubre y San Jacinto.

11) En la imagen se puede observar el deterioro y pérdida parcial del asfalto previamente existente. Las dimensiones del área de bacheo son: 2,10 m x 2,30 m. Tiene un área total de 4,83 m².



Ilustración 12. Bache ubicado en calle Samborondón entre calles 22 de Mayo y 28 de Mayo.

- ❖ La calle Zacarías García entre calles Guayaquil y García moreno se recomienda cambiar toda la carpeta asfáltica debido a que se observó una pérdida total de la capa de rodadura.
- ❖ La calle Agustín Correa Cavagnaro desde la calle Emilio Gómez Vargas hasta la avenida 10 de Agosto no presenta baches.
- ❖ La calle Juan de Mata Franco desde avenida 10 de Agosto hasta calle Benancio Quevedo no presenta baches.
- ❖ La Calle Vicente Rocafuerte no presenta baches.
- ❖ La calle Emilio Gómez Vargas no presenta baches.
- ❖ La calle José Antonio Castro hasta la avenida 10 de Agosto no presenta baches.
- ❖ La calle Velasco Ibarra no presenta fallas.
- ❖ La calle 31 de Octubre no presenta fallas.
- ❖ La calle Jaime Hurtado no tiene ninguna falla visible.
- ❖ La calle Santa Ana no tiene fallas visibles.
- ❖ La calle Santísima Trinidad no presenta baches.

Luego de analizar las características de las fallas encontradas, procederemos a realizar los respectivos análisis de precios, para determinar cuál de los dos materiales, sea hormigón asfáltico caliente mezclado en planta o hormigón asfáltico frío premezclado es más conveniente desde el punto de vista económico. Para los siguientes análisis se usaran los precios que se conocen dentro del cantón Samborondón. Se debe tener en cuenta que el rendimiento del hormigón asfáltico caliente es de quince metros cuadrados por metro cúbico. También se debe considerar que ninguna empresa dentro del cantón Samborondón provee menos de un metro cúbico de hormigón asfáltico caliente. Los precios de los materiales utilizados para este análisis son de \$70 por metro cúbico para el hormigón asfáltico caliente y de \$0,28 por kilogramo para el hormigón asfáltico frío premezclado, estos precios fueron proporcionados por las empresas que producen los respectivos materiales. Para un bacheo de un área de un metro cuadrado de dos pulgadas de espesor se necesitarán 99,10 kg de hormigón asfáltico frío premezclado. Para realizar el bacheo de un área un metro cuadrado de dos pulgadas de espesor de necesitarán 0,07 metros cúbicos de hormigón asfáltico caliente, en este caso se debe tomar en cuenta que debido a que las empresas no proporcionan menos de 1 metro cúbico de hormigón asfáltico caliente, el resto del material se perdería junto con la inversión económica, esto también se tomó en cuenta al momento de realizar los respectivos análisis de precios unitarios y presupuesto total de obra.

4.2. Análisis de precios unitarios

Tabla 3. Hormigón asfáltico caliente mezclado en planta. Rubro: Bacheo asfáltico.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS				UNIDAD: M2	
RUBRO:		1			
DETALLE:		BACHEO ASFALTICO (INC. DESALOJO DE CARPETA EXISTENTE Y REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA E=2")			
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B		D=C*R
HERRAMIENTAS MENORES	1,00				0,01
VOLQUETA	1,00	30,00	30,00	0,0300	0,90
FINISHER	1,00	45,00	45,00	0,0300	1,35
RODILLO VIBRATORIO	1,00	35,00	35,00	0,0300	1,05
RETROEXCAVADORA	1,00	35,00	35,00	0,0300	1,05
RODILLO NEUMATICO	1,00	25,00	25,00	0,0300	0,75
					5,11
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR.	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B		D=C*R
OPERADOR FINISFER	1,00	3,21	3,21	0,0300	0,10
OPERADOR					
RETROEXCAVADORA	1,00	3,38	3,38	0,0300	0,10
OPERADOR RODILLO	1,00	3,38	3,38	0,0300	0,10
PEON	2,00	3,01	6,02	0,0300	0,18
CHOFER	1,00	4,36	4,36	0,0300	0,13
SUBTOTAL N					0,51
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE	M3	0,07	70,00	4,67	
SUBTOTAL O				4,67	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P				0,00	
	TOTAL COSTOS DIRECTOS X = (M+N+O+P)				10,29
	INDIRECTOS Y UTILIDAD 20%				2,06
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				12,35
	VALOR PROPUESTO				12,35

Tabla 4. Hormigón asfáltico caliente mezclado en planta. Rubro: Riego de imprimación y liga.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					UNIDAD:	M2
RUBRO:		2				
DETALLE:		RIEGO DE IMPRIMACION Y LIGA				
EQUIPOS						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
	A	B	C=A*B		D=C*R	
HERRAMIENTAS MENORES					0,03	
CAMION ESPARCIDOR	1,00	32,50	32,50	0,0030	0,10	
ESCOBA MECANICA	1,00	18,75	18,75	0,0030	0,06	
SUBTOTAL M					0,18	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR.	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
	A	B	C=A*B		D=C*R	
AYUD.DE OPERADOR DE EQUIPO	1,00	3,05	3,05	0,0030	0,009	
CHOFER DE TANQUERO	1,00	4,36	4,36	0,0030	0,01	
PEON	1,00	3,01	3,01	0,0030	0,009	
SUBTOTAL N					0,028	
MATERIALES						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO		
		A	B	C=A*B		
ASFALTO	GLN	0,14	0,98	0,14		
DIESEL	GLN	0,21	1,03	0,22		
SUBTOTAL O				0,35		
TRANSPORTE						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO		
		A	B	C=A*B		
SUBTOTAL P				0,00		
	TOTAL COSTOS DIRECTOS X = (M+N+O+P)				0,57	
	INDIRECTOS Y UTILIDAD 20%				0,11	
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				0,68	
	VALOR PROPUESTO				0,68	

Tabla 5. Hormigón asfáltico caliente mezclado en planta. Rubro: Perfilada de asfalto.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					UNIDAD:	ML
RUBRO:		3				
DETALLE:		PERFILADA DE ASFALTO				
EQUIPOS						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
	A	B	C=A*B		D=C*R	
HERRAMIENTA MENORES PERFILADORA DE ASFALTO	1,00				0,02	
	1,00	2,50	2,50	0,8000	2,00	
					2,02	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR.	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
	A	B	C=A*B		D=C*R	
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	1,00	3,21	3,21	0,1150	0,37	
PEON	1,00	3,01	3,01	0,1150	0,35	
SUBTOTAL N					0,72	
MATERIALES						
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO	
			A	B	C=A*B	
SUBTOTAL O					0,00	
TRANSPORTE						
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
			A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P					0,00	
TOTAL COSTOS DIRECTOS X = (M+N+O+P)					2,74	
INDIRECTOS Y UTILIDAD				20%	0,55	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					3,29	
VALOR PROPUESTO					3,29	

Tabla 6. Hormigón asfáltico caliente mezclado en planta. Rubro: Trazado.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					UNIDAD:	M2	
RUBRO: 4							
DETALLE: TRAZADO							
EQUIPOS							
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B		D=C*R		
HERRAMIENTA MENOR					0,03		
SUBTOTAL M					0,03		
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR.	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B		D=C*R		
PEÓN	1,00	3,01	3,01	0,0080	0,024		
SUBTOTAL N					0,024		
MATERIALES							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO			
		A	B	C=A*B			
PINTURA	GLB	0,01	9,00	0,09			
CAL	LBS	0,01	0,60	0,01			
SUBTOTAL O				0,10			
TRANSPORTE							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO			
		A	B	C=A*B			
				0,00			
SUBTOTAL P				0,00			
	TOTAL COSTOS DIRECTOS X = (M+N+O+P)					0,15	
	INDIRECTOS Y UTILIDAD 20%					0,03	
	COSTO TOTAL DEL RUBRO					0,18	
	VALOR PROPUESTO					0,18	

Tabla 7. Hormigón asfáltico frío premezclado. Rubro: Bacheo asfáltico.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS				UNIDAD:	M2
RUBRO:		1			
DETALLE:		BACHEO ASFALTICO (INC. DESALOJO DE CARPETA EXISTENTE Y REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA E=2")			
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B		D=C*R
HERRAMIENTAS MENORES	1,00				0,01
VOLQUETA	1,00	30,00	30,00	0,0300	0,90
RODILLO VIBRATORIO	1,00	35,00	35,00	0,0300	1,05
RETROEXCAVADORA	1,00	35,00	35,00	0,0300	1,05
RODILLO NEUMATICO	1,00	25,00	25,00	0,0300	0,75
					3,76
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR.	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B		D=C*R
OPERADOR RETROEXCAVADORA	1,00	3,38	3,38	0,0300	0,10
OPERADOR RODILLO	1,00	3,38	3,38	0,0300	0,10
PEON	2,00	3,01	6,02	0,0300	0,18
CHOFER	1,00	4,36	4,36	0,0300	0,13
SUBTOTAL N					0,51
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
HORMIGÓN ASFÁLTICO FRIO	KG	99,10	0,28	27,75	
SUBTOTAL O				27,75	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P				0,00	
	TOTAL COSTOS DIRECTOS X = (M+N+O+P)				32,02
	INDIRECTOS Y UTILIDAD			20%	6,40
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				38,42
	VALOR PROPUESTO				38,42

Tabla 8. Hormigón asfáltico frio premezclado. Rubro: Perfilada de asfalto.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					UNIDAD:	ML	
RUBRO:	2						
DETALLE:	PERFILADA DE ASFALTO						
EQUIPOS							
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B		D=C*R		
HERRAMIENTA MENORES	1,00				0,02		
PERFILADORA DE ASFALTO	1,00	2,50	2,50	0,8000	2,00		
					2,02		
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR.	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B		D=C*R		
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	1,00	3,21	3,21	0,1150	0,37		
PEON	1,00	3,01	3,01	0,1150	0,35		
SUBTOTAL N					0,72		
MATERIALES							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO			
		A	B	C=A*B			
SUBTOTAL O				0,00			
TRANSPORTE							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO			
		A	B	C=A*B			
SUBTOTAL P				0,00			
	TOTAL COSTOS DIRECTOS X = (M+N+O+P)					2,74	
	INDIRECTOS Y UTILIDAD 20%					0,55	
	COSTO TOTAL DEL RUBRO					3,29	
	VALOR PROPUESTO					3,29	

Tabla 9. Hormigón asfáltico frío premezclado. Rubro: Trazado.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					UNIDAD:	M2
RUBRO:		3				
DETALLE:		TRAZADO				
EQUIPOS						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
	A	B	C=A*B		D=C*R	
HERRAMIENTA MENOR					0,03	
SUBTOTAL M					0,03	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR.	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
	A	B	C=A*B		D=C*R	
PEÓN	1,00	3,01	3,01	0,0080	0,024	
SUBTOTAL N					0,024	
MATERIALES						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO		
		A	B	C=A*B		
PINTURA	GLB	0,01	9,00	0,09		
CAL	LBS	0,01	0,60	0,01		
SUBTOTAL O				0,10		
TRANSPORTE						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO		
		A	B	C=A*B		
SUBTOTAL P				0,00		
	TOTAL COSTOS DIRECTOS X = (M+N+O+P)				0,15	
	INDIRECTOS Y UTILIDAD				20%	0,03
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				0,18	
	VALOR PROPUESTO				0,18	

Como se pudo observar en los análisis de precios unitarios, aparentemente los trabajos de bacheo usando hormigón asfáltico caliente serían más económicos que los trabajos de bacheo usando hormigón asfáltico frío. Esto se debe a que no se toma en cuenta el costo del material para 1 metro cúbico de hormigón asfáltico caliente, que es la cantidad mínima que se vende en el mercado local. En los siguientes cuadros de presupuesto total de obra, debajo de cada presupuesto de trabajos de bacheo de hormigón asfáltico caliente se incluyó un cuadro con el valor del material que se pierde al no ser utilizado pero cuyo costo afecta a la obra. Se realizó una comparación por magnitud de área en trabajos de bacheo con hormigón asfáltico caliente mezclado en planta y con hormigón asfáltico frío premezclado.

4.3. Análisis comparativo de presupuesto de obra general

Tabla 10. Hormigón asfáltico caliente mezclado en planta. Área de bacheo: 0,5 m2, espesor: 2 pulgadas

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
BACHEO ASFALTICO (INC. DESALOJO DE CARPETA EXISTENTE Y REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA E=2")	M2	0,50	12,35	6,18
RIEGO DE IMPRIMACION Y LIGA	M2	0,50	0,68	0,34
PERFILADO DE ASFALTO	ML	3,00	3,29	9,87
TRAZADO	M2	0,50	0,18	0,09
TOTAL				16,48

	UNIDAD	COSTO	RENDIMIENTO 1M3 = 15 M2	GASTO UTIL	PERDIDA (costo - gasto útil)
HORMIGON ASFALTICO CALIENTE	M3	70	0,033	2,33	67,67
INDIRECTOS Y UTILIDAD 20%					13,53
TOTAL					81,20
PRESUPUESTO TOTAL (TOTAL + PERDIDA)					97,68

Tabla 11. Hormigón asfáltico frío. Área de bacheo: 0,5 m2, espesor: 2 pulgadas

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
BACHEO ASFALTICO (INC. DESALOJO DE CARPETA EXISTENTE Y REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA E=2")	M2	0,50	38,42	19,21
PERFILADO DE ASFALTO	ML	3,00	3,29	9,87
TRAZADO	M2	0,50	0,18	0,09
PRESUPUESTO TOTAL				29,17

Tabla 12. Hormigón asfáltico caliente mezclado en planta. Área de bacheo: 1 m2, espesor: 2 pulgadas

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
BACHEO ASFALTICO (INC. DESALOJO DE CARPETA EXISTENTE Y REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA E=2")	M2	1,00	12,35	12,35
RIEGO DE IMPRIMACION Y LIGA	M2	1,00	0,68	0,68
PERFILADO DE ASFALTO	ML	4,00	3,29	13,16
TRAZADO	M2	1,00	0,18	0,18
PRESUPUESTO TOTAL				26,37

	UNIDAD	COSTO	RENDIMIENTO 1M3 = 15 M2	GASTO UTIL	PERDIDA (costo - gasto útil)
HORMIGON ASFALTICO CALIENTE	M3	70	0,067	4,67	65,33
INDIRECTOS Y UTILIDAD 20%					13,07
TOTAL					78,40
PRESUPUESTO TOTAL (TOTAL + PERDIDA)					104,77

Tabla 13. Hormigón asfáltico frío. Área de bacheo: 1 m2, espesor: 2 pulgadas

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
BACHEO ASFALTICO (INC. DESALOJO DE CARPETA EXISTENTE Y REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA E=2")	M2	1,00	38,42	38,42
PERFILADO DE ASFALTO	ML	4,00	3,29	13,16
TRAZADO	M2	1,00	0,18	0,18
PRESUPUESTO TOTAL				51,76

Tabla 14. Hormigón asfáltico caliente mezclado en planta. Área de bacheo: 1,5 m2, espesor: 2 pulgadas

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
BACHEO ASFALTICO (INC. DESALOJO DE CARPETA EXISTENTE Y REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA E=2")	M2	1,50	12,35	18,53
RIEGO DE IMPRIMACION Y LIGA	M2	1,50	0,68	1,02
PERFILADO DE ASFALTO	ML	5,00	3,29	16,45
TRAZADO	M2	1,50	0,18	0,27
PRESUPUESTO TOTAL				36,27

	UNIDAD	COSTO	RENDIMIENTO 1M3 = 15 M2	GASTO UTIL	PERDIDA (costo - gasto útil)
HORMIGON ASFALTICO CALIENTE	M3	70	0,1	7,00	63,00
INDIRECTOS Y UTILIDAD 20%					12,60
TOTAL					75,60
PRESUPUESTO TOTAL (TOTAL + PERDIDA)					111,87

Tabla 15. Hormigón asfáltico frío. Área de bacheo: 1,5 m2, espesor: 2 pulgadas

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
BACHEO ASFALTICO (INC. DESALOJO DE CARPETA EXISTENTE Y REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA E=2")	M2	1,50	38,42	57,63
PERFILADO DE ASFALTO	ML	5,00	3,29	16,45
TRAZADO	M2	1,50	0,18	0,27
PRESUPUESTO TOTAL				74,35

Tabla 16. Hormigón asfáltico caliente mezclado en planta. Área de bacheo: 2 m2, espesor: 2 pulgadas

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
BACHEO ASFALTICO (INC. DESALOJO DE CARPETA EXISTENTE Y REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA E=2")	M2	2,00	12,35	24,70
RIEGO DE IMPRIMACION Y LIGA	M2	2,00	0,68	1,36
PERFILADO DE ASFALTO	ML	6,00	3,29	19,74
TRAZADO	M2	2,00	0,18	0,36
PRESUPUESTO TOTAL				46,16

	UNIDAD	COSTO	RENDIMIENTO 1M3 = 15 M2	GASTO UTIL	PERDIDA (costo - gasto útil)
HORMIGON ASFALTICO CALIENTE	M3	70	0,133	9,33	60,67
INDIRECTOS Y UTILIDAD 20%					12,13
TOTAL					72,80
PRESUPUESTO TOTAL (TOTAL + PERDIDA)					118,96

Tabla 17. Hormigón asfáltico frío. Área de bacheo: 2 m2, espesor: 2 pulgadas

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
BACHEO ASFALTICO (INC. DESALOJO DE CARPETA EXISTENTE Y REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA E=2")	M2	2,00	38,42	76,84
PERFILADO DE ASFALTO	ML	6,00	3,29	19,74
TRAZADO	M2	2,00	0,18	0,36
PRESUPUESTO TOTAL				96,94

Tabla 18. Hormigón asfáltico caliente mezclado en planta. Área de bacheo: 2,5 m2, espesor: 2 pulgadas

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
BACHEO ASFALTICO (INC. DESALOJO DE CARPETA EXISTENTE Y REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA E=2")	M2	2,50	12,35	30,88
RIEGO DE IMPRIMACION Y LIGA	M2	2,50	0,68	1,70
PERFILADO DE ASFALTO	ML	7,00	3,29	23,03
TRAZADO	M2	2,50	0,18	0,45
PRESUPUESTO TOTAL				56,06

	UNIDAD	COSTO	RENDIMIENTO 1M3 = 15 M2	GASTO UTIL	PERDIDA (costo - gasto útil)
HORMIGON ASFALTICO CALIENTE	M3	70	0,167	11,67	58,33
INDIRECTOS Y UTILIDAD 20%					11,67
TOTAL					70,00
PRESUPUESTO TOTAL (TOTAL + PERDIDA)					126,06

Tabla 19. Hormigón asfáltico frío. Área de bacheo: 2,5 m2, espesor: 2 pulgadas

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
BACHEO ASFALTICO (INC. DESALOJO DE CARPETA EXISTENTE Y REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA E=2")	M2	2,50	38,42	96,05
PERFILADO DE ASFALTO	ML	7,00	3,29	23,03
TRAZADO	M2	2,50	0,18	0,45
PRESUPUESTO TOTAL				119,53

Tabla 20. Hormigón asfáltico caliente mezclado en planta. Área de bacheo: 2,71 m2, espesor: 2 pulgadas

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
BACHEO ASFALTICO (INC. DESALOJO DE CARPETA EXISTENTE Y REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA E=2")	M2	2,71	12,35	33,47
RIEGO DE IMPRIMACION Y LIGA	M2	2,71	0,68	1,84
PERFILADO DE ASFALTO	ML	7,42	3,29	24,41
TRAZADO	M2	2,71	0,18	0,49
PRESUPUESTO TOTAL				60,21

	UNIDAD	COSTO	RENDIMIENTO 1M3 = 15 M2	GASTO UTIL	PERDIDA (costo - gasto útil)
HORMIGON ASFALTICO CALIENTE	M3	70	0,181	12,65	57,35
INDIRECTOS Y UTILIDAD 20%					11,47
TOTAL					68,82
PRESUPUESTO TOTAL (TOTAL + PERDIDA)					129,03

Tabla 21. Hormigón asfáltico frío. Área de bacheo: 2,71 m2, espesor: 2 pulgadas

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
BACHEO ASFALTICO (INC. DESALOJO DE CARPETA EXISTENTE Y REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA E=2")	M2	2,710	38,42	104,12
PERFILADO DE ASFALTO	ML	7,420	3,29	24,41
TRAZADO	M2	2,710	0,18	0,49
PRESUPUESTO TOTAL				129,02

Tabla 22. Hormigón asfáltico caliente mezclado en planta. Área de bacheo: 3 m2, espesor: 2 pulgadas

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
BACHEO ASFALTICO (INC. DESALOJO DE CARPETA EXISTENTE Y REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA E=2")	M2	3,00	12,35	37,05
RIEGO DE IMPRIMACION Y LIGA	M2	3,00	0,68	2,04
PERFILADO DE ASFALTO	ML	8,00	3,29	26,32
TRAZADO	M2	3,00	0,18	0,54
PRESUPUESTO TOTAL				65,95

	UNIDAD	COSTO	RENDIMIENTO 1M3 = 15 M2	GASTO UTIL	PERDIDA (costo - gasto util)
HORMIGON ASFALTICO CALIENTE	M3	70	0,200	14,00	56,00
INDIRECTOS Y UTILIDAD 20%					11,20
TOTAL					67,20
PRESUPUESTO TOTAL (TOTAL + PERDIDA)					133,15

Tabla 23. Hormigón asfáltico frío. Área de bacheo: 3 m2, espesor: 2 pulgadas

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
BACHEO ASFALTICO (INC. DESALOJO DE CARPETA EXISTENTE Y REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA E=2")	M2	3,00	38,42	115,26
PERFILADO DE ASFALTO	ML	8,00	3,29	26,32
TRAZADO	M2	3,00	0,18	0,54
PRESUPUESTO TOTAL				142,12

Tabla 24. Hormigón asfáltico caliente mezclado en planta. Área de bacheo: 3,5 m2, espesor: 2 pulgadas

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
BACHEO ASFALTICO (INC. DESALOJO DE CARPETA EXISTENTE Y REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA E=2")	M2	3,50	12,35	43,23
RIEGO DE IMPRIMACION Y LIGA	M2	3,50	0,68	2,38
PERFILADO DE ASFALTO	ML	9,00	3,29	29,61
TRAZADO	M2	3,50	0,18	0,63
PRESUPUESTO TOTAL				75,85

	UNIDAD	COSTO	RENDIMIENTO 1M3 = 15 M2	GASTO UTIL	PERDIDA (costo - gasto util)
HORMIGON ASFALTICO CALIENTE	M3	70	0,233	16,33	53,67
INDIRECTOS Y UTILIDAD 20%					10,73
TOTAL					64,40
PRESUPUESTO TOTAL (TOTAL + PERDIDA)					140,25

Tabla 25. Hormigón asfáltico frío. Área de bacheo: 3,5 m2, espesor: 2 pulgadas

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
BACHEO ASFALTICO (INC. DESALOJO DE CARPETA EXISTENTE Y REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA E=2")	M2	3,50	38,42	134,47
PERFILADO DE ASFALTO	ML	9,00	3,29	29,61
TRAZADO	M2	3,50	0,18	0,63
PRESUPUESTO TOTAL				164,71

Tabla 26. Hormigón asfáltico caliente mezclado en planta. Área de bacheo: 4 m2, espesor: 2 pulgadas

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
BACHEO ASFALTICO (INC. DESALOJO DE CARPETA EXISTENTE Y REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA E=2")	M2	4,00	12,35	49,40
RIEGO DE IMPRIMACION Y LIGA	M2	4,00	0,68	2,72
PERFILADO DE ASFALTO	ML	10,00	3,29	32,90
TRAZADO	M2	4,00	0,18	0,72
PRESUPUESTO TOTAL				85,74

	UNIDAD	COSTO	RENDIMIENTO 1M3 = 15 M2	GASTO UTIL	PERDIDA (costo - gasto util)
HORMIGON ASFALTICO CALIENTE	M3	70	0,267	18,67	51,33
INDIRECTOS Y UTILIDAD 20%					10,27
TOTAL					61,60
PRESUPUESTO TOTAL (TOTAL + PERDIDA)					147,34

Tabla 27. Hormigón asfáltico frío. Área de bacheo: 4 m2, espesor: 2 pulgadas

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
BACHEO ASFALTICO (INC. DESALOJO DE CARPETA EXISTENTE Y REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA E=2")	M2	4,00	38,42	153,68
PERFILADO DE ASFALTO	ML	10,00	3,29	32,90
TRAZADO	M2	4,00	0,18	0,72
PRESUPUESTO TOTAL				187,30

Tabla 28. Cuadro comparativo de áreas y precios.

Trabajos bacheo				
	Hormigón asfáltico caliente		Hormigón asfáltico frío	
Área	Precio		Precio	
0,50 m2	\$	97,68	\$	29,17
1,00 m2	\$	104,77	\$	51,76
1,50 m2	\$	111,87	\$	74,35
2,00 m2	\$	118,96	\$	96,94
2,50 m2	\$	126,06	\$	119,53
2,71 m2	\$	129,03	\$	129,02
3,00 m2	\$	133,15	\$	142,12
3,50 m2	\$	140,25	\$	164,71
4,00 m2	\$	147,34	\$	187,30

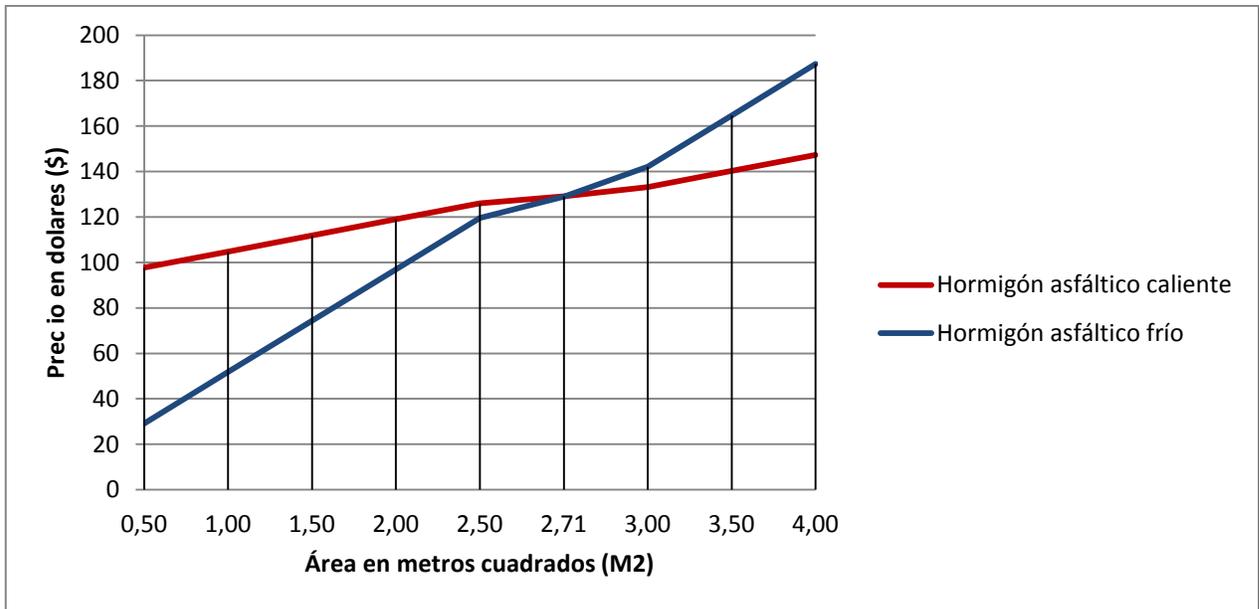


Gráfico 1. Curvas precio-área.

CAPITULO V: LA PROPUESTA

El presente trabajo propone por medio del empleo de mezclas de hormigón asfáltico en frío para trabajos de bacheo en la parroquia Tarifa del cantón Samborondón, generar un ahorro en tiempo y costo de ejecución de este tipo de obras en relación a los trabajos de bacheo realizados tradicionalmente, empleando hormigón asfáltico en caliente.

Se espera que por medio de este trabajo se pueda crear un cambio en la mentalidad del constructor y de esta manera se abran a una gran variedad de materiales y técnicas de trabajo de bacheo que puedan ser empleados en la parroquia de Tarifa del cantón Samborondón.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Después de haber analizado el estado de las vías de la parroquia de Tarifa del cantón de Samborondón, pudimos observar que la gran mayoría de fallas en la carpeta de rodadura compuesta de hormigón asfáltico con espesor de dos pulgadas, comprenden un área de bacheo que oscila entre 1 metro cuadrado y 4 metros cuadrados. Los análisis de precios unitarios fueron realizados basándonos en 2 productos existentes en el mercado: el hormigón asfáltico caliente mezclado en planta producido por una empresa constructora perteneciente al cantón de Samborondón y el hormigón asfáltico frío premezclado y con uso específico en trabajos de bacheo producido por una empresa constructora perteneciente a la ciudad de Guayaquil. Los métodos de trabajos de bacheo usando hormigón asfáltico caliente y hormigón asfáltico frío varían un poco. La principal diferencia entre los métodos de trabajos con uno u otro material, es que en el caso de los trabajos de bacheo usando hormigón asfáltico frío no se requiere realizar la imprimación o riego de liga antes de realizar el tendido del asfalto. Esto representa un ahorro en tiempo y dinero para la obra en comparación con los trabajos de bacheo usando hormigón asfáltico caliente.

Los precios de los materiales también varían, el precio por m² del hormigón asfáltico caliente es de \$5,60 de acuerdo a los análisis de precios unitarios, mientras que el precio del hormigón asfáltico frío por m² es de \$33,30 de acuerdo a los análisis de precios unitarios. Se puede observar una considerable diferencia entre el precio de un material en comparación con el otro, esto a simple vista nos tentaría a pensar que los trabajos de bacheo empleando hormigón asfáltico caliente resultarían menos costoso que los trabajos de bacheo realizados empleando hormigón asfáltico frío.

La principal variable que inclina la balanza a favor del uso de hormigón asfáltico frío en trabajos de bacheo, es la magnitud de la obra, específicamente el área de bacheo, esto se debe a la presentación del material al momento de la venta. El hormigón asfáltico caliente se vende únicamente en volúmenes desde 1 metro cubico en adelante, 1 metro cubico rinde aproximadamente 15 m² en un espesor de 2 pulgadas y tiene un precio de \$84 según los análisis de precios unitarios, debido a esto en áreas de bacheo pequeñas digamos entre 1m² y 4 m² el costo del material siempre será de \$84 independientemente de la magnitud de la obra. Esto conlleva un desperdicio del material ya que el hormigón asfáltico caliente no puede ser almacenado debido a que al necesitar altas temperaturas, entre 120 y 150 grados centígrados, para ser mezclado, luego de una cierta cantidad de tiempo este se endurece y no puede ser trabajado.

En pocas palabras en áreas pequeñas entre 1 y 4 metros cuadrados, siendo el rendimiento de 1 metro cubico de hormigón asfáltico equivalente a 15 metros cuadrados en un espesor de 2 pulgadas, existirá una pérdida de material entre 11 y 14 metros cuadrados que significarán un aumento al costo de la obra.

Por otra parte el hormigón asfáltico frío se vende en presentaciones desde sacos de 20 kg en adelante, que tiene un costo de aproximadamente \$6,72 y rinde 0,2025 m² con un espesor de 2 pulgadas. El tipo de presentación de venta de este tipo de material también facilitará su transporte a obra, lo que también ayudará a reducir en cierta medida los tiempos de ejecución de obra en relación con los trabajos de bacheo realizados con hormigón asfáltico caliente mezclado en planta.

Para cubrir un área de 1 metro cuadrado con 2 pulgadas de espesor se necesitarían aproximadamente 99,1 kg de mezcla de hormigón asfáltico frío, con un costo de \$33,30 de acuerdo a los análisis de precios unitarios. Una vez más realizando un análisis rápido se podría llegar a la conclusión de que el hormigón asfáltico caliente resulta más económico, pero la principal ventaja del hormigón asfáltico frío por sobre el hormigón asfáltico caliente, es que este lo venden en presentaciones de menor tamaño, por lo cual no existe desperdicio de material, ni un gasto innecesario, incluso de existir un excedente este puede ser almacenado hasta por un año.

Finalmente con estos datos y análisis de precios unitarios se podría concluir que para obras de bacheo de pequeña magnitud, usar el hormigón asfáltico frío representaría un ahorro en comparación con las obras que se realicen usando hormigón asfáltico caliente, debido principalmente a que el material se puede encontrar en pequeñas presentaciones en donde existirá poco o cero desperdicio del material como si existe al usar hormigón asfáltico caliente ya que este se vende en volúmenes desde 1 metro cúbico en adelante, equivalente a 15 metros cuadrados con un espesor de 2 pulgadas.

Pero el objetivo de este trabajo de investigación era ir un poco más allá, y encontrar las magnitudes de obra (áreas de bacheo) en las que un material es ventajoso desde el punto de vista financiero por sobre otro y a su vez encontrar el punto medio en el que usando cualquiera de los dos materiales el costo del obra sea el mismo. Luego de haber realizado los análisis de precios unitarios para cada material y usando los precios que manejan las empresas constructoras dentro de la parroquia de Tarifa, se realizaron los presupuestos de obra tomando en cuenta la metodología de trabajo que se usa para cada material en obras de bacheo. También luego de haber analizado la metodología de trabajo usando hormigón asfáltico caliente mezclado en planta y hormigón asfáltico frío premezclado con uso específico en baches, comprobamos que el tiempo de ejecución de obra usando hormigón asfáltico frío premezclado con uso específico en baches será menor que las obras de bacheo en las que se use el hormigón asfáltico caliente, debido a que para el hormigón asfáltico frío premezclado y con uso específico para trabajos de bacheo no es necesario realizar el riego de imprimación como si lo es para los trabajos de bacheo en que se emplee hormigón asfáltico caliente, esto y la presentación en sacos de este material facilitando el transporte del mismo, reducirá en cierta medida el tiempo de los trabajos de bacheo en comparación con los trabajos de bacheo en que se use el hormigón asfáltico caliente.

Con esta información concluimos que para obras de bacheo con áreas de hasta 2,71 m² con un espesor de 2 pulgadas, emplear el hormigón asfáltico frío resultará más económico en comparación con las obras de bacheo empleando hormigón asfáltico caliente. Para obras de bacheo con áreas superiores a 2,71 m²

con un espesor de 2 pulgadas, los trabajos de bacheo realizados con hormigón asfáltico caliente resultarán ventajosos desde el punto de vista financiero en comparación con los trabajos de bacheo realizados con hormigón asfáltico frío.

Puntualmente para un trabajo de bacheo con un área de 2,71 m² con un espesor de 2 pulgadas, usar cualquiera de los dos materiales, queda a criterio del constructor ya que el precio total de la obra para esta área específica no varía entre uno y otro material. Finalmente sea cual sea la magnitud de la obra (área total de bacheo), los trabajos realizados con hormigón asfáltico frío, tendrán un menor tiempo de ejecución de obra en comparación con los trabajos realizados con hormigón asfáltico caliente.

Dentro de los baches analizados en la presente investigación se encontraron cuatro, que debido a sus áreas de bacheo podrían ser reparados usando hormigón asfáltico frío. Debido a que se encuentran en vía pública, su reparación le corresponde al municipio de Samborondón, dentro de este municipio el departamento de obras públicas es el encargado de emitir la orden de trabajo para la respectiva reparación y esta orden de acuerdo a la metodología de trabajo del municipio, sería emitida para reparar la totalidad de los baches encontrados. En este caso el material a utilizarse sería el hormigón asfáltico caliente mezclado en planta, ya que el área de la totalidad de los baches es de 63,67 m² con un espesor de 2 pulgadas, siendo muy superior al área máxima para la cual el hormigón asfáltico frío resultaría de menor costo que el hormigón asfáltico caliente mezclado en planta. Con este volumen de material, los 63,67 m² de área para los trabajos de bacheo, equivalentes a 4 m³ cúbicos de hormigón asfáltico caliente mezclado en planta casi no presentarían pérdidas del material, por lo tanto el

hormigón asfáltico caliente mezclado en planta tendría un costo de \$5,60 el metro cuadrado de acuerdo a los análisis de precios unitarios, siendo muy inferior al precio por metro cuadrado del hormigón asfáltico frío, que es de \$33,30 el metro cuadrado de acuerdo a los análisis de precios unitarios.

6.2. Recomendaciones

Finalmente después de todo lo expuesto en el capítulo anterior, los análisis realizados y la observación del estado actual de las vías en la parroquia Tarifa del cantón Samborondón. Recomendamos en el caso de trabajos de bacheo con áreas inferiores a 2,71 m² y un espesor de 2 pulgadas, el uso de hormigón asfáltico frío premezclado con uso específico para trabajos de bacheo, proporcionado por una empresa constructora localizada en la ciudad de Guayaquil. Fue comprobado mediante análisis de precios unitarios, presupuestos general de obra y cuadros comparativos entre uno y otro material, que para trabajos de bacheo de hasta 2,71 m² de área y espesor de 2 pulgadas, las obras de bacheo realizadas con hormigón asfáltico frío premezclado, resultan menos costosas en relación con las realizadas con hormigón asfáltico caliente.

Para trabajos de bacheo con áreas mayores a 2,71m² y manteniendo un espesor de 2 pulgadas, se recomienda el uso de hormigón asfáltico caliente mezclado en planta, debido a que incluso con el desperdicio de material, el costo del mismo, reduce el costo total la obra, haciéndolo menos costoso que obras que se realicen con hormigón asfáltico frío premezclado y uso específico en obras de bacheo.

Con esta información, refiriéndonos puntualmente a los baches encontrados en la parroquia de Tarifa del Cantón Samborondón, recomendamos, de acuerdo a su área de bacheo, que los siguientes trabajos de bacheo sean realizados usando hormigón asfáltico frío.

- 1) Bache ubicado en calle Juan de Mata Flores entre García Moreno y Abdón Calderón. Área: 1.68 m².
- 2) Bache ubicado en calle Juan de Mata Flores entre García Moreno y Abdón Calderón. Área: 1.87 m².
- 3) Bache ubicado en la calle Antonio José de Sucre entre avenida Guayaquil y 10 de agosto. Área: 1.87 m².
- 4) Bache ubicado en la calle Antonio José de Sucre entre avenida Guayaquil y 10 de agosto. Área: 1.30 m².

Los siguientes trabajos de bacheo puntuales, debido a sus dimensiones, recomendamos se realicen empleando hormigón asfáltico caliente mezclado en planta.

- 1) Bache ubicado en calle Antonio José de Sucre entre calles García Moreno y Abdón Calderón. Área: 2.88 m².
- 2) Bache ubicado en calle Antonio José de Sucre entre calles García Moreno y Abdón Calderón. Área: 5.16 m².
- 3) Bache ubicado en la calle Antonio José de Sucre entre avenida Guayaquil y 10 de agosto. Área: 8.33 m².
- 4) Bache ubicado en la calle Antonio José de Sucre entre avenida Guayaquil y 10 de agosto. Área: 10.15 m².
- 5) Bache ubicado en calle Benancio Quevedo entre calles Emilio Gómez Vargas y Antonio José de Sucre. Área: 17.62 m².
- 6) Bache ubicado en calle General Gómez entre Calle 9 de Octubre y San Jacinto. Área: 7.98 m².
- 7) Bache ubicado en calle Samborondón entre calles 22 de Mayo y 28 de Mayo. Área: 4.83 m².

Debemos recalcar que sea cual sea el material que se elija para realizar los trabajos de bacheo, una vez levantada la capa de asfalto deteriorada, se debe observar si el material pétreo se encuentra en buen estado. De no ser así, se procederá a realizar su excavación y desalojo. Luego de esto, el material deberá ser repuesto por material importado en óptimas condiciones, para finalmente realizar su compactación al 100% de su pvs_m (Peso volumétrico máximo seco). Posterior a estos trabajos se podrá continuar con los trabajos de bacheo, que para el caso del hormigón asfáltico caliente requerirán del riego de imprimación y liga. Por último se tenderá la capa de rodadura seguido de su compactación dando por terminado el trabajo de bacheo (REPARACION EN PAVIMENTO Y CONSTRUCCION)³².

En el caso de los trabajos de bacheo con hormigón asfáltico frío (específicamente para el material con el cual se realizó los análisis) no se requiere el riego de imprimación y liga, el resto del proceso se lleva a cabo de la misma forma que en los trabajos de bacheo con hormigón asfáltico caliente mezclado en planta.

Es necesario recalcar la importancia del material pétreo de la capa inferior a la capa de rodadura, debido a que esta será la base para el asfalto, sin importar la calidad del asfalto que se utilice, esta capa de base de material pétreo es la que determina en gran medida la vida útil del hormigón asfáltico y de la vía.

Referencias Bibliográficas

- 1) Alcoser, P. (2013). Pruebas de laboratorio y diseño de mezcla.
- 2) Arch Material. (2008-2012). Recuperado el 2013, de <http://www.archdaily.mx/productos/sistemas-constructivos-2/>
- 3) Asfalto en frio. (s.f.). Recuperado el 09 de Junio de 2014, de <http://www.asfaltoenfriopit.com.mx/>
- 4) Asfalto Química Latinoamericana S.A. (s.f.). Recuperado el 09 de Junio de 2014, de <http://www.quimicalatinoamericana.cl/index.php/sellos-y-mezclas-en-frio>
- 5) Bedford, & Liechti. (2002). Mecanica de materiales. Prentice Hall.
- 6) Beer, F., & Jhonston, R. (s.f.). Mecanica de materiales. MC GRAW HILL.
- 7) Capas de un rodamiento rigido. (26 de AGOSTO de 2008). Recuperado el 07 de JULIO de 2014, de Ingenieria civil: <http://www.ingenieracivil.com/2008/08/capas-de-un-pavimento-rigido-capas-de.html>
- 8) Constructora S.A. (2 de 6 de 2010). metodologia constructiva. Guayquil, Guayas, Ecuador.
- 9) Contrumatica. (s.f.). Recuperado el 16 de 12 de 2013, de http://www.construmatica.com/construpedia/Estructuras_Met%C3%A1licas
- 10) Cornejo, P. (02 de Junio de 2014). Ingeniero. (S. Vanegas, Entrevistador)

- 11) Croixton, Martins, & Mills. (1999). Resistencia de materiales. Arbol.
- 12) Definición abc. (2011). Recuperado el 2013, de <http://www.definicionabc.com/derecho/normativa.php>
- 13) Del Castillo, R. (1994). La ingeniería de suelos en las vías terrestres.
- 14) Dynal. (Agosto de 2009). Recuperado el 28 de Julio de 2014, de Mezcla asfáltica predosificada para bacheo en frío: http://www.dynal.cl/fichas/FT_Duramix.pdf
- 15) E-asphalt. (s.f.). Mezclas en Frío Tipo Concreto Asfáltico. Recuperado el 07 de julio de 2014, de e-asphalt: <http://www.e-asfalto.com/emulsiones/mezclafrio.htm>
- 16) Ecuador, M. d. (2002). Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes.
- 17) Española, D. d. (2001). Real Academia Española. Recuperado el 13 de Agosto de 2014, de <http://lema.rae.es/drae/?val=ASFALTO>
- 18) Garber, N., & Hoel, L. (2004). Ingeniería de tránsito y carreteras.
- 19) Ingeniería y algo más. (s.f.). Obtenido de www.ingenieriayalgomas.com
- 20) Institute, T. a. (s.f.). Manual de asfalto.
- 21) Jiménez Acuña, M., & Molina Zamora, D. (27 de Enero de 2009). Infraestructura Vial. Recuperado el 09 de Junio de 2014, de Mezclas asfálticas en frío en Costa Rica, conceptos, ensayos y especificaciones:

http://www.lanamme.ucr.ac.cr/riv/index.php?option=com_content&view=article&id=266&Itemid=258

22) Jimenez Acuña, M., Sibaja Obando, D., & Molina Zamora, D. (27 de enero de 2009). Mezclas Asfálticas. Recuperado el 07 de julio de 2014, de latindex:

<http://www.latindex.ucr.ac.cr/index.php/vial/article/viewFile/2015/1981>

23) Jumikis, A. (1971). Foundation Engineering.

24) Ministerio de industria, c. y. (1986). Manual de ingeniería de taludes. Madrid.

25) Montejo, A. (1997). Ingeniería de pavimentos tomo 1.

26) Montejo, A. (1997). Ingeniería de pavimentos tomo 2.

27) Movitierras. (s.f.). Obtenido de www.movitierras.com

28) Oxford. (s.f.). Oxford dictionaries. Recuperado el 07 de julio de 2014, de <http://www.oxforddictionaries.com/es/definicion/espanol/bache>

29) Pacheco Pineda, C. J., & Campisi Garcia, A. A. (septiembre de 2005). Recuperado el 07 de 07 de 2014, de <http://200.35.84.131/portal/bases/marc/texto/2301-05-00452.pdf>

30) Parker, H. (s.f.). Ingeniería Simplificada para Arquitectos y Constructores. Limusa.

31) Pytel, A., & Singer, F. (2002). Resistencia de materiales. Oxford.

- 32) REPARACION EN PAVIMENTO Y CONSTRUCCION . (s.f.). Recuperado el 07 de 07 de 2014, de actiweb:
http://www.actiweb.es/repacc/informacion_.html
- 33) ROBERTO HERNÁNDEZ, C. F. (2 de 12 de 2013). modelos de metodos cientificos. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- 34) Rondón Quintana, H., Rodríguez Rincón, E., Real Triana, C., & Montealegre Elizalde, T. (23 de Noviembre de 2007). Infraestructura Vial. Recuperado el 09 de Junio de 2014, de Estado del conocimiento del estudio sobre mezclas asfálticas modificadas en Colombia:
http://www.lanamme.ucr.ac.cr/riv/index.php?option=com_content&view=article&id=256&Itemid=202
- 35) SMMS. (2002). Manual de construccion geotécnica.
- 36) Soto, L. (s.f.). joseantoniogarciadavila. Recuperado el 16 de Julio de 2014, de <http://joseantoniogarciadavila.com/semdesproyinv/FIA/fia5.html>
- 37) Timochenko, S. (1957). Resistencia de materiales. Espasa-calpe Madrid.
- 38) Villafuerte, D. B. (8 de 5 de 2009). aumed.net. Recuperado el 2013, de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2010e/816/TECNICAS%20DE%20INVESTIGACION.htm>