



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



Guía

para inspectores para bacheo formal
con mezcla asfáltica en caliente

Segunda edición



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Elaborado por:

Unidad de Auditoría Técnica - LanammeUCR

Unidad de Seguridad Vial y Transporte del PITRA - LanammeUCR

Diseño gráfico y diagramación por:

Centro de Transferencia Tecnológica - LanammeUCR

Licda. Daniela Martínez Ortiz.

Control de calidad por:

Centro de Transferencia Tecnológica - LanammeUCR

Óscar Rodríguez Quintana.

Segunda edición - 2021

Universidad de Costa Rica

LanammeUCR

Guía

para inspectores para bacheo formal
con mezcla asfáltica en caliente

Segunda edición

Palabras clave: bacheo, bacheo formal, riego de liga.

Resumen: La presente publicación es el resultado de una investigación de literatura, tanto nacional como internacional, relacionada con la actividad de bacheo, complementada con las prácticas constructivas observadas por años en la construcción de obras viales. Tiene como objetivo proporcionar una herramienta a los inspectores de campo para ejecutar las labores de bacheo formal con mezcla asfáltica en caliente.

Este documento describe los atributos necesarios en un inspector, conceptos importantes, personal necesario, equipo, maquinaria y materiales requeridos para la actividad. Así mismo, se ilustra y describe, en un lenguaje sencillo, el procedimiento detallado para la realización de una obra técnicamente satisfactoria. Se enmarcan recomendaciones especiales para el inspector y se presenta una lista de chequeo.

Finalmente, se presentan ejemplos de prácticas adecuadas e inadecuadas y algunos problemas típicos de capas de mezcla asfáltica en caliente y sus posibles causas.

Esta guía representa un esfuerzo por parte de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR con apoyo de la Unidad de Seguridad Vial y Transporte, que busca mejorar los procedimientos utilizados durante la labor del bacheo, de manera que se garanticen obras de mayor durabilidad y una adecuada inversión de los recursos.

Contenido

Introducción	6
Atributos necesarios en un inspector	7
Conceptos	8
Personal	13
Equipo y maquinaria	13
Materiales	16
Procedimiento	17
Toneladas requeridas para un bache	36
Lista de chequeo	41
Ejemplos	42
Anexo 1	49
Anexo 2	50

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con visitas técnicas realizadas por la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, durante muchos años, a proyectos de infraestructura vial, se han observado aspectos que han sido objeto de oportunidades de mejora, y se han informado a cada uno de los inspectores encargados, con el fin de que se entienda la importancia de aplicar buenas prácticas de construcción de obra.

Estos aspectos observados se han recopilado para la elaboración de diferentes guías que sean una herramienta útil para el inspector de obra, de manera que puedan ser aplicadas mediante consultas rápidas y que sean de uso importante para nuevas generaciones de inspectores.

Es así como el contenido de la siguiente guía tiene como objetivo proporcionar una herramienta a los inspectores de campo para ejecutar las labores de bacheo formal con mezcla asfáltica en caliente.

Esta guía es un esfuerzo por parte de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, que pretende con este documento, ayudar a mejorar y estandarizar los procedimientos utilizados durante la colocación de mezcla asfáltica en caliente para bacheo, de manera que se garanticen obras de mayor durabilidad, lo que conlleva a mejores inversiones y menores costos de mantenimiento en la vida útil del pavimento y menores costos de operación a los usuarios.

Además, gracias al apoyo de la Unidad de Seguridad Vial y Transporte del LanammeUCR, se incluye el componente importante de la aplicación de una señalización temporal de obra efectiva y de dispositivos de seguridad que se deben cumplir en cada frente de trabajo, con el fin de evitar inconvenientes a los usuarios y a los trabajadores de la obra.

ATRIBUTOS NECESARIOS EN UN INSPECTOR

Los atributos personales necesarios en un inspector comienzan por la honestidad. El inspector debe ser honesto y comportarse de una manera justa y recta.

En momentos de presión debe mantener su compostura y tomar buenas decisiones. Debe tener sentido común para ejecutar decisiones competitivas, justificadas con el conocimiento técnico suficiente, apoyado por el criterio técnico de la ingeniería de proyecto y de las especificaciones vigentes, de acuerdo con cada caso en particular.

Debe ser sincero en sus relaciones con las personas, poseer habilidades diplomáticas, ser cortés y capaz de manejar situaciones difíciles sin generar hostilidad.

Además, debe ser muy observador y ser capaz de llevar registros completos y suficientes que respalden la labor ejecutada. El inspector deberá trabajar en conjunto con el ingeniero para determinar y detallar las intervenciones y prácticas constructivas más apropiadas a aplicar, de acuerdo con la obra a realizar.

Por último, se debe recalcar la importancia de la labor del Inspector de Obra, cuya influencia en el día a día en la obra recopila cada detalle que es vital para intervenciones de alta calidad y durabilidad.

Asfalto: el asfalto es un producto que se obtiene de la destilación del petróleo, y sirve para aglutinar (adherir) fuertemente las partículas de piedra o arena entre sí, formando la mezcla asfáltica o capas de tratamientos superficiales. A temperatura ambiente se comporta como un sólido (como una pasta dura), por lo que el mezclado con los agregados se realiza a temperaturas entre 150°C y 160°C, dependiendo del tipo de asfalto. A estas temperaturas el material es más fluido y trabajable. Existen varios tipos de asfaltos que tienen propiedades ligeramente diferentes. El asfalto es el último residuo que queda, después de extraer por destilación del crudo de petróleo: aceites, diesel, bunker, gasolina, etc.

Bacheo: es una reparación menor y localizada del pavimento bituminoso con el propósito de garantizar la uniformidad de la superficie de rodamiento y reparar los daños que se presentan en algunos puntos de la carretera, que ponen en riesgo tanto la integridad de los usuarios, como el tránsito de vehículos y la estructura en general del pavimento.

Bache de prueba y/o franja de compactación: son baches o franjas de prueba que deben realizarse para conocer el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente al colocarla y compactarla, de acuerdo con las condiciones del sitio donde se ejecuta el proyecto.

El patrón de compactación define el número de pasadas de la compactadora, su velocidad, frecuencia de vibración, secuencia de recorrido para un ancho de pavimentación definido y el rango óptimo de temperaturas de compactación, con el fin de cumplir con la densidad requerida y una adecuada calidad en la superficie, de acuerdo con el equipo necesario y disponible en la obra, las condiciones climáticas, las características de la mezcla asfáltica, entre otros factores.

Bacheo superficial: el bacheo superficial consiste en reparar, con mezcla asfáltica, desintegraciones (huecos), deformaciones o agrietamientos severos de la superficie de rodadura que comprende exclusivamente la capa asfáltica y en sitios puntuales.

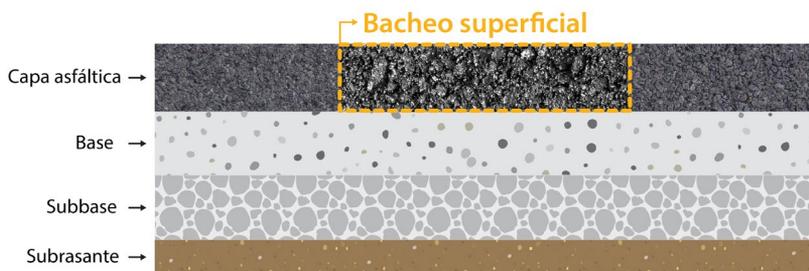


Figura 1. Esquema de bacheo superficial en la capa de rodadura únicamente.

Fuente: LanammeUCR

Bacheo profundo: el bacheo total o profundo consiste en reparar desintegraciones (huecos) que comprenden la capa asfáltica y capas subyacentes donde podría incluirse la intervención en la base, la subbase, préstamo y hasta subrasante, según sea el deterioro existente. Estas reparaciones son usuales para sitios puntuales cuando se presenta una condición de deterioro severo, exceso de humedad en la base o en las capas subyacentes o donde se determine que los daños se originan por deficiencias en las capas inferiores del pavimento.



Figura 2. Esquema de bacheo profundo que puede incluir la sustitución de parte de algunas capas internas de la estructura del pavimento.

Fuente: LanammeUCR

Densidad máxima teórica: corresponde a la relación de peso entre volumen ($\frac{t}{m^3}$ o $\frac{kg}{m^3}$) de la mezcla asfáltica determinada mediante ensayos de laboratorio, considerando una condición de máxima densidad con 0% de vacíos.

Densidad suelta: relación de peso entre volumen $\left(\frac{t}{m^3} \text{ o } \frac{kg}{m^3}\right)$ correspondiente a una mezcla asfáltica sin ninguna aplicación de energía de compactación externa, por ejemplo, cuando se encuentra apilada en sitio, almacenada en el silo o en el camión de transporte.

Densidad en sitio: relación de peso entre volumen $\left(\frac{t}{m^3} \text{ o } \frac{kg}{m^3}\right)$ correspondiente a una mezcla asfáltica luego de colocada y compactada en el lugar de la obra. Esta determina el porcentaje de compactación de acuerdo con la Densidad Máxima Teórica de la mezcla asfáltica.

Emulsión asfáltica: se trata de asfalto diluido con agua y un agente emulsificante, que permite unir temporalmente estos dos elementos. En el proceso de bacheo permite adherir el bache a la superficie existente, ya sea una superficie granular o estabilizada o una capa de rodamiento asfáltica antigua, nunca a la tierra, ya que ésta no permite la adherencia. Al rociarse la superficie con la emulsión, el agua se evapora, quedando una capa de asfalto que actúa como pegamento de la nueva mezcla asfáltica del bache. A esta película de asfalto se le conoce como riego de liga cuando se coloca sobre una capa con el propósito de adherir con otra como el caso de bacheos con mezcla asfáltica sobre una superficie existente. También se puede utilizar como riego de imprimación cuando se coloca sobre una superficie granular o estabilizada con el propósito de protegerla.

Cuando la emulsión pierde el agua por evaporación, se dice que “rompe”. Según el tiempo que tarde para hacerlo, se pueden clasificar las emulsiones en tres categorías:

- De rotura rápida: la emulsión rompe (pierde el agua) en poco tiempo.
- De rotura media: cuando la emulsión rompe (pierde el agua) en un tiempo mayor al de rotura rápida.
- De rotura lenta: son las emulsiones que tardan más tiempo en romper.

En el sitio de trabajo es fácil detectar el momento en que rompe la emulsión porque se produce un cambio de color, de café a negro, que es propio del asfalto.



Figura 3. Rompimiento de emulsión asfáltica.

Fuente: LanammeUCR

En la técnica de bacheo, normalmente se utilizan emulsiones de rompimiento rápido para acelerar el procedimiento de trabajo, con lo que se agiliza el periodo de reparación y se minimizan las interrupciones al tránsito vehicular en una carretera en funcionamiento. El tiempo de rotura para una emulsión rápida consta de minutos, y depende del clima. A mayor temperatura ambiente, el rompimiento de la emulsión se acelera.

Se debe considerar que, una vez que la emulsión rompe, no se debe esperar para colocar la mezcla asfáltica, ya que pierde capacidad de adherencia, además de que se puede contaminar con agentes externos como polvo.

En Costa Rica se dispone, normalmente, de emulsiones de rotura rápida, suministradas por la Refinadora Costarricense de Petróleo S.A. (RECOPE). Sin embargo, de acuerdo a la necesidad, se han producido emulsiones de rotura lenta, por ejemplo: en la estabilización de bases granulares con asfalto, donde se requiere que la emulsión tarde un poco más en romper para que la base y el asfalto puedan ser homogenizados correctamente.

Exudación: es el ascenso del asfalto de la capa de rodadura junto con material fino hacia la superficie de la calzada, dándole un aspecto brillante. Se produce por defectos de construcción como excesos en el riego de liga; o por defectos de formulación de la mezcla considerando una mayor dosificación de asfalto de la necesaria en la capa de rodadura.

Hidroplaneo: efecto en que se pierde adherencia entre las llantas del vehículo y la superficie de rueda debido a la presencia de una película de agua sobre la superficie del pavimento.

Imprimación: corresponde a una tasa de riego de emulsión asfáltica sobre una superficie de base granular o estabilizada con cemento con el objetivo de formar una capa protectora.

Mezcla asfáltica: material constituido por una mezcla de agregados de diferentes tamaños, polvo mineral y asfalto, de forma que, una vez compactada, presenta propiedades suficientes para resistir el tránsito vehicular, considerando una estructura de apoyo complementaria.

Riego de Liga: corresponde a una tasa de riego de emulsión asfáltica por área sobre una superficie de un pavimento nuevo o existente, con el objetivo de brindar adherencia a la capa asfáltica por colocar.

Perfilado: corte o desbaste de una o más capas del pavimento, con espesor predeterminado, mediante proceso mecánico realizado en caliente o en frío, empleado como intervención para la restauración de pavimentos.

Segregación: se refiere a la separación de las partículas gruesas de las partículas finas en una mezcla de agregados. En el caso específico de una mezcla asfáltica, se debe contar con una adecuada granulometría (distribución de las partículas), por lo que se debe evitar su separación, manteniendo una mezcla homogénea.

Segregación térmica: falta de homogeneidad de la temperatura en la mezcla asfáltica, debido a una inadecuada manipulación, almacenamiento o transporte.

Tamaño máximo de agregado: designado como un tamiz más grande que el tamaño máximo nominal del agregado. Típicamente, éste es el tamiz más pequeño por el cual pasa el 100% de las partículas de agregado.

Tamaño máximo nominal de agregado: designado como un tamiz más grande que el primer tamiz que retiene más del 10% de las partículas de agregado en una serie normal de tamices.

PERSONAL

- Encargado
- Rastrilleros
- Peones
- Operadores de maquinaria
- Controladores de tránsito (si fuera necesario)

EQUIPO Y MAQUINARIA

El proceso de bacheo requiere del equipo correcto para obtener un trabajo de calidad y durabilidad adecuadas.

Cámara fotográfica: realizar un registro fotográfico georreferenciado para la base de datos de la ruta.



Carretillo: sirve para transportar la mezcla asfáltica desde la vagoneta hasta los baches. La mezcla NO se debe lanzar, para evitar la segregación de las partículas. La misma se debe manipular lo menos posible.



Cepillo y escoba: se utilizan para limpiar y barrer la superficie del bache y los bordes, de manera que queden libres de polvo o agentes contaminantes.



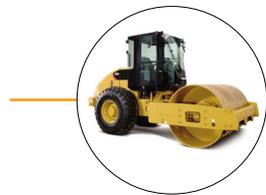
Codal o escantillón: pieza de madera o aluminio perfectamente recta, de al menos tres metros de longitud, que sirve para comprobar los niveles del bache respecto al resto del pavimento.



Compactador manual: se utiliza para materiales de base y capas asfálticas en lugares de difícil acceso o para baches pequeños, donde el compactador de rodillo no tiene suficiente espacio para trabajar y hacer su función.



Compactador vibratorio de rodillo: sirve para compactar o densificar suelos, capas granulares o mezcla asfáltica. Se debe escoger el peso adecuado del compactador de acuerdo con el espesor del bache o del espesor de la capa parcial a compactar, de manera que se logre densificar adecuadamente sin triturar el material.



Distribuidor de asfalto con aspersores o tanqueta: debe tener un sistema de calentamiento y termómetro para controlar la temperatura, así como un sistema de aspersión. El rociador de asfalto debe estar en buenas condiciones para obtener riegos homogéneos. Se pueden utilizar aspersores manuales siempre y cuando se logre una distribución adecuada sobre la superficie.



Equipo de aire a presión: el compresor de aire permite barrer las partículas del bache abierto. Se complementa con el barrido manual, ya que éste no logra eliminar las partículas más gruesas.



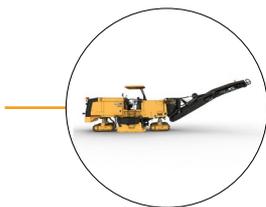
Equipo de corte o sierra: consiste en un motor que acciona una sierra circular de diamante y que puede cortar materiales pétreos y capas asfálticas. Permite delimitar perfectamente los bordes de la sección a reparar sin dañar el pavimento sano.



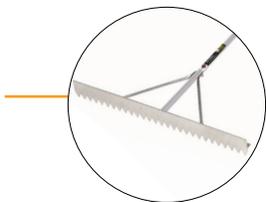
Palas y picos: herramientas manuales utilizadas para afinar la superficie que se intervendrá con bacheo. Es recomendable tener algunas palas cuadradas para superficies planas requeridas en el bache.



Perfiladora de ancho variable (opcional): se utiliza para remover un espesor de la capa asfáltica. Se puede perfilar total o parcialmente el espesor de la capa de rodamiento, eliminando únicamente la profundidad agrietada. Generalmente, con esta máquina se garantiza mayor uniformidad en el espesor reparado. Sin embargo, siempre es importante la preparación manual de los bordes del bache. Su uso debe ser aprobado por el ingeniero a cargo del proyecto.



Rastrillos de nivelación: herramientas manuales para acomodar la mezcla asfáltica en el bache y procurar juntas bien construidas y superficies planas en el acabado previo a la compactación.



Retroexcavadora o Back-Hoe: equipo hidráulico que permite excavar y remover material de la zona deteriorada. Es recomendable que el equipo tenga un brazo corto y pala pequeña, y que el operario sea cuidadoso al trabajar para no afectar más allá de lo que es necesario reparar.



Termómetro o termocupla: se utiliza para medir la temperatura de la mezcla asfáltica cuando llega al sitio de obra, cuando se coloca y cuando debe ser compactada para garantizar una adecuada densificación.



Vagonetas: deben de tener fondos de metal herméticos, limpios y lisos, pintados con material que evite que la mezcla se adhiera al fondo. Provisto de una lona impermeable, para proteger la mezcla contra la intemperie.



MATERIALES

- Mezcla asfáltica en caliente
- Emulsión asfáltica
- Material de base (opcional)
- Material de subbase (opcional)
- Material de préstamo (opcional)

PROCEDIMIENTO

Es importante realizar los procedimientos correctos en ejecución de obras contratadas, de manera que se logre la mayor durabilidad y se asegure la inversión realizada. Se deben aplicar las especificaciones del cartel y los códigos de construcción del país. Además, no se iniciará el proceso constructivo de bacheo en condición de lluvia u otra condición que imposibilite la correcta aplicación de la técnica.

A continuación, se presenta el procedimiento detallado para la realización de un trabajo eficiente.

a. Inspección de equipo

Antes del inicio de los trabajos se debe revisar con anticipación, que el equipo que se empleará se encuentre en perfectas condiciones y que su funcionamiento sea el adecuado, para garantizar buenos resultados.

b. Colocación de dispositivos de prevención y control de tránsito

El ingeniero de la obra debe indicar al personal de campo las instrucciones sobre el señalamiento temporal de obra para controlar el tránsito. Es indispensable que el inspector consulte al ingeniero acerca del procedimiento a seguir y transmitirlo a las cuadrillas como se indique. Este aspecto es de gran importancia, ya que tiene implícito responsabilidades civiles y penales, donde están en juego vidas humanas.

Debe encargarse de que se cumplan los requisitos de seguridad especificados en el contrato. Esto puede involucrar un control de las operaciones de los equipos, y el uso de elementos tales como conos, barreras, luces de advertencia y reflectores, de acuerdo con el **Manual Técnico de Protección de Obra de la Dirección General de Ingeniería de Tránsito del MOPT en su versión vigente**. Como referencia para facilitar la estandarización de los requisitos de los dispositivos temporales para el control de tránsito y por ende su respectiva inspección se cuenta con las siguientes normas nacionales del Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica:

Código	Norma
INTE W74	Dispositivos de señalización temporal para el control de tránsito en obras. Barreras plásticas. Requisitos.
INTE W79	Dispositivos de señalización temporal para el control de tránsito en obras. Barricadas. Requisitos y métodos de ensayo.
INTE W73	Dispositivos de señalización temporal para el control de tránsito en obras. Barriles. Requisitos.
INTE W57	Dispositivos de señalización temporal para el control del tránsito en obras. Conos. Requisitos y métodos de ensayo.
INTE W72	Dispositivos de señalización temporal para el control de tránsito en obras. Delimitador tubular. Requisitos y métodos de ensayo.
INTE W82	Dispositivos de señalización temporal para el control de tránsito en obras. Hitos de vértice. Requisitos y métodos de ensayo.
INTE W54	Guía de buenas prácticas para la instalación de señales verticales y delineadores
INTE W93	Guía de buenas prácticas para el uso de dispositivos temporales de control de tránsito.
INTE W60	Requisitos de dispositivos de señalamiento temporal para el control del tránsito en obras y sus normas derivadas.
INTE W36	Requisitos de láminas retrorreflectivas para el control de tránsito y sus normas derivadas de ensayos

Se debe contar con la presencia de banderilleros debidamente identificados, con los implementos de seguridad vial y equipo como chaleco reflectivo, banderillas, radio intercomunicador, entre otros.

En la Figura 4 se muestran los distintos tipos de reducciones graduales de carril que pueden presentarse en una zona de control temporal de tránsito. La zona de prevención donde se ubican las señales se deben colocar de previo al cierre.

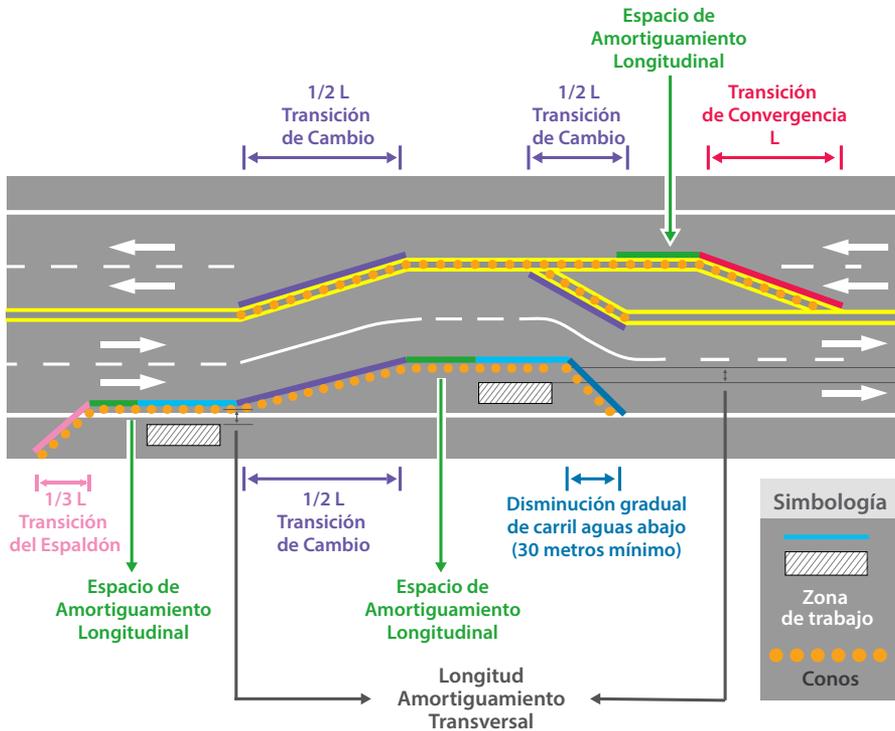


Figura 4. Ejemplo de disminución gradual de carriles “tapers” y espacio de amortiguamiento.

Nota: Modificado a partir de Dirección General de Ingeniería de Tránsito, 2015.

En las tablas siguientes, a manera de ejemplo, se presentan distancias que dependen de la velocidad, las cuales podrían facilitar el trabajo de campo del inspector para realizar un control de tránsito de manera segura.

Tabla 1. Espaciamiento sugerido entre señales de prevención

Velocidad (km/h)	Dist. mínima primera señal (m)	Separación mínima entre señales "A" (m)
40	50	25
60	100	50
80	180	75
100	275	100

Nota: la distancia mínima de la primera señal se mide desde el primer cono de cierre.

Nota: Tomado de Dirección General de Ingeniería de Tránsito, 2015.

Tabla 2. Separación máxima recomendada entre conos según la velocidad

Velocidad (km/h)	Separación máxima (m)
40	8
60	12
80	16
100	20

Nota: Tomado de Dirección General de Ingeniería de Tránsito, 2015.

Tabla 3. Guía para definir los valores de "L" según la velocidad

Velocidad (km/h)	Longitud "L" (m)	Transición de convergencia (m)	Transición de cambio (m)	Transición de espaldón (m)
Para un carril, W= 3,5 m				
40	40	40	20	15
60	80	80	40	30
80	175	175	90	60
100	220	220	110	75
Para dos carriles, W= 7,0 m				

Velocidad (km/h)	Longitud "L" (m)	Transición de convergencia (m)	Transición de cambio (m)	Transición de espaldón (m)
40	75	75	40	25
60	170	170	85	60
80	350	350	175	120
100	450	450	225	150

Nota: los valores de "L" son aproximados a los valores prácticos más cercanos.

Nota: Tomado de Dirección General de Ingeniería de Tránsito, 2015.

Tabla 4. Guía para definir la longitud de espacios de amortiguamiento longitudinales

Velocidad (km/h)	Longitud amortiguamiento longitudinal (m)	Velocidad (km/h)	Longitud amortiguamiento longitudinal (m)
30	10	70	65
40	15	80	85
50	25	90	100
60	50	100	150

Nota: el ancho del espacio de amortiguamiento lateral, deberá ser determinado mediante el criterio de ingeniería.

Nota: Tomado de Dirección General de Ingeniería de Tránsito, 2015.

c. Dispositivos de protección personal y seguridad ocupacional

La seguridad es un aspecto que concierne a todo el personal de trabajo. El inspector debe estar muy pendiente para poder garantizar que se mantengan las condiciones y prácticas seguras en el proyecto. Para el inspector, la seguridad del proyecto comienza con él mismo. El inspector debe servir como ejemplo en el uso del equipo de seguridad personal, como son los chalecos retrorreflectivos, zapatos, anteojos, ropa de protección y casco, de ser necesario.

Verificar que el personal cuente con el uniforme, equipo de protección personal y otros elementos de seguridad ocupacional en concordancia con las normas nacionales establecidas al respecto.

d. Identificar y marcar zona dañada

Es responsabilidad del ingeniero indicar al inspector los puntos donde se realizará el bacheo y el tipo de bacheo a ejecutarse. El área se debe marcar por medio de pintura, crayón o tiza, de forma rectangular o cuadrada. Es necesario que la zona marcada cubra por lo menos 30 cm más, separada de la zona deteriorada de manera que se asegure eliminar todas las zonas debilitadas (Figura 5). No se debe marcar un bache de manera que quede adyacente a una zona fallada, pues existen posibilidades de que haya infiltración de agua hacia la zona del bache y se agriete de manera prematura. El bache debe ser regular, sin cambios bruscos en sus dimensiones principales (Figura 6) (Ver Sección 8: Ejemplos).

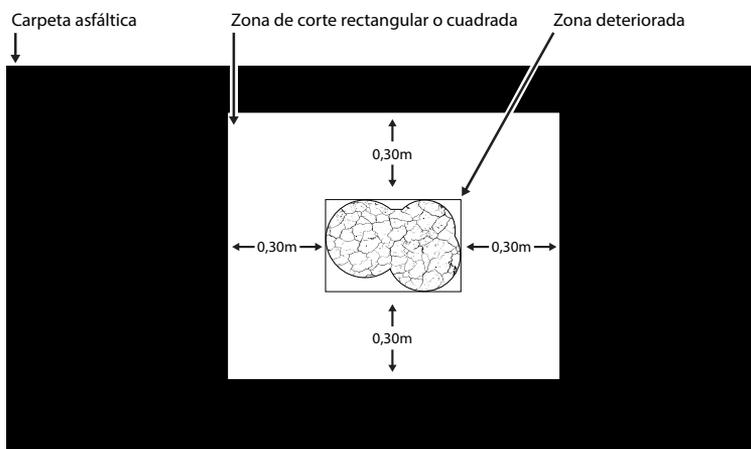


Figura 5. Zona de corte rectangular para un bache.

Fuente: Manual de procedimientos de bacheo con mezcla asfáltica en caliente, Instituto Nacional de Aprendizaje, 1998. Adaptado por Daniela Martínez, 2021.



Figura 6. Forma adecuada e inadecuada de bache.

Fuente: Manual de procedimientos de bacheo con mezcla asfáltica en caliente, Instituto Nacional de Aprendizaje, 1998. Adaptado por Daniela Martínez, 2021.

e. Cortar a lo largo del perímetro marcado

Se utiliza la sierra de disco (Ver Sección: Equipo y Maquinaria). Es de suma importancia que las caras del corte sean verticales, con el fin de crear juntas regulares que puedan asegurar adhesión y unión con el pavimento adyacente por medio de un adecuado riego de liga (Figura 7). No se recomienda utilizar el martillo neumático, ya que pueden producir daños en la carpeta asfáltica adyacente. Los cortes rectos en su intersección deben ser cuidadosamente cortados para no dejar espacio a la filtración de agua a través de ellos. En caso de quedar cortes en la capa, fuera del perímetro del bache, se deben sellar para evitar filtración de agua o introducción de partículas que afectan la integridad del borde. Todos los cortes deben quedar sanos y rectos (Ver Sección: Ejemplos, prácticas adecuadas).

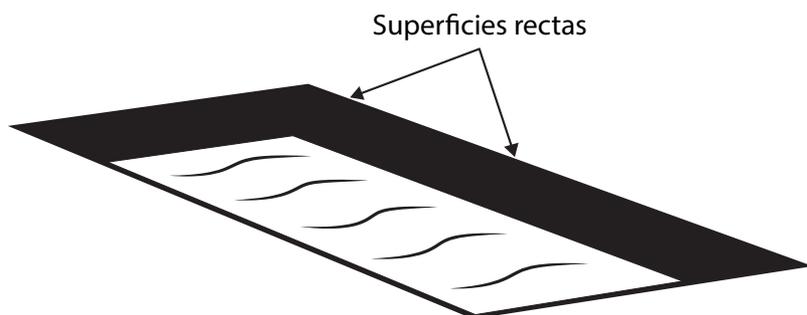


Figura 7. Acabado recto de los cortes.

Fuente: Manual de procedimientos de bacheo con mezcla asfáltica en caliente, Instituto Nacional de Aprendizaje, 1998. Adaptado por Daniela Martínez, 2021.

f. Remover material suelto

El material se remueve con ayuda de la retroexcavadora o Back-Hoe hidráulico (se debe remover absolutamente todo el material presente, incluyendo el agua). Se puede utilizar la ayuda de palas, picos, escobas y el equipo de aire a presión para dejar la superficie bien limpia (Figuras 8 y 9). La extracción de material debe hacerse con cuidado, con la finalidad de que quede una base de soporte firme, con bordes sanos y bien cortados

(Ver Sección: Ejemplos, prácticas adecuadas). Aunque la extracción del material se puede hacer con Back Hoe, el acabado final debe hacerse con pala y cepillo para mantener una superficie adecuada. El fondo del bache debe estar, dentro de lo posible, a nivel, sin ondulaciones, ni huecos, ni fisuras, ni montículos de material (Figura 9).



Figura 8. Remoción del material del bache

Fuente: Manual de procedimientos de bacheo con mezcla asfáltica en caliente, Instituto Nacional de Aprendizaje, 1998. Adaptado por Daniela Martínez, 2021.

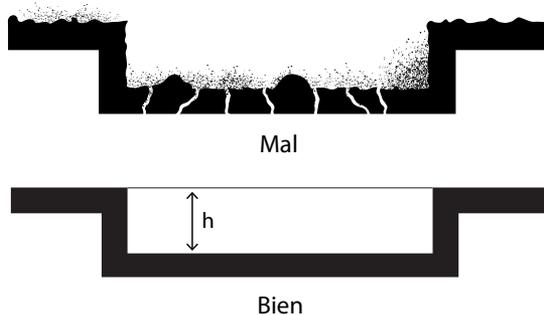


Figura 9. Bache mal preparado y superficie adecuada

Fuente: Instituto Nacional de Aprendizaje, 1998. Adaptado por Daniela Martínez, 2021.

En baches donde se realice el perfilado del pavimento (Figura 10 y 11) se efectuará sobre áreas aprobadas previamente por el ingeniero, a temperatura ambiente y sin adición de solventes u otros productos ablandadores que puedan afectar la granulometría de los agregados o las propiedades del asfalto existente. La profundidad será definida por el ingeniero encargado.



Figura 10. Escarificado de capa existente.

Fuente: LanammeUCR.

Se debe tener claro que el material perfilado es reutilizable y es propiedad del Estado, por lo que debe ser enviado al plantel del MOPT más cercano, de acuerdo con el criterio del ingeniero encargado, utilizarlo de forma eficiente para propósitos a favor del Estado. En las proximidades de pozos de registro de alcantarillas, juntas con el pavimento existente y en sitios inaccesibles a la maquinaria de perfilado, el pavimento deberá removerse empleando métodos alternativos que den lugar a una superficie apropiada para la colocación de la nueva capa.

g. Colocar material de relleno

En caso de que se trate de un bache profundo, se debe reponer la base y la subbase con un material granular de buena calidad para utilizarlo hasta la altura donde empieza la capa de mezcla asfáltica, como se mostró en la Figura 2. Todo este material debe ser compactado con ayuda de un compactador de tamaño y peso apto previo a la colocación de la mezcla. Es recomendable compactar en capas de material granular no mayores a 20 cm de espesor, dependiendo del peso del compactador.



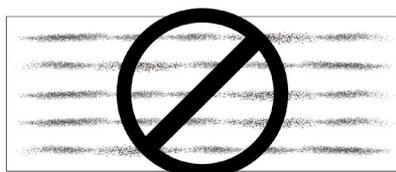
Figura 11. Superficie perfilada.

Fuente: LanammeUCR.

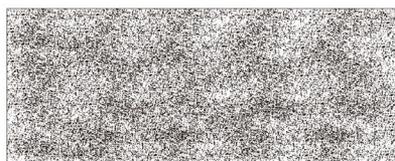
h. Aplicar riego de liga (ver Guía para la aplicación de riego de liga del LanammeUCR)



El riego de liga se debe aplicar en toda el área, tanto en las paredes como el fondo del corte. El riego no se debe empozar en el fondo del bache, y las paredes deben quedar bien cubiertas. La distribución de la emulsión debe ser uniforme en toda el área (ver Figura 12). La emulsión debe estar a la temperatura adecuada (usualmente a 60°C) para facilitar la aplicación del riego de liga. El inicio de la colocación de mezcla debe programarse de manera que se le dé el tiempo necesario para que la emulsión rompa con la temperatura ambiente, como se puede observar en la Figura 3 de esta guía. Debe dosificarse a una tasa de riego indicada por el ingeniero del proyecto, de manera que sea una cantidad suficiente para una cobertura total. Si la aplicación es deficiente o muy poca, no habrá adherencia suficiente, sin embargo, tampoco debe ser en exceso, ya que, además de que podría inhibir también la adherencia, puede afectar las características de la mezcla asfáltica generando deterioros como deformaciones o exudación (Ver Anexo 1. Problemas típicos de la carpeta de la mezcla asfáltica en caliente y sus posibles causas). El inspector, con ayuda del laboratorio de verificación de calidad, realizará las pruebas que garanticen que la tasa de riego por área, utilizada en campo, corresponda a la indicada para el proyecto cada vez que indique el ingeniero de proyecto (Ver Anexo 2. Tipos de riego de liga).



Mal



Bien

Figura 12. Riego de liga en el fondo del bache.

Fuente: Manual de procedimientos de bacheo con mezcla asfáltica en caliente, Instituto Nacional de Aprendizaje, 1998. Adaptado por Daniela Martínez, 2021.

Una manera aproximada para que el inspector verifique la tasa de riego diariamente, además de realizar la auscultación visual del riego, consiste en revisar el nivel de contenido inicial de emulsión en el tanque que la contiene (distribuidor de asfalto o tanqueta) y al final de la jornada revisar nuevamente el nivel de contenido para estimar en litros el consumo del día. Posteriormente, se realiza una medición y estimación del área intervenida con baches. La división de litros consumidos entre la sumatoria de las áreas de bache, indicaría la tasa de dosificación de emulsión utilizada. De acuerdo con la proporción de asfalto y agua que posee la emulsión, se podría calcular la cantidad de asfalto aplicado por área, considerando que el agua se evaporaría. Por ejemplo, multiplicando por $2/3$, la tasa de emulsión aplicada, correspondería el cálculo del contenido de asfalto aplicado en el riego de liga. Esto considerando una emulsión en la que posee una tercera parte de agua y el resto de asfalto.



Figura 13. Riego de liga manual.

Fuente: Daniela Martínez, 2021.

i. Recibo en sitio de la mezcla asfáltica en caliente

Previo a la colocación, se debe revisar que la vagoneta que transporta la mezcla asfáltica caliente llegue con una lona u otro material de protección que evite la contaminación durante el trayecto y que permita, además, ayudar a conservar la temperatura. Deberá verificar visualmente si la mezcla presenta señales de que fue sobrecalentada, tales como humo azul que asciende de la mezcla del camión o tener una apariencia opaca (véase Anexo 1. Problemas típicos de la carpeta de la mezcla asfáltica en caliente y sus posibles causas.) Es importante verificar que la góndola no esté contaminada con otros materiales como tierra. Además, el inspector debe verificar si la vagoneta o traileta cuenta con su respectivo marchamo de seguridad en condición inalterada.



El inspector de sitio debe asegurarse de verificar la información de despacho de planta en la boleta, además de completar la información de las condiciones de recibo y de colocación de la mezcla asfáltica en la boleta de guía de entrega.

Figura 14. Marchamo de seguridad en vagoneta.
Fuente: LanammeUCR.

	GUÍA DE ENTREGA	FECHA: 30/07/2014 HORA: 4:00am	Nº	
PROYECTO: <u>CONSERVACIÓN VIAL SAN JOSÉ</u>		CONTRATISTA: <u>ASFALTOS S.A.</u>		
DESTINO: <u>EL CRISTO DE SABANILLA</u>		RUTA: <u>203</u> ZONA: <u>1-1</u>		
DESPECHO DE MEZCLA ASFÁLTICA				
TRANSPORTISTA: <u>ALBERTH TAYLOR</u>		PLACA: <u>C-168245</u>	MARCHAMO #: <u>174048</u>	
TEMPERATURA SALIDA:	<u>160</u> °C	HORA:	<u>4:05 am</u>	CANTIDAD (TON): <u>22,810</u>
VAGONETA MUESTREADA:	<input type="checkbox"/> SI	<input checked="" type="checkbox"/> NO	VIAJE #: <u>13</u>	MUESTREADOR: _____
OBSERVACIONES: _____				
NOMBRE DE INSPECTOR DE PLANTA: <u>ESTEBAN PEREZ CERDAS</u>		FIRMA: <u>E.P.C.</u>		
RECEPCIÓN DE LA MEZCLA EN SITIO				
ARRIBO DEL MATERIAL:	HORA: <u>6:15 am</u>	TEMPERATURA: <u>130</u> °C		
COLOCACIÓN DE MATERIAL:	HORA: <u>6:15 am</u>	TEMPERATURA: <u>130</u> °C		
TRAMO DE COLOCACIÓN: <u>Ruta 203/Sección Central 190+4</u>				
USO DE MATERIAL <input type="checkbox"/> SOBRE - CAPA <input type="checkbox"/> BACHEO AMBULANCIA <input type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/>				
KILÓMETRO INICIAL: _____				
KILÓMETRO FINAL: _____ <input checked="" type="checkbox"/> BACHEO <input type="checkbox"/> CAPA DELGADA DE SELLO <input type="checkbox"/>				
OBSERVACIONES: <u>Intervención del Cristo de Sabanilla</u>				
NOMBRE DE INSPECTOR EN SITIO: <u>Ramiro Salgado Brito</u>		FIRMA: <u>Ramiro Salgado Brito</u>		

Figura 15. Guía de entrega de mezcla asfáltica en caliente.

Instrucciones de uso de la guía de entrega de mezclas asfálticas

1. Información de la entrega: son los datos correspondientes al proyecto, contratista, destino, ruta, zona, fecha y hora, que se deben indicar en esta guía de entrega.

1.1. Proyecto: nombre del proyecto donde se envía la mezcla asfáltica.

1.2. Contratista: nombre del contratista al que se le adjudicó el proyecto. Si es persona física se debe indicar el nombre y apellidos.

1.3. Fecha: día, mes y año, cuando se realiza esta entrega.

1.4. Hora: indicar la hora en la que se realiza el despacho de la mezcla asfáltica de planta.

1.5. Destino: lugar donde se va a enviar la mezcla.

1.6. Ruta: designación establecida en el Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

1.7. Zona: Zona específica de conservación vial donde se desarrolla el proyecto.

2. Despacho de mezcla asfáltica: información sobre la salida de la mezcla asfáltica y del sitio donde se despacha.

2.1. Transportista: nombre del transportista que se encarga del traslado de la mezcla asfáltica.

2.2. Placa: número de placa del vehículo en el que se traslada la mezcla asfáltica.

2.3. Marchamo: número del sello de seguridad del vehículo que traslada la mezcla asfáltica.

2.4. Temperatura de salida: temperatura en grados centígrados de la mezcla asfáltica en el momento en que es entregada al transportista que se encarga de su traslado.

2.5. Hora: hora exacta cuando fue tomada la temperatura de salida de planta.

- 2.6. Cantidad:** cantidad de toneladas de mezcla asfáltica despachada. Es importante asegurarse de realizar la lectura del sistema de pesaje.
- 2.7. Vagoneta muestreada:** marcar con X en el espacio correspondiente si la vagoneta fue muestreada o no.
- 2.8. Viaje No.:** corresponde al número de viaje de la jornada de producción a cada proyecto.
- 2.9. Muestreador:** nombre y apellidos de la persona encargada de muestrear este despacho, así como el nombre del laboratorio correspondiente.
- 2.10. Observaciones:** espacio para indicar alguna situación especial en este despacho.
- 2.11. Nombre y firma del inspector de planta:** nombre y apellidos del Inspector encargado de la inspección en esta planta por la Administración.
- 3. Recepción de la mezcla en sitio:** información correspondiente al proceso de recepción de la mezcla en sitio de la obra, arribo del material, tramo de colocación y uso del material.
- 3.1. Arribo del material:** indicar la hora en que la mezcla asfáltica llegó al sitio y la temperatura en °C a la hora de su arribo.
- 3.2. Tramo de colocación del material:** indicar número de ruta y nombre de la sección de control y su número de identificación donde se va a realizar la colocación de la mezcla asfáltica, la hora y la temperatura de la mezcla asfáltica en el momento de la colocación.
- 3.3. Kilómetro inicial:** indicar el kilómetro inicial establecido para la reparación de la ruta respectiva.
- 3.4. Kilómetro final:** indicar el kilómetro final establecido para la reparación de la ruta respectiva.

- 3.5. Uso del material:** marcar con X en el espacio correspondiente al uso que se le va a dar al material indicado en esta guía.
- 3.6. Observaciones:** espacio para indicar alguna situación especial relacionada con el recibido del material.
- 3.7. Nombre del inspector en sitio:** nombre y apellidos del Inspector en sitio encargado de controlar la reparación de la ruta.
- 3.8. Firma:** Firma del inspector indicado en el punto 3.7.

j. Colocación y Compactación

Luego de hacer una revisión de la mezcla asfáltica recibida en sitio y que las condiciones sean aptas para utilizarla, es importante evitar la manipulación excesiva de esta, tratando de no segregarla y no contaminarla: Además, que se mantenga la temperatura adecuada para su colocación y posterior compactación. Para esto es necesario asegurar un proceso adecuado de descarga y de colocación, evitando prácticas de lanzado de la mezcla o descargas a grandes alturas, uso de contaminantes en el sitio (por ejemplo el uso de diesel para limpieza de herramientas), además de tener cuidado con el arrastre de tierra o material ajeno a la mezcla asfáltica, en el proceso de colocado.

EL MATERIAL NO SE DEBE LANZAR, SE TIENE QUE COLOCAR DE MANERA TAL QUE NO PRODUZCA SEGREGACIÓN, con cuidado y a menos de 90 cm de altura.

Por otra parte, es importante tomar en cuenta que, al extender la mezcla asfáltica en el sitio de colocación, la velocidad de enfriamiento será mayor, por lo que se debe considerar este aspecto para dar inicio oportunamente al proceso de compactación. Esto dependerá mucho de las condiciones climáticas. La lluvia, no es una condición apta para su colocación, debido a que, además del enfriamiento acelerado de la mezcla antes de su compactación, el agua penetra y puede promover el daño por humedad, que se manifiesta por desprendimientos de partículas al afectarse la adherencia entre ellas.

NO SE DEBE ACEPTAR EL USO DE LA “TRABA”, actividad que consiste en extender sobre el riego de liga, una capa delgada de mezcla asfáltica menor a 4 cm en el área a bachear.

Además, por enfriamiento de la mezcla asfáltica antes del proceso de compactación se facilita una posible falta de densificación de la mezcla que también contribuye a su deterioro. En este sentido, también es importante la regulación del agua suministrada en los compactadores, de manera que no se produzca excesos de agua en la superficie que está en proceso de compactación.

EN CASO DE LLUVIA EL INSPECTOR DEBE DETENER LA COLOCACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA CALIENTE.

Cuando la capa de mezcla asfáltica que debe ser colocada es mayor a 10 cm de espesor, la compactación se debe realizar en subcapas inferiores a los 10 cm y superiores a 3 veces el tamaño máximo nominal del agregado. Por ejemplo: para una mezcla de tamaño máximo nominal de agregado de 12,5 mm, el espesor mínimo será de 4 cm compactados (ver Figura 16). Las capas que conforman un espesor total, se deben compactar el mismo día, bajo las mismas condiciones de temperatura de colocación y compactación, y cuidando que las superficies entre capas no se contaminen, lo que garantiza una adherencia efectiva entre capas, por lo que no es recomendable completar las obras de un mismo bache al día siguiente.

Además, se debe de evitar que permanezca una irregularidad importante de la superficie que afecte el tránsito seguro de los usuarios durante más de 24 horas. La última capa debe extenderse por encima del nivel de la carretera (una altura indicada por el ingeniero), de manera que después de la compactación, el bache quede al mismo nivel del pavimento existente (Figura 17). En cualquier caso, se deben utilizar compactadores de rodillo, exceptuando cuando las dimensiones del bache no lo permitan.

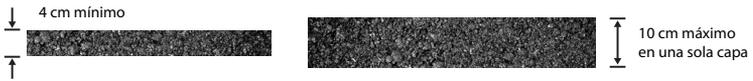


Figura 16. Espesores de referencia para un tamaño nominal de 12,5 cm.
Fuente: Manual de procedimientos de bacheo con mezcla asfáltica en caliente, Instituto Nacional de Aprendizaje, 1998. Adaptado por Daniela Martínez, 2021.



Figura 17. Exceso de mezcla para compactación.

Fuente: Manual de procedimientos de bacheo con mezcla asfáltica en caliente, Instituto Nacional de Aprendizaje, 1998. Adaptado por Daniela Martínez, 2021.

NO se deben limpiar las herramientas de colocación con diluyentes **sobre la capa asfáltica nueva o la existente**, para evitar deterioros.

Durante el proceso de compactación, la mezcla asfáltica en caliente debe poseer la temperatura adecuada para alcanzar una densificación óptima, pero esto es particular para cada proyecto y las características de la mezcla asfáltica y el asfalto utilizados. De acuerdo con los diferentes tipos de mezcla asfáltica, la temperatura mínima para ejecutar la compactación puede variar para lograr el cumplimiento de las especificaciones del proyecto. Se recomienda que el proceso de compactación inicie garantizando una temperatura de la mezcla asfáltica mayor a 125°C o acorde con lo determinado en el bache de prueba, donde se definen las condiciones óptimas de densificación considerando las características de la intervención, del sitio, condiciones climáticas y de la maquinaria utilizada. De acuerdo con esto, también se puede definir la temperatura mínima a la que se podría densificar la mezcla asfáltica. En términos generales, se recomienda que la etapa final de compactación se desarrolle garantizando una temperatura mayor a 85 °C, dependiendo de las características de la mezcla asfáltica y el asfalto utilizados, todo calibrado de acuerdo con el bache de prueba.

La compactación deseada oscilará entre los 92% y 96% (vacíos en sitio entre 4% y 8%), rango que debe verificarse en el cartel de licitación.

El inspector tiene la responsabilidad de revisar la temperatura de la mezcla asfáltica, en dos o tres puntos, para cada descarga. Además, se debe comprobar la temperatura de la mezcla colocada y se deberá rechazar si no supera la temperatura mínima especificada para garantizar una compactación satisfactoria, según lo establecido en el cartel de licitación y lo establecido en el bache de prueba.

También, el inspector tiene la responsabilidad de revisar que se cumpla con el patrón de compactación establecido, según el bache de prueba o la franja de control, y decidir si se requiere un nuevo bache de prueba en caso de que cambien las condiciones de espesor, cambio de compactadora, características de la mezcla o condiciones climáticas. En la superficie del bache es recomendable compactar las orillas primero, para disminuir el riesgo de desplazamiento de la mezcla en los bordes.



Figura 18. Compactación de bache.

Fuente: Daniela Martínez, 2021.

k. Verificar nivel del bache

Utilizando un codal o escantillón, se debe verificar el nivel y la regularidad del bache a lo largo de su perímetro. El acabado superficial del bache debe ser homogéneo y con una textura adecuada. Si los bordes no se encuentran bien acabados, se dan problemas de irregularidad que se traducen en incomodidades para el usuario y sobrecostos de operación para los vehículos. Igualmente, se debe comprobar que se mantenga efectivamente el bombeo de la calzada (pendiente transversal para que se evacue el agua superficial).

I. Aplicar sello

Es recomendable aplicar un sello a lo largo del perímetro del bache, principalmente si existieron cortes que afectaron la parte externa al bache. La aplicación consiste en un riego asfáltico líquido, junto con una aplicación de agregado fino. Lo anterior incrementa significativamente la vida útil del bache.



Figura 19. Corte realizado en el perímetro del bache que debería ser sellado para evitar la penetración de humedad dentro del bache.

Fuente: LanammeUCR.

m. Remover desechos, sobrantes, retirar equipo y señales de seguridad

Se deben remover todos los escombros y dispositivos de control de tránsito para la reapertura de la carretera, después de verificar que la mezcla se ha enfriado y tiene la capacidad de soporte adecuado para resistir las cargas de tránsito.

n. Tomar fotografías

Se deben tomar algunas fotografías geo-referenciadas y con indicación de la ruta y sección de control, de casos representativos de la condición final, que permitan evidenciar el trabajo realizado.

TONELADAS REQUERIDAS PARA UN BACHE

Para calcular la cantidad de toneladas requeridas es necesario cubicar el bache y multiplicarlo por la densidad de la mezcla colocada.

Cálculo de volumen del bache

Se determinará el volumen del bache realizando la medición de varios espesores distribuidos en forma de cuadrícula en todo el ancho y largo del bache sin relleno. Se recomienda tomar una medida de espesor por medio de un escantillón o una cuerda tomar de referencia la superficie superior del bache varias veces, dependiendo del tamaño del bache. También se puede medir por medio de un medidor de espesores como el que se muestra en la Figura 20c y es utilizado al momento de colocación, en cuyo caso, se debe considerar que este espesor es medido sin compactación, por lo que se debe considerar como un espesor de referencia para determinar el espesor compactado final buscado. A mayor número de medidas, más exacto será el volumen medido.

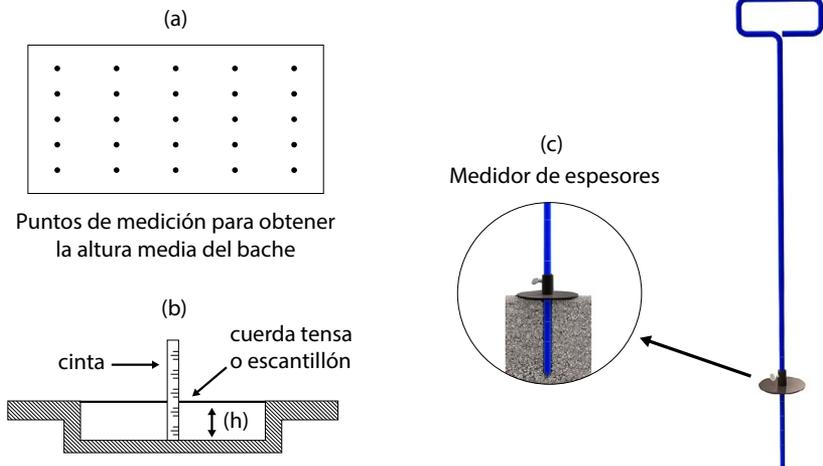


Figura 20. Esquema de medición de espesor del bache

Fuente: Manual de procedimientos de bacheo con mezcla asfáltica en caliente, Instituto Nacional de Aprendizaje, 1998. Adaptado por Daniela Martínez, 2021.

El volumen de un bache rectangular se calculará mediante la fórmula:

$$V = A \times L \times e_p$$

Donde:

V = Volumen de bache en m³ (metros cúbicos)

A = Ancho en metros

L = Largo en metros

e_p = Espesor promedio en metros

$$e_p = \frac{\sum e}{n}$$

∑e = Sumatoria de todos los espesores medidos en metros

n = Número de medidas realizadas

Ejemplo:

Si se midieron 6 espesores en un bache: 12 cm, 12 cm, 15 cm, 12 cm, 13 cm y 14 cm, y el ancho es de 1,20 m y la longitud de 2,35 m, se tendrá lo siguiente:

$$e_p = \frac{\sum e}{n} = \frac{12+12+15+12+13+14}{6} = \frac{78}{6} = 12,5 \text{ cm}$$

Conversión de centímetros a metros

$$\frac{12,5}{100} = 0,125 \text{ m}$$

Volumen del bache

$$V = A \times L \times e_p$$

$$V = 1,2 \text{ m} \times 2,35 \text{ m} \times 0,125 \text{ m} = 0,353 \text{ m}^3$$

Volumen de baches irregulares

Los baches cortados deben tener formas rectangulares con pocas irregularidades. Para calcular el volumen, se sumarán los volúmenes de cada parte rectangular usando la fórmula anterior.

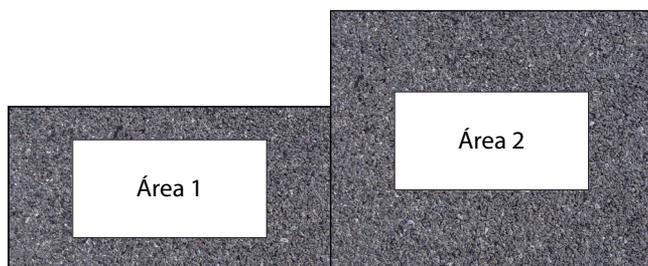


Figura 21. Bache de forma irregular.

Fuente: Manual de procedimientos de bacheo con mezcla asfáltica en caliente, Instituto Nacional de Aprendizaje, 1998. Adaptado por Daniela Martínez, 2021.

El volumen de ese bache irregular será:

$$\frac{\text{Largo} \times \text{ancho} \times \text{espesor promedio de área 1} + \text{Largo} \times \text{ancho} \times \text{espesor promedio de área 2}}{\text{Volumen total del bache irregular}}$$

Densidad: relaciones entre volumen y peso

La densidad de un material es la relación entre su masa (peso) y el volumen que ocupa. Es decir, cuanto más pesa un material en un volumen determinado, más denso es éste (ejemplo: un cubo de hierro y un cubo de estereofón pueden tener el mismo volumen, pero el de hierro pesa mucho más). Las mezclas asfálticas pueden tener diferentes densidades según los materiales que la componen. Por otro lado, una misma mezcla asfáltica puede tener diferentes densidades según la compactación que se aplique y el acomodo que tengan sus partículas. De la misma manera, un material granular de la base, de subbase o de suelo será más denso cuanto más compactado se encuentre.

Por ejemplo, una mezcla asfáltica podría tener una densidad aproximadamente de unos 2200 kg por cada metro cúbico (2,2 t/m³), cuando está en la vagoneta o apilada, lo que se denomina *densidad suelta*. Esta misma cantidad de mezcla asfáltica compactada correctamente en el sitio, podría tener una densidad aproximada de unos 2300 kg por cada metro cúbico (2,3 t/m³), cuando ha sido colocada y compactada en el bache. El dato exacto de densidad depende de la fórmula de trabajo y los componentes que se estén usando el día de la producción.

En el diseño de mezcla se obtiene la densidad de la mezcla, y esta varía considerablemente entre una y otra mezcla. Esta densidad se puede determinar en laboratorio y se llama *Densidad Máxima Teórica*, porque es la máxima densidad a la que podría llegar, con un contenido de vacíos de cero. A partir de esta densidad, se puede determinar el grado de compactación que se obtiene en sitio.

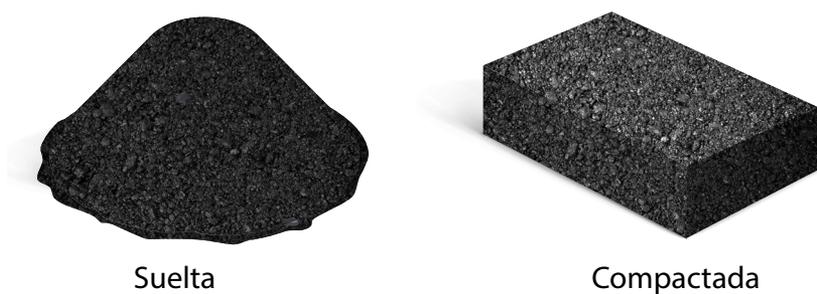


Figura 22. Mezcla asfáltica suelta y compactada.

Fuente: Manual de procedimientos de bacheo con mezcla asfáltica en caliente, Instituto Nacional de Aprendizaje, 1998. Adaptado por Daniela Martínez, 2021.

Cálculo de toneladas requeridas para un bache

Generalmente, el bacheo se paga por toneladas de mezcla colocada y compactada se realiza la siguiente operación:

$$T = V \times D \times \%C$$

Donde:

T = Toneladas de mezcla asfáltica necesarias en *t* o *kg*

V = Volumen medido del bache en m^3

D = Densidad máxima teórica de la mezcla asfáltica en $\frac{t}{m^3}$ o $\frac{kg}{m^3}$

%C = Porcentaje de compactación requerido

Ejemplo:

Si el volumen del bache es $0,353 m^3$, la densidad máxima teórica de la mezcla a colocar es de $2,5 \frac{t}{m^3}$ ($2500 \frac{kg}{m^3}$) y el porcentaje de compactación deseado de 94%. La cantidad de mezcla en toneladas necesaria sería:

$$T = 0,353 m^3 \times 2,5 \frac{t}{m^3} \times 0,94 = 0,83 t \text{ ó } 830 kg$$

Por lo que, para el bache del ejemplo, se requieren 0,83 toneladas de mezcla asfáltica.

Unidad de medición

Tonelada [t] (1000 kg equivalen a una tonelada)

**ES RESPONSABILIDAD DEL INGENIERO DE PROYECTO
DEFINIR LAS DIRECTRICES DE LAS INTERVENCIONES A
REALIZAR DE ACUERDO A LOS TIPOS DE DETERIOROS
ENCONTRADOS Y A UN ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO
QUE JUSTIFIQUE LA INTERVENCIÓN.**

LISTA DE CHEQUEO

A continuación, en el siguiente enlace, puede descargar la lista de chequeo que puede utilizarse de guía para las labores de inspección en la construcción de bacheos con mezcla asfáltica.

LABORATORIO NACIONAL
de Estudios Científicos de Guatemala

Lista de chequeo para la inspección de bacheos

La presente herramienta fue elaborada por la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCI, como una sugerencia para emplear en la inspección de obras viales.

Fecha: ___/___/___
Inspector: _____
Zona: _____ Ruta: _____ Sección: _____
Contrato: _____

1. Revisar el equipo necesario. Verifique el cumplimiento y marque las casillas.
Seleccione todos los que correspondan.

- Cámara fotográfica
- Carretillos.
- Casco y escoba.
- Cuchal o escarbillos.
- Compactador vibratorio de rodillo.
- Distribuidor de asfalto con apersones o tarquetas.
- Equipo de aire a presión (compresor).
- Equipo de control de agua.
- Retroexcavadora (Back-hoel).
- Palas y picos.
- Compactador manual.
- Perforadores de ancho variable.
- Herramientas de revelación.
- Herramientas y termopulgua para asfalto.
- Vagonetas.

2. Colocación de dispositivos de prevención y control de tránsito. Verifique el cumplimiento.
Marque solo un botón.

Realizado.

No realizado.

Lista de chequeo para la inspección de la construcción de sobrecapas asfálticas
Página 1 de 5

Descargar lista

EJEMPLOS

Prácticas Adecuadas



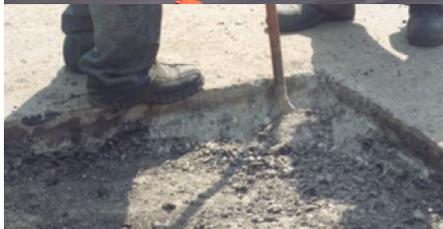
Ubicación y demarcación de borde a cortar para realizar el bache. Al menos 30 cm alejado del deterioro existente.



Equipo de sierra de disco para realizar el corte del bache.



Eliminar la superficie agrietada.



Se observa el afinado de esquinas y paredes del bache con una barra para que sean totalmente verticales, puede realizarse mediante un pico.



Limpieza de la superficie del bache mediante un barredora mecánica y barredora manual.



Aplicación del riego de liga. La aplicación es uniforme y homogénea. Verificar que las paredes del corte del bache queden impregnadas uniformemente del riego de liga.



Comprobación de la temperatura de la mezcla asfáltica antes de la compactación y en cada descarga. Cada comprobación de temperatura de la mezcla asfáltica caliente debe encontrarse dentro del rango establecido en el contrato.



Afinado de la superficie del bache mediante un rastrillo, el cual debe limpiarse con un solvente. Para evitar que el solvente afecte la mezcla asfáltica se recomienda que el rastrillo u otro elemento como palas, picos o barras se utilicen completamente secos.



En caso de que el bache sea de grandes dimensiones, se realizará la compactación mediante la utilización de un compactador vibratorio de rodillo. Se sigue el patrón de compactación y el proceso se realiza en franjas.



Compactación de mezcla asfáltica recién colocada mediante la utilización de una plancha compactadora. Se puede realizar con un compactador de rodillo siempre que este pueda entrar completamente al bache.



Ejemplo de bacheo formal concluido.

Prácticas Deficientes



La reparación debe incluir toda el área agrietada. Además, se observa que se utiliza mezcla asfáltica como “traba” sin motivo aparente.



Las paredes del bache deben ser rectas y no irregulares como se muestra en la fotografía.



La superficie del bache es irregular. Además, los agrietamientos observados se pueden reflejar en la nueva mezcla asfáltica. Por otro lado, las paredes del bache no fueron cortadas adecuadamente. Es necesario verificar el espesor mínimo.



Bache colocado en 2 capas. Contaminación de la primera capa sobre la cual se colocará la segunda para completar el espesor total del bache. La adherencia entre capas de mezcla asfáltica se ve perjudicada y además el espesor no cumple el mínimo adecuado.



El "Back Hoe" circula encima de la mezcla asfáltica recién colocada. Las llantas contaminan y perjudican la adherencia entre las capas de mezcla asfáltica en caliente. Se nota el agrietamiento en las áreas adyacentes. Además, cabe recalcar que ni el back hoe ni las vagonetas son equipo para la compactación de la mezcla asfáltica.



La mezcla asfáltica no se debe lanzar, ya que esto provoca segregación térmica y separa las partículas finas de las gruesas afectando la calidad y la durabilidad de la capa colocada.



La superficie del bache es irregular. La superficie no está completamente limpia de material suelto. Al existir variaciones considerables de espesor, la compactación podría no ser homogénea.



El bache terminado se encuentra aproximadamente 3 cm por debajo del nivel original de la superficie de rodadura. El bache debe mantener las condiciones originales de la superficie de la carretera, considerando incluso el bombeo necesario.



Se debe evitar que la mezcla sobresalga de la superficie original de ruedo. Se debe verificar el nivel mediante el uso de un codal.



Malas condiciones de compactación de las diferentes capas del bache podrían provocar hundimientos importantes y acumulaciones de agua. La acumulación de agua puede ocasionar hidroplaneo.



Superficie de ruedo irregular producto de la construcción de diferentes baches con mal acabado.



Mal acabado podría generar diferencias de nivel en la superficie de ruedo.



Nunca se debe colocar mezcla asfáltica bajo condiciones de lluvia.



Corte de borde no sellado donde se observa el exceso de humedad que ha penetrado dentro del bache. Esto puede generar deterioros prematuros como desprendimientos de las partículas de la mezcla.

ANEXO 1

Problemas típicos de capas de mezcla asfáltica colocadas en caliente y sus posibles causas

Riego de liga insuficiente o no uniforme	Riego de liga o de imprimación, inadecuadamente curada	Mezcla muy gruesa	Exceso de finos en la mezcla	Insuficiente asfalto	Exceso de asfalto	Mezcla inadecuadamente proporcionada	Cargas no-satisfactorias	Exceso de humedad en la mezcla	Mezcla demasiado caliente o quemada	Mezcla demasiado fría	Aspersor del distribuidor en malas condiciones	Demasiada humedad en la subrasante	Demasiado riego de liga o de imprimación	Demasiado rastrillo manual	Mano de obra descuidada o sin experiencia	Demasiada segregación en la colocación	Operación muy rápida de la pavimentadora	Tipos de imperfecciones del pavimento que pueden ocurrir al colocar mezclas de planta
					x	x	x						x					Exudación
				x				x	x									Apariencia opaca
					x	x	x						x			x		Puntos con exceso de asfalto o grasos
		x	x			x	x			x	x			x	x	x	x	Mala textura superficial
x	x	x				x	x			x	x			x	x	x	x	Superficie áspera desigual
		x				x	x			x	x			x	x	x		Desmoranamiento o carcomido
		x		x						x	x			x	x	x		Juntas desiguales
			x		x	x				x					x			Huellas del compactador
x	x		x		x	x	x	x			x			x				Ondulaciones o Desplazamiento
			x	x		x						x						Agrietamiento (muchas grietas finas)
												x						Agrietamiento (grietas largas y grandes)
		x				x				x	x							Rocas fracturadas por el compactador
		x		x		x			x	x	x					x	x	Desplazamiento de la superficie durante la colocación
x	x		x		x	x				x		x	x					Desplazamiento de la superficie sobre la base

Fuente: Tomado de principios de construcción de pavimentos de mezcla asfáltica en caliente (MS-22), Asphalt Institute.

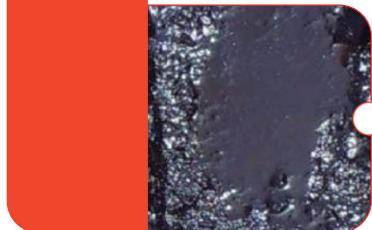
Tipos de riego de liga



Riego correcto de liga



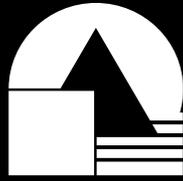
Riego deficiente de liga



Acumulación de riego

REFERENCIAS

- Asphalt Institute (1982): Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente, Serie de Manuales No. 22 (MS-22)
- Federal Highway Administration Video VH-318, Parte 1, 1996. Recuperado en octubre de 2014 de <https://www.youtube.com/watch?v=viAmYDTEigQ>
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes de la Dirección General de Ingeniería de Tránsito, Departamento de Señalización Vial (2013): ***Manual Técnico de dispositivos de Seguridad y Control Temporal de Tránsito para la Ejecución de Trabajos en las Vías.***
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes, (2001); Tomo de disposiciones para la construcción y conservación vial: Disposición MN-02-2001.
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes, (2010): Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010)
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes, División de Obras Públicas, (1980): ***Manual para Adiestramiento de Inspectores de Obras Viales.***
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes, División de Obras Públicas, (1983): Manual de Construcción para caminos carreteras y puentes (MC-83)
- Pavement Tools Consortium (PTC), Construction Section. Recuperado en setiembre de 2015 de www.pavementinteractive.org
- Rodríguez, M., Castro, P., & Arce, M. (1998): ***Manual de procedimientos de bacheo con mezcla asfáltica en caliente.*** Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica: LanammeUCR. FUNDEVI. Instituto Nacional de Aprendizaje.



LanammeUCR

LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES



(506) 2511-2500



direccion.lanamme@ucr.ac.cr



www.lanamme.ucr.ac.cr

UCR