

José Julián Rivera

Apuntes sobre pavimentos
en vías de bajo
volumen de tránsito

Tomo II

Apuntes sobre pavimentos en vías de bajo volumen de tránsito. Tomo II

José Julián Rivera

Portal DOLMEN
LEMaC Centro de Investigaciones Viales
UTN FRLP – CIC PBA

edUTecNe
Buenos Aires, 2026

Rivera, José Julián

Apuntes sobre pavimentos en vías de bajo volumen de tránsito: tomo II / José Julián Rivera;
Editado por Fernando Cejas. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: edUTecNe, 2026.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-8992-69-3

1. Ingeniería Civil. 2. Asfalto. I. Cejas, Fernando, ed. II. Título.

CDD 620

Diseño de Tapa e interior: Fernando Cejas



Universidad Tecnológica Nacional – República Argentina

Rector: Ing. Rubén Soro

Vicerrector: Ing. Haroldo Avetta

Secretaria Cultura y Extensión Universitaria: Ing. Adriana Fea



Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional La Plata.

Decano: Ing. Fabio Romani

Vicedecano: Ing. Guillermo Gómez

Director LEMaC: Dr. Ing. Julián Rivera



edUTecNe – Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional

Coordinador General a cargo: Fernando Cejas

Dirección General: Mg. Claudio Véliz

Dirección de Cultura y Comunicación: Ing. Pablo Lassave

Queda hecho el depósito que marca la Ley N° 11.723

© edUTecNe, 2026

Sarmiento 440, Piso 6 (C1041AAJ)

Buenos Aires, República Argentina

Publicado Argentina – Published in Argentina



ISBN 978-987-8992-69-3



Reservados todos los derechos. No se permite la reproducción total o parcial de esta obra, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros) sin autorización previa y por escrito de los titulares del copyright. La infracción de dichos derechos puede constituir un delito contra la propiedad intelectual.

Prólogo de Dolmen

Cuando con el Dr. Ing. Julián Rivera pensamos en una sección llamada “Acercando la Vialidad a los Arquitectos”, no sabíamos, con toda modestia, que estábamos produciendo un pequeño éxito editorial.

Transmitir las abundantes complejidades de los materiales para construir de la mejor manera posible caminos transitables y duraderos no es tarea nada fácil; pero el talento de Julián lo hizo posible.

Aprendí mucho de sus textos, como supongo que lo habrán hecho nuestros estimados lectores.

Agradezco profundamente tamaño esfuerzo.

Arquitecto Daniel Roberto Carmuega

Director de Dolmen

<https://dolmen.com.ar/>

Prólogo del Autor

Este nuevo tomo de la serie se compone mayoritariamente de los artículos mensuales 26 a 50 publicados en la sección de “Acercando la Vialidad a los Arquitectos” del Portal Dolmen entre noviembre de 2023 y noviembre de 2025.

Dicha sección tiene como idea general abordar de manera didáctica ciertos aspectos relacionados con los pavimentos. Por ello, se utiliza allí un lenguaje coloquial, intercalado con la exposición de la terminología técnica específica de la materia. Se la piensa direccionada a profesionales e interesados en general que, por no haber tenido la formación básica con que se cuenta en la ingeniería civil, podrían estar llevando acciones en la temática sin una base mínima conceptual. Estas son las razones fundamentales por las cuales sus artículos se encuentran redactados de modo informal, incorporando muchas ideas adicionales entre paréntesis y analogías.

Debido a los comentarios recibidos por algunos lectores, las ideas que fueron surgiendo desde el portal y el interés propio, la sección fue derivando a un nicho conceptual que no cuenta con numerosas publicaciones académicas, muchas veces direccionadas a atender a las vialidades de alta categoría, como lo es el de las vías de bajo volumen de tránsito.

Debido a esta dinámica, los artículos originales se modifican levemente a los efectos de la presente publicación respecto de su redacción original, buscando evitar confusiones en el lector no avezado en la materia.

No obstante, para no traicionar el sentido general de esta compilación de fascículos, se ha respetado el orden con el cual las notas fueron generándose, más allá de que si posiblemente fueran reordenadas de algún otro modo pudieran resultar en una organización conceptual optimizada.

Además, cabe aclarar que los artículos han sido levemente ampliados y reforzados en cuanto a sus referencias e imágenes, de manera tal de contribuir a que el lector que quiera profundizar en algún aspecto en particular cuente con más información al respecto.

Finalmente, vayan los agradecimientos a los compañeros del LEMaC, que aportaron con material o de manera intelectual a través de la revisión crítica de los artículos, por su apoyo de siempre.

Eso es todo y, como decimos en nuestra sección, nos seguimos leyendo.

Dr. Ing. Julián Rivera

Director LEMaC

<https://lemac.frlp.utn.edu.ar/>

ARTÍCULO 26

Pavimentos de hormigón y el uso de acero en los mismos

ARTÍCULO 27

El análisis de las subrasantes naturales y mejoradas

ARTÍCULO 28

Los pavimentos semiflexibles y semirrígidos

ARTÍCULO 29

Los pavimentos, las vías con peajes y ¿quién paga?

ARTÍCULO 30

La compactación de la subrasante, subbases y bases de pavimentos según la tipología de los materiales de la capa

ARTÍCULO 31

La compactación de la mezcla asfáltica

ARTÍCULO 32

Potenciales consecuencias de frenar la obra pública en relación con los pavimentos

ARTÍCULO 33

La cotización de rubros de pavimentación en economías inflacionarias, campo de aplicación de simulación de Monte Carlo

ARTÍCULO 34

Un modelo conceptual para el “mantenimiento vial”

ARTÍCULO 35

Desbastado superficial como intervención en el mantenimiento vial

ARTÍCULO 36

Generalidades del reciclado de material en pavimentos

ARTÍCULO 37

Reciclado de material en pavimentos asfálticos in situ en caliente

ARTÍCULO 38

Reciclado de material en pavimentos asfálticos en planta

ARTÍCULO 39

Reciclado de material en pavimentos asfálticos in situ en frío

ARTÍCULO 40

Reciclado de material en pavimentos de hormigón in situ

ARTÍCULO 41

Demolición de losas en pavimentos de hormigón

ARTÍCULO 42

El bacheo asfáltico (parte 1)

ARTÍCULO 43

El bacheo asfáltico (parte 2)

ARTÍCULO 44

El tomado de juntas y fisuras en pavimentos

ARTÍCULO 45

El refuerzo de juntas y fisuras transversales en pavimentos de hormigón

ARTÍCULO 46

El refuerzo de juntas y el cosido de fisuras longitudinales en pavimentos de hormigón

ARTÍCULO 47

Reparación de espesor completo de losas en pavimentos de hormigón

ARTÍCULO 48

Reparación de pavimentos de hormigón con losas especiales

ARTÍCULO 49

Solución al recrecido de juntas en pavimentos de hormigón

ARTÍCULO 50

La inyección de losas en pavimentos de hormigón

Artículo 26 - Pavimentos de hormigón y el uso de acero en los mismos

En el medio local los pavimentos en vías de bajo volumen de tránsito son de manera mayoritaria del tipo asfáltico y, más específicamente, flexibles (Rivera, 2023). Pero también en ciertas ocasiones se plantean materializarlos de hormigón, por lo que profesionales que no cuentan con una formación acabada en particular necesitan indagar en la temática.

Es común que, previo a esas indagaciones, dichos profesionales asuman, posiblemente por una analogía directa con lo que sucede en el resto de las obras civiles, que esos pavimentos son en su totalidad de hormigón armado. Como esto no es así de modo directo, se decide abordar la temática en el presente artículo, particularizando lo que sucede en las juntas de dichos pavimentos, como un tema asociado que seguramente también aporta a la confusión.

Para comenzar, cabe señalar que no es que no existan pavimentos de hormigón armado, sino que son minoritarios entre los pavimentos de hormigón. Posiblemente quien se haya cruzado con uno de ellos en una vía secundaria, sobre todo en Argentina, pueda percibir que se trata de pavimentos que cuentan con una edad muy avanzada (que puede superar los 50 años). En la región central, estos pueden reconocerse por ofrecer una fuerte resistencia a su trituración, el empleo de agregados que distan notoriamente de los graníticos de trituración de tamaño máximo de 20 a 30 mm usados desde hace ya varias décadas de manera generalizada (Figura 26.1) y con armaduras de barras lisas de bajo diámetro (Figura 26.2). Se trata, como se deduce, de técnicas que pertenecen a otra época, al menos con las características que se describen.



Figura 26.1 Pavimento antiguo que permite observar sus agregados de tamaño máximo elevado



*26.2 Retiro de armadura en pavimento antiguo demolido
(https://resonantmachines.com/es_ES/rubblizing/)*

En contraposición, la mayoría de los pavimentos rígidos que pueden observarse en vías secundarias presentan juntas longitudinales separadas en aproximadamente el ancho de carril (en el entorno de los 3 a 4 m) y juntas transversales separadas entre 12 y 15 pies (aproximadamente de 3,6 a 4,6 metros); sin armaduras en sus losas.

Esta versión de los pavimentos rígidos se reconoce en los países angloparlantes como del tipo JPCP por la sigla de Jointed Plain Concrete Pavement; es decir, pavimentos de hormigón de junta plana (en contraposición con los Continuously Reinforced Concrete Pavement CRCP y los Jointed Reinforced Concrete Pavement JRCP). Los pavimentos JPCP contienen suficientes juntas como para controlar la ubicación de todas las fisuras naturalmente esperadas, haciendo que se produzcan en ellas sin la necesidad de armadura en las losas, al menos durante la vida útil de diseño.

Así vistos, los JPCP no contienen refuerzos con barras de acero. Sin embargo, en su inmensa mayoría en el medio local poseen dispositivos de transferencia de cargas en las juntas transversales, que son de acero normal liso de diámetro cercano a los 32 mm, con una de sus 2 mitades engrasada durante la construcción para permitir los posteriores movimientos de contracción y dilatación (o con un capuchón, muchas veces de PVC, a los mismos efectos), y que llevan el nombre de pasadores. Estos pasadores se colocan en el eje medio de la masa del hormigón montados en caballetes (Figura 26.3) y acompañados por un elemento de debilitamiento superior, cuando se ubican en aquellas juntas transversales de contracción que se generan por aserrado con sierra diamantada durante la ventana de aserrado del elemento de debilitamiento mencionado (Figura 26.4); hasta una profundidad que ronda el tercio superior. A su vez, también son colocados con su mitad adherente en la losa que se materializa en las juntas de dilataciones que se dejan exprofeso (muchas veces cada aproximadamente 100 metros), en espera de la construcción de la próxima losa a partir de su mitad engrasada y con una capsula de expansión en su extremo (Figura 26.5).

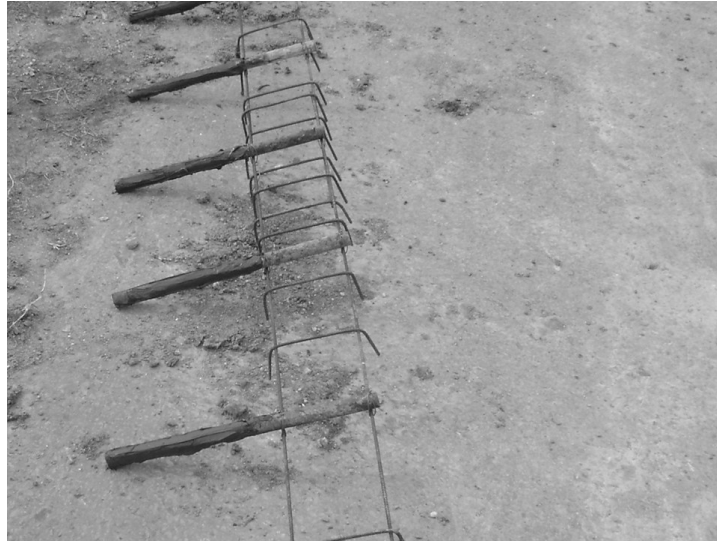


Figura 26.3. Pasadores con caballete de ubicación y mitad engrasados



Figura 26.4. Aserrado de juntas de contracción

En las juntas longitudinales, en cambio, también a la profundidad del eje medio se colocan barras de unión conformadas (Figura 26.6). Éstas adhieren hacia ambos lados, presentando un diámetro habitual de 12 mm.



Figura 26.5. Pasadores en una junta de dilatación previo a ser engrasados



Figura 26.6. Barras de unión en una junta longitudinal

En la Figura 26.7 se observan esquemas de lo mencionado.

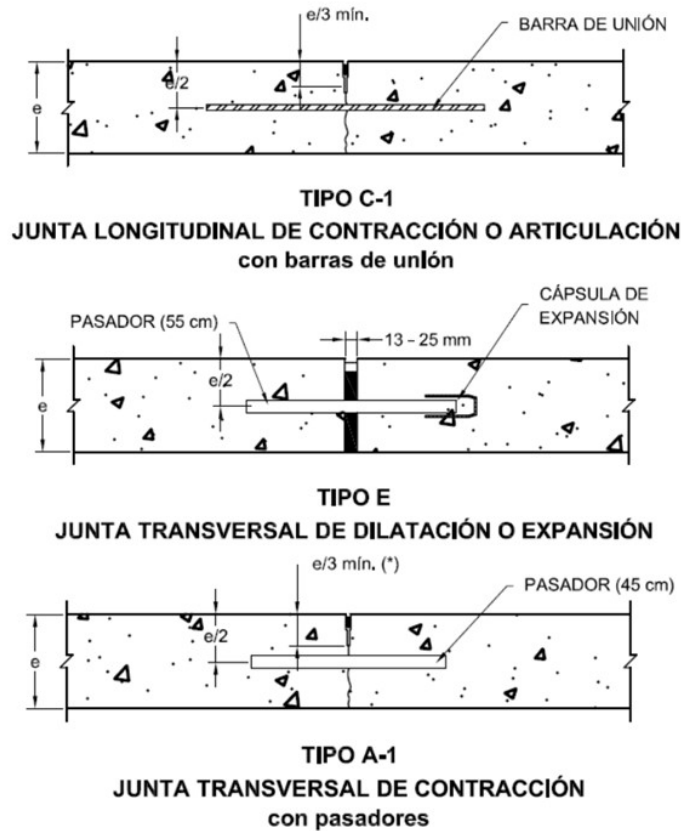


Figura 26.7. Esquemas de DNV de juntas (DNV, 2017)

Mediante esta tecnología se asegura un adecuado comportamiento del pavimento rígido ante los niveles de carga habituales (ICPA, 2016). Solo en casos por fuera de estos, cuando probablemente ya no se trate de vías secundarias (salvo en tramos muy específicos), es cuando se piensa en losas de hormigón armado (Figura 26.8); es decir, tradicionalmente con armadura de repartición o con refuerzo continuo (alternativas motivo de análisis especiales en futuros artículos).



Figura 26.8. Pavimento de hormigón armado (Municipalidad de Olavarría, 2018)

Como siempre, un especialista en la temática debe establecer las conveniencias en tal sentido en cada caso, en busca de la siempre deseada optimización en el empleo de los recursos.

Referencias

DNV (2017). Pliego de Especificaciones Técnicas Generales para Pavimentos de Hormigón. Dirección Nacional de Vialidad.

ICPA (2016). Manual de pavimentos urbanos de hormigón. Instituto del cemento Portland Argentino, ISBN 978-950-677-004-4.

Municipalidad de Olavarría (2018). Pavimento de hormigón armado en calle Centenario Sierra Bayas.

Rivera, J. (2023). Apuntes sobre pavimentos en vías de bajo volumen de tránsito: Tomo I. Editorial edUTecNe, Universidad Tecnológica Nacional.

Artículo 27 - El análisis de las subrasantes naturales y mejoradas

Se ha expresado en artículos previos que los paquetes de pavimento apoyan sobre el terreno natural en lo que se reconoce como la subrasante. En el presente artículo se profundiza en lo expresado, con base en cómo la encara este aspecto quien está a cargo del diseño estructural del pavimento, considerando la posibilidad de que esa subrasante sea natural o mejorada. Para colaborar con la explicación que se realiza, la descripción se efectúa en torno a un simple ejemplo de aplicación.

El tema es el siguiente, cuando quien diseña un pavimento desde el punto de vista estructural interviene en un proyecto de una nueva traza, lo habitual es que cuente con ciertos condicionantes en relación con la adopción de la subrasante de cálculo.

Por un lado, los encargados del diseño geométrico de la obra le imponen un nivel de rasante; es decir, el nivel de la superficie de rodadura. A partir de este nivel, el estructuralista, basado en las condiciones de entorno (demanda, clima, materiales, etc.) y su experiencia previa, desciende una altura que prevé tendrá aproximadamente el paquete estructural en diseño y establece las cotas de la subrasante. Lo señalado se observa en el ejemplo volcado en la Figura 27.1.

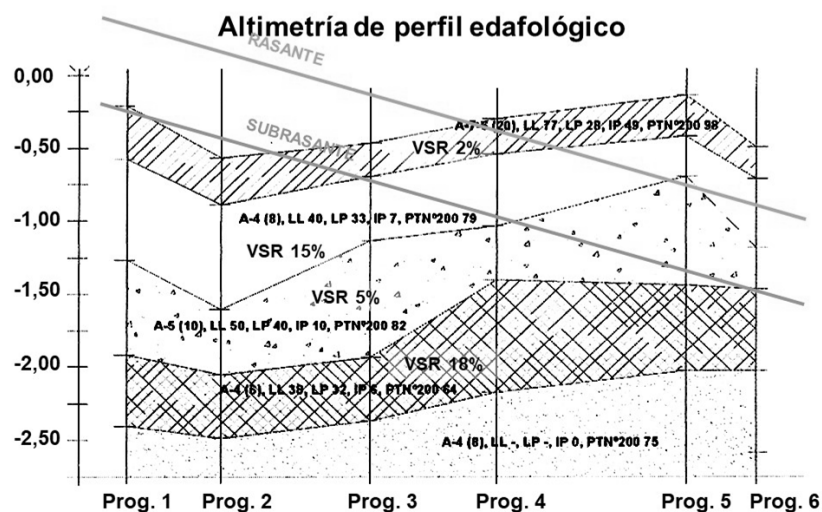


Figura 27.1. Ejemplo de altimetría de un perfil edafológico en un tramo de obra vial

Por el otro lado, tal como se observa también en la Figura 27.1, tendrá impuesta una altimetría de perfil edafológico confeccionada a partir de calicatas y sondeos a tales efectos realizadas.

Adicionalmente, es probable que se pida para todo el tramo considerar una única subrasante de cálculo (no siempre es así, pues en ocasiones se decide utilizar diferentes paquetes estructurales en diversos subtramos), para lo cual los métodos de análisis generalmente establecen tomar un valor medio y aplicar sobre dicho valor un intervalo de confianza asociado a un desvío estándar (asumiendo una distribución normal de esos valores), bajo criterios que involucran el concepto de confiabilidad.

Utilizando el ejemplo de la Figura 27.1, entonces el diseñador observa lo que sucede en la Prog. 3 y encuentra a nivel de subrasante un manto de suelo A-4 (suelo fino de adecuada aptitud vial) en un espesor aproximado de 50 cm, y deduce que ese manto en esas condiciones es efectivamente el de subrasante. Pero cuando observa la Prog. 4 ve que el mismo manto presenta allí solo unos pocos centímetros de espesor, y se pregunta ¿ese espesor escaso basta para que ese manto sea la subrasante o en realidad trabaja como tal el subyacente? Lo mismo sucede cuando considera lo disponible en la Prog. 5.

Con el mismo criterio analiza lo que se presenta en la Prog. 1, pero entendiendo que el suelo disponible A-7-5 resulta de muy baja aptitud vial; por lo que deduce debe indicar reemplazar el manto por otro suelo de mejores características (saneamiento) o su intervención para incrementar su aptitud (mejorado), tal vez a la que presentaría el suelo A-4 subyacente. Es más, cuando analiza la Prog. 2 ve que el nivel de subrasante pasa incluso por encima del nivel actual de terreno natural; correspondiendo claramente a perfiles que deberán rellenarse (terraplenado) luego de un potencial saneamiento superficial, posiblemente también con ese suelo A-4.

Si se considera lo planteado, es probable que el diseñador termine definiendo como respuesta de la subrasante de cálculo al promedio que obtenga entre considerar un suelo A-4 en las Prog. 1, 2, 3, 5 y 6 (pues en estas dos últimas también se presenta un manto de ese tipo de suelo) y el suelo A-5 de la Prog. 4; o que decida mejorar el suelo en

cercanías a esa progresiva para transformarlo en un suelo A-4 y, de ese modo, tomar a esa tipología de suelo como la existente a nivel de subrasante a lo largo de toda la traza.

El tema que debe resolver luego sería cómo establecer para qué respuesta estructural debería realizarse el mejorado de la subrasante o el reemplazo de ésta y en qué espesor. Para ello, existen diversas metodologías de análisis que pueden aplicarse (Thenoux, 2020). Algunas de estas metodologías son de base analítica, como es el caso de la de Odemark (Figura 27.2).

Odemark
 Relaciona el módulo de respuesta en MPa previsto para la subbase (Mr_2) y de la subrasante (Mr_0) mediante un factor F que surge de la expresión $Mr_2 = F \cdot Mr_0$ y:

$$\frac{1}{F} = \frac{0,125}{\left[0,0156 + h^2 \cdot \left(\frac{Mr_1}{Mr_0}\right)^{2/3}\right]^{1/2}} \cdot \left(1 - \frac{Mr_0}{Mr_1}\right) + \frac{Mr_0}{Mr_1}$$

Figura 27.2. Odemark para mejorado de subrasante

Otras recurren al análisis empírico, como la de la curva de la Figura 27.3 establecida por el Departamento de Transporte (DOT, por sus siglas en inglés para Department of Transportation) de Illinois, también en pavimentos que prevén el empleo de una subbase por encima de la subrasante mejorada. En dicha gráfica puede analizarse cómo con subrasante natural de Valor Soporte Relativo (VSR) menor de 6 % se recomienda el empleo de una subrasante mejorada en al menos ese valor, en subrasantes naturales con VSR mayor de 8 % se recomienda no incluir una subrasante mejorada y en valores intermedios el uso del criterio ingenieril para decidir por el empleo o no de la subrasante mejorada; debiéndose materializar en al menos los espesores que se observan (en este caso expresados en pulgadas).

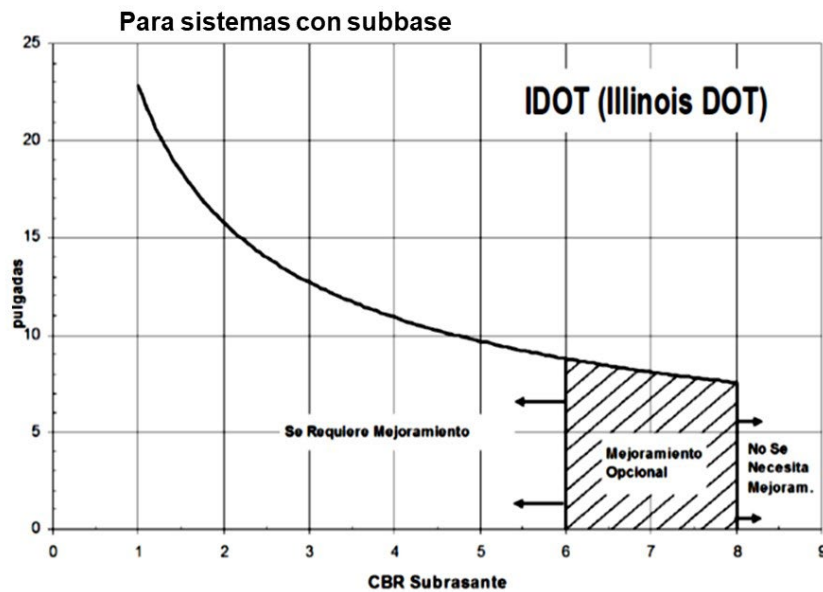


Figura 27.3. Curva empírica para establecer espesor de mejorado de subrasante

No es el propósito de este artículo dar una idea acabada de la consideración de una subrasante en un diseño estructural, pues otros aspectos complementarios se requieren sean analizados en las aplicaciones rigurosas. No obstante, se espera haber introducido algunos conceptos adicionales que permiten en esta sección ir profundizando cada vez más en la temática de pavimentos convocante.

Referencias

Thenoux, G. (2020). Ingeniería de caminos de bajo volumen de tránsito. CAF Banco de Desarrollo de América Latina.

Artículo 28 - Los pavimentos semiflexibles y semirrígidos

Se ha expresado con anterioridad que no todo pavimento asfáltico, entendiéndolo tal como aquel que posee una superficie de rodamiento asfáltica, se comporta de igual modo en lo genérico (Rivera, 2023). En ese momento se simplificaron fuertemente las definiciones para dar lugar a la explicación de otros aspectos relacionados básicos que eran de interés. Corresponde ahora revisar un poco los conceptos volcados, adaptarlos y profundizarlos, como aspecto fundamental de abordaje del presente artículo.

Obsérvese un ejemplo extremo. Si se tiene un pavimento con losas de hormigón que, por razones de calidad de rodadura, es recubierto con una mezcla asfáltica superficial, como puede ser el caso de los microaglomerados discontinuos (sin aporte estructural), fácil es predecir que ese pavimento presenta un comportamiento estructural de pavimento rígido. Por tal razón, aplican para su análisis estructural los principios de ese tipo de pavimentos y no los de un pavimento flexible, más allá de contar con una superficie de rodamiento asfáltica (Figura 28.1).



Figura 28.1. Microaglomerado en frío sobre pavimento de hormigón (<https://www.slurry.org/>)

Pero no siempre la situación es tan notoria. Esto se debe a que, según ciertos autores, se puede considerar una división en al menos tres tipos de pavimentos asfálticos que podrían implicar comportamientos disímiles. En tal sentido, se puede conceptualizar la existencia de los pavimentos asfálticos flexibles, ya mencionados, con superficies asfálticas de no más de aproximadamente 15 cm de espesor que apoyan sobre una base de comportamiento granular, los pavimentos asfálticos semiflexibles como aquellos generalmente con capa asfáltica de un espesor marcadamente mayor a los 15 cm que apoyan sobre una base de comportamiento granular (Figura 28.2) y los pavimentos asfálticos semirrígidos con una superficie de rodamiento asfáltica que apoya sobre una base con más alta rigidez (posiblemente fuertemente cementada) que la habitual (por ejemplo un hormigón pobre). Cabe la aclaración de que no encuadran en estos casos varios de los pavimentos mencionados como semiflexibles o semirrígidos por otros autores, por no presentar condiciones tan extremas como las que se quieren abordar en el presente artículo.



Figura 28.2. Pavimento asfáltico de alto espesor (<https://www.custompavingwi.com/>)

Respecto al uso de la Guía AASHTO'93 (AASHTO, 1993) para un análisis estructural, este aspecto resulta fundamental, pues la misma menciona que posee (más allá de algunos detalles adicionales que no vienen al caso) solo dos modelos de diseño de base

empírica asociados: el modelo para pavimentos rígidos y el modelo para pavimentos flexibles. Los tramos de prueba (*road test*) que dieron lugar a su modelo de pavimentos flexibles presentaron espesores de hasta 15 cm, con bases limitadas en cuanto a su rigidez. De este modo, el empleo de la guía para el análisis de pavimentos “marcadamente” semiflexibles o semirrígidos (en comparación con aquellos claramente flexibles) implicaría una extrapolación de resultados y no una interpolación, como se espera en el empleo de un modelo de fuerte base empírica. En resumen, en dichas aplicaciones se saldría del rango de certidumbre mínimo del modelo empírico desarrollado.

Esto no quiere decir que no se puedan analizar estructuralmente los pavimentos semiflexibles o semirrígidos de acuerdo con cómo se les ha definido en este artículo, sino que, probablemente, no es conveniente hacerlo con el modelo de pavimentos flexibles de dicha guía; algo a lo cual, lamentablemente, en muchos casos no se le presta atención.

En esas situaciones, por ejemplo, sería tal vez más conveniente recurrir a metodologías de análisis que contemplen criterios mecanicistas en mayor grado, de manera tal que la respuesta estructural pueda reflejarse bajo esos parámetros sin mayores inconvenientes. Pero a su vez, al menos con los modelos de mayor disponibilidad en la actualidad, este análisis mecanicista debería estar asociado a adecuados modelos de deterioro con cierta componente de base empírica (es decir, modelos que entiendan sobre los pavimentos semirrígidos y semiflexibles de acuerdo con cómo se definieron); los cuales tampoco abundan y mucho menos calibrados a condiciones locales, más allá de la región para la cual han sido desarrollados.

En conclusión, en esos casos se deben tomar mayores recaudos, al momento de pretender vidas útiles y comportamientos más o menos predecibles en el tiempo, de los que habitualmente se tienen. Conviene, por ello, que quien realiza dicho análisis estructural exprese lo señalado de un modo claro, de manera tal de que las partes intervinientes sean conscientes de las limitantes expuestas.

Referencias

AASHTO (1993). Guide for design of pavement structures 1993. American Association of State Highway and Transportation Officials.

Rivera, J. (2023). Apuntes sobre pavimentos en vías de bajo volumen de tránsito: Tomo I. Editorial edUTecNe, Universidad Tecnológica Nacional.

Artículo 29 - Los pavimentos, las vías con peajes y ¿quién paga?

En oportunidad de lanzar el Portal DOLMEN, felizmente, el segundo número de su revista “Dolmen. El Arte de Construir” (<https://dolmen.com.ar/revista-dolmen-segunda-edicion/>), su director, el Arq. Daniel Carmuega, invita a “...salir de nuestro autismo egoísta y pensar con la mayor grandeza posible cómo reconstruir nuestra patria...”, en relación con el nuevo periodo político iniciado en diciembre de 2023. Para que este deseo pueda concretarse, es probable que se requiera que cada individuo, en lo que le corresponda, cuente con el conocimiento necesario en vistas a sus intervenciones en ese sentido. Es decir, difícilmente se pueda cambiar el mundo circundante si previamente no se lo conoce en relación con las actividades en las que se interviene; al menos en parte.

¿Por qué esta reflexión ahora y en esta sección? Desde hace algunos años en Argentina se viene instalando desde ciertos sectores una idea, probablemente un tanto atrofiada, en cuanto al rol de cada individuo en la sociedad, muchas veces disfrazada con el nombre de “meritocracia” (como si todos tuvieran las mismas facilidades en todo su recorrido) o con frases que encuentran en “el otro desafortunado la causa de todos los males”.

Pero como se sabe, cada uno es “la gente de la otra gente”. Cuando alguien dice “la gente maneja como loca”, no está hablando de seres provenientes de otros planetas, sino de cierta forma de uno mismo como persona individual.

Por lo expuesto, ¿se puede salir de un “autismo” (está claro que se toma como un término descriptivo y no indicativo de un trastorno clínico) si no se conoce en cuanto se demanda y aporta a la sociedad? Y, ¿puede lograrse si no se conoce también cuánto aporta y demanda cada uno del resto, antes de desestimarlos como un par o exaltarlos hasta el infinito? Bien, desde el punto de vista de pavimentos se puede dar una mirada que, seguramente, no es por todos tenida en cuenta.

Para eso, en este como en cualquier otro tema (o en otros aspectos o visiones de este mismo tema), opina quien medianamente, al menos, lo domina, pues sino se cae en

la charla de café; otros de los grandes defectos de estos últimos tiempos. El profesor en psicología José A. Marina Torres lo explica cuando dice que “...lo que es respetable es el derecho a exponer tu opinión sin que haya una inquisición, pero la respetabilidad de las opiniones depende del contenido de las opiniones...”, y agrega “...las opiniones deben venir acompañadas, si quieren que las tomemos en serio, de las argumentaciones de esa opinión...”. El presente artículo tiene como propósito también, como se deduce, dar cumplimiento a esta máxima en cuanto a lo que de él respecta.

El ejemplo, pequeñísimo, con el que se quiere aportar es el de las rutas concesionadas y el sistema de cobro de peajes, llevado de forma un poco tendenciosa a lo que se quiere demostrar. Bajo este sistema, cada uno que circula por una vía dada abona un peaje que se supone representativo de su aporte a la relación beneficio/costo por la operación de dicho tramo vial (desde el punto de vista del transporte se trata de posicionamientos para establecer una tarifa; ya sea desde los costos, los beneficios o una situación que los relacione de algún modo). Así, un camión con acoplado (Categoría 6), según el cuadro tarifario de ejemplo de la Figura 29.1 (podría ser cualquier otro con resultados medianamente comparables), en hora pico paga \$1.200 mientras que un automóvil particular (Categoría 2) abona \$300; es decir, que el camión con acoplado paga 4 veces más que el automóvil.








CATEGORÍAS		NO PICO	PICO
1	 MOTOCICLETAS	\$ 150	\$ 150
2	 VEHICULOS DE PASAJE 2 EJES Y MENOS 3,90 metros de altura y sin tracción delantera	\$ 250	\$ 300
3	 VEHICULOS DE PASAJE 2 EJES Y MAS DE 3,90 METROS DE ALTURA Y SIN TRACCION DELANTERA	\$ 500	\$ 600
4	 VEHICULOS DE PASAJE MAS DE 2 EJES Y MAS DE 3,90 METROS DE ALTURA Y SIN TRACCION DELANTERA	\$ 500	\$ 600
5	 VEHICULOS DE PASAJE MAS DE 2 EJES Y MAS DE 3,90 METROS DE ALTURA Y SIN TRACCION DELANTERA	\$ 750	\$ 900
6	 VEHICULOS DE MAS DE 4 EJES Y MAS DE 3,90 METROS DE ALTURA	\$ 1000	\$ 1200
7	 VEHICULOS DE MAS DE 6 EJES	\$ 1250	\$ 1500

Figura 29.1. Cuadro tarifario de ejemplo en un peaje

¿Cómo se relaciona esto con lo que se viene conversando? Bien, como ciudadanos es habitual escuchar que solo una parte de la población es la que “mantiene a todo el resto”, como una excusa indiscutible para privatizar o cerrar tal o cual actividad que efectúa la otra parte de la población; ese es, posiblemente, uno de esos claros indicios de un autismo egoísta. Típicamente, adicionalmente, entre esos roles se suelen cruzar aseveraciones en cuanto al desempeñado desde lo privado o desde lo público, como si hubiera una relación unívoca entre los papeles de una aseveración y otra. Cualquiera con un poco de conciencia social sabe que esto no es así (¿se puede pensar acaso en una justicia privada?). Dar valor numérico al ejemplo permite ver qué tan errónea puede ser dicha consideración.

Para eso, se pueden particularizar los protagonistas del comparativo de una manera extrema, sin eufemismos. Como representante del primer grupo se toma al “sojero”, como aquel que es quien realmente gana con dicha explotación (nada tiene que ver ni con el transportista ni con el ruralista involucrado); desplazando con el camión con acoplado un total de 45 toneladas (cumpliendo así lo establecido por ley, aunque se sepa que muchas veces transportan carga en exceso). Por otro lado, como representante del segundo grupo, se toma a la “maestra rural” que circula con su vehículo particular que desplaza 2 toneladas. A los efectos del cálculo se considera que tanto uno como el otro hacen uso de la vía en una misma frecuencia, abonando la tarifa completa. Se sabe que existen algunas razones para que esto no sea en lo general así, pero admítase la salvedad para poder conducir el análisis; dado que al fin y al cabo esto no tiene ninguna importancia respecto de lo que se desea demostrar. Nuevamente, puede existir quien considere que lo expresado es tendencioso, pero es necesario tomar al menos por un rato esa licencia para pensar *con la mayor grandeza posible cómo reconstruir nuestra patria*.

¿Quién se supone “subsidiado” a quién, como para utilizar otro término en boga, en los roles particularizados? Seguramente todos dirán que es el sojero el que le “paga” el sueldo a la maestra. No se quiere negar con lo que sigue del artículo el muy importante aporte de éste en lo económico por medio de variados impuestos, los cuales muchas

veces también la maestra paga en la proporción que le corresponde (cada vez que uno de ellos compra un kilo de azúcar, paga lo mismo de IVA), sino que se señala el tono despectivo de ciertas aseveraciones. Pero ¿y si se analiza desde el punto de vista de los pavimentos en un sistema de cobro de peaje?

Bueno, tal vez una herramienta útil sea el modelo de AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) que permite hacer comparables los poderes destructivos de ambos vehículos respecto del pavimento; eso señalado en términos de ejes equivalentes. Para eso, en la Figura 29.2 y la Figura 29.3, para el camión con acoplado y el vehículo particular respectivamente, se han tomado una serie de parámetros idénticos en un pavimento flexible dado mediante el software PAS5 (de la American Concrete Pavement Association), obteniéndose un total (para una unidad de tiempo determinada) de ejes equivalentes de 43.774.363 y 2.716 (en la Figura 29.2 el camión se ha cargado como 2 vehículos por separado para sumar en definitiva el paso de los 5 ejes considerados). La lectura que se debe realizar es la relación entre ambas cifras, interpretándola como que, en este caso en particular, cada vez que pasa por la vía un camión con acoplado es como si estuvieran pasando 16.117 automóviles particulares. Para aquel técnico que quiera corroborar el análisis, se ha considerado un volumen diario de 1.000 veh durante 15 años (como para obtener un entorno de resultados que torne los decimales en despreciables), un SN de 5, una serviciabilidad final de 2,5 y al camión con acoplado como un C11111 (un eje direccional de 6 toneladas más 4 ejes de carga de 9,7 toneladas para cumplir con el máximo total de 45 toneladas, expresadas en kilolibras).

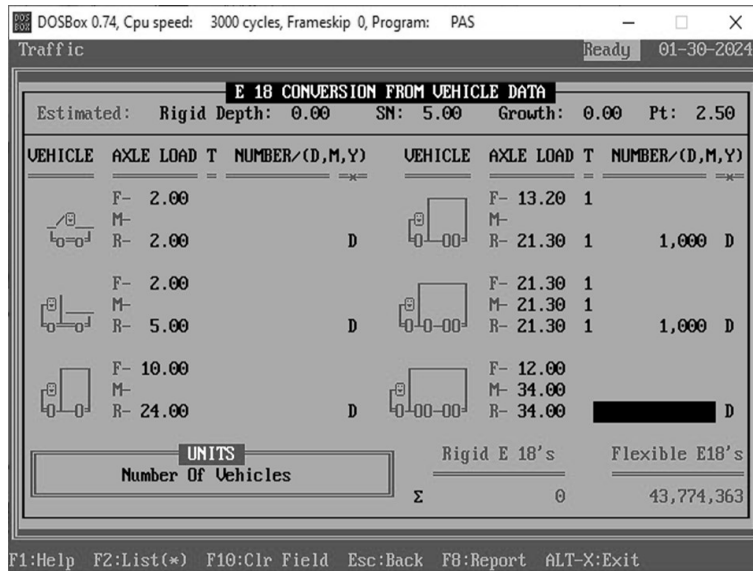


Figura 29.2. Análisis de paso de camión con acoplado con PAS5 para una vía dada

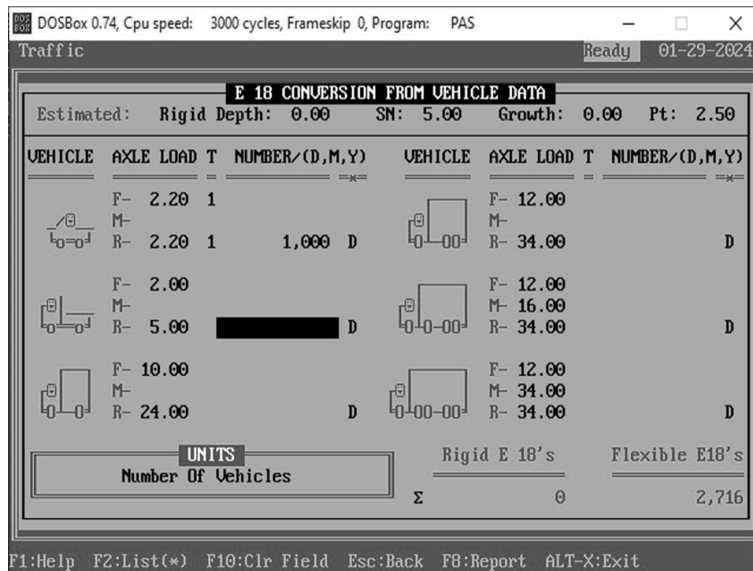


Figura 29.3. Análisis de paso de automóvil con PAS5 para una vía dada

Es claro que el poder destructivo sobre el pavimento no es el índice determinante de la tarifa de peaje (por eso se menciona desde un principio la necesidad de un balance de los criterios de beneficio y costo), pero también lo es el hecho de que se trata de un indicativo de importancia relativa y fundamental.

Por ello, y en un abuso de este análisis numérico, podría pensarse en que un sistema basado solo en costos (al menos en lo referido al pavimento propiamente dicho), cada vez que al automóvil de la maestra se le cobra por peaje \$300, al camión del sojero se le debería cobrar \$4.835.100 (es decir, 16.117 veces más). Como eso no sucede ni por asomo, y hasta que no se vea hordas de sojeros protestando para que les aumenten el peaje de \$1.200 a \$4.835.100 (o a \$483.510, o \$48.351 o \$4.835, si es que se consideran porcentajes decimales de aporte del costo de los pavimentos respecto de la tarifa), sería dable seguir pensando que la idea que muchos tienen sobre la meritocracia propia (o de algunos de los componentes de la sociedad a los que son afines) es falaz y que siempre es adecuado darse la chance de estimar en modo positivo el rol de todo el resto de los individuos de esa sociedad para *“...salir de nuestro autismo egoísta y pensar con la mayor grandeza posible cómo reconstruir nuestra patria...”*.

Podría suponerse que la temática tratada en este artículo se encuentra por fuera del alcance de las vías de bajo volumen de tránsito, debido a que, difícilmente, en una de ellas exista un sistema de peaje establecido. Pero, como se deduce al reflexionar con una visión de mayor alcance, lo que está en juego aquí son los conceptos de “servicio público” y “bien común” relacionables, que finalmente involucran a toda vialidad.

Artículo 30 - La compactación de la subrasante, subbases y bases de pavimentos según la tipología de los materiales de la capa

Como ya se ha expresado, los materiales constituyentes de la subrasante, subbases y base de un pavimento requieren generalmente de su mejora o estabilización para alcanzar la aptitud vial mínima requerida en cada una de esas capas (Rivera, 2023).

En relación con lo comentado, en forma genérica, puede considerarse que cada tipo de material presenta una tipología propia óptima de mejora o estabilización, de acuerdo con sus características intrínsecas y los costos asociados a las tecnologías (materiales y equipos) disponibles en tal sentido. A manera ilustrativa, en la Figura 30.1 se observa un esquema de los campos óptimos de aplicación de cada una de éstas; desprovisto de valores límites, pues diferentes autores no son totalmente coincidentes en cuanto a los entornos numéricos de recomendación, lo cual es suficiente para los alcances del presente artículo.

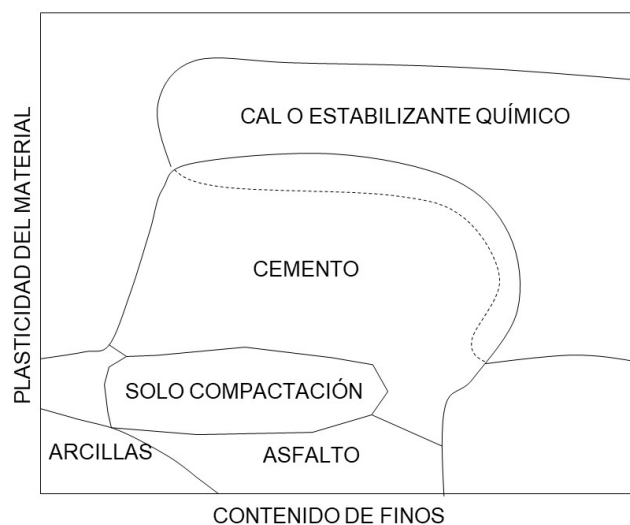


Figura 30.1. Entornos relativos óptimos de aplicación de las técnicas de mejora y estabilización de materiales para subrasantes, bases y subbases de pavimentos

Más allá de que todas estas tecnologías poseen como tarea final la compactación de la capa hasta valores de referencia, puede verse en la Figura 30.1 cómo, incluso para ciertos tipos de materiales, la propia compactación puede considerarse como una técnica de mejorado o estabilización. Esto demuestra la importancia de la temática, razón por la cual se la selecciona para su abordaje en esta oportunidad.

Lo primero a señalar es que el compactar una capa le confiere estructura por consolidar el contacto entre sus partículas y simplificar las potenciales reacciones que se generan entre estas y otros materiales que se adicionen, a la vez que se disminuye su compresibilidad; razón por la cual ciertos deterioros presentan una curva menos acentuada de evolución.

Dado lo comentado, es que se han desarrollado diversos equipos que en obra implican diferentes formas, aisladas o combinadas, de compactación. Entre estas formas se pueden mencionar las de compactación estática, por amasado, por golpe, con vibración o por oscilación.

Pero no todo material reacciona de un mismo modo a una forma de compactación, pues estos presentan una frecuencia natural para la cual se densifican de mejor modo, por decirlo de alguna manera.

Así, se tiene que el rodillo pata de cabra (Figura 30.2) otorga una compactación por amasado, que resulta óptima en suelos finos; compactando desde la fibra inferior hacia la superior. Esto se demuestra en el esquema de la Figura 30.3, en el que se observan compactogramas típicos obtenidos con este tipo de rodillo para diversas tipologías de suelos; destacándose cómo en aquellos más finos se tiene mayor horizontalidad de la curva a menor número de pasadas. De este modo, aunque lográndose típicamente menores densidades, se deduce como resultado de manera más rápida los valores cercanos a los máximos en dichos suelos.



Figura 30.2. Rodillo pata de cabra de arrastre

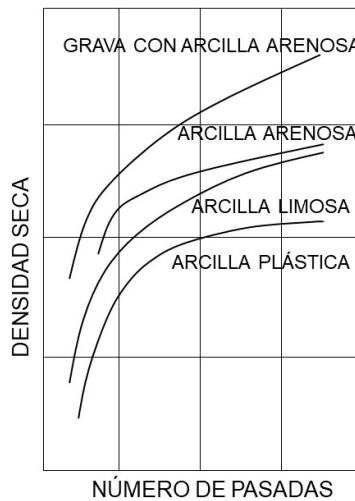


Figura 30.3. Compactogramas de diferentes suelos con pata de cabra

Este mismo efecto se obtiene en materiales un poco más gruesos con el rodillo neumático, muchas veces utilizado de manera combinada con el rodillo pata de cabra o con el rodillo liso, como se observa en la Figura 30.4.



Figura 30.4. Rodillo neumático autopulsado, combinado con rodillo liso

Este último, implica mayor grado de compactación estática, por lo que tiene su campo óptimo de empleo de materiales granulares (Figura 30.5). Se caracteriza por compactar desde la fibra superior hacia la fibra inferior; lo cual puede constatarse cuando para casos particulares se realizan gráficos como los de la Figura 30.6, en los que se observa el coeficiente de compactación alcanzado (relación entre la densidad seca obtenida y la densidad seca de referencia) a diferentes profundidades.



Figura 30.5. Rodillo liso doble

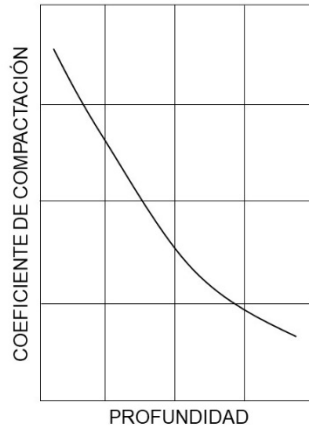


Figura 30.6. Coeficiente de compactación versus profundidad, mediante rodillo liso

Sobre todo, ante ciertos espesores y presencia de grava, la eficiencia en el uso de estos rodillos puede ampliarse al utilizar los sistemas de vibración con los cuales algunos vienen provistos (Figura 30.7); obteniéndose incluso menores humedades óptimas de compactación.

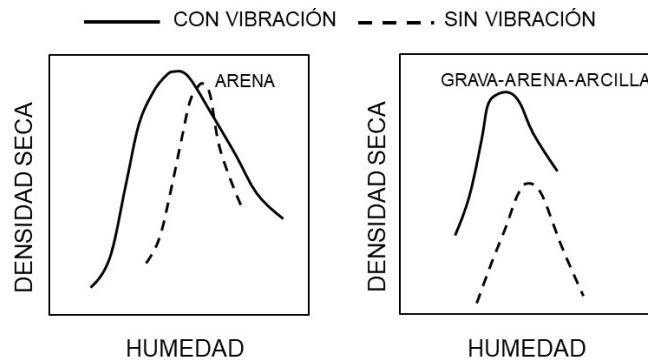


Figura 30.7. Uso de sistemas vibratorios de compactación en diferentes materiales

Aunque también existen sistemas más complejos que permiten aplicar oscilación en lugar de vibración (Figura 30.8). Estos sistemas se asocian a gráficos de “sacudidas por resonancia” como los de la Figura 30.9, que demuestran lo adecuado de emplear los sistemas de oscilación en zonas con construcciones laterales cercanas que pudieran verse afectadas (por ejemplo, en cascos urbanos céntricos) o con pases de cañerías de instalaciones subyacentes (agua, electricidad, telefonía, etc.).

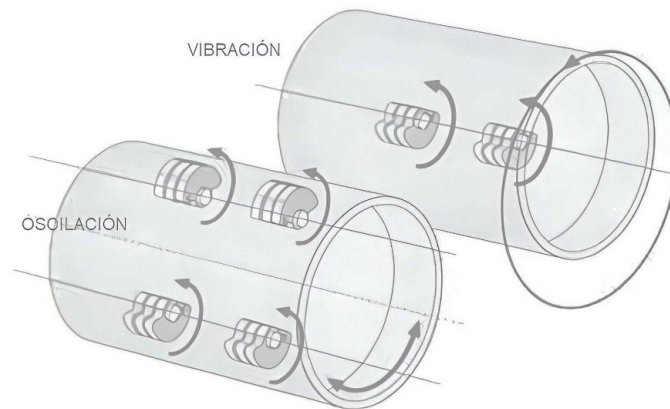


Figura 30.8. Sistemas de vibración y oscilación en rodillos lisos (dynapac.blog)

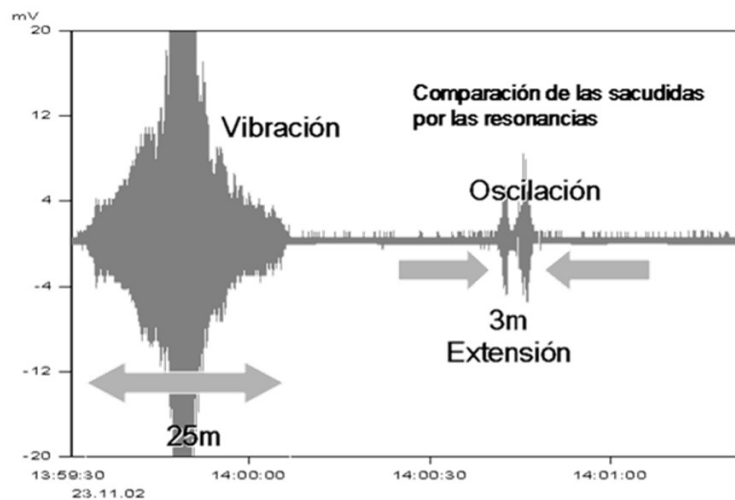


Figura 30.9. Gráficas de resonancia de sistemas de compactación con vibración y oscilación (dynapac.blog)

Como se deduce, una base conceptual adecuada, sumada a la experiencia, es necesaria para conducir de buen modo una compactación óptima de las capas abordadas.

Referencias

Rivera, J. (2023). Apuntes sobre pavimentos en vías de bajo volumen de tránsito: Tomo I. Editorial edUTecNe, Universidad Tecnológica Nacional.

Artículo 31 - La compactación de la mezcla asfáltica

En el artículo anterior se han señalado una serie de particularidades, a nivel genérico tan solo, de la compactación de las capas de subrasante, subbase y base. En el presente artículo se abordan aspectos similares, pero relacionados con la capa asfáltica de rodamiento en un típico pavimento asfáltico de una vía de bajo volumen de tránsito.

Para particularizar de buen modo en la temática, se decide mencionar lo relacionado con lo que sería la tipología de mezcla asfáltica utilizada en la inmensa mayoría de las intervenciones, sobre todo cuando estas se dan sobre este tipo de vías. Se trata de las mezclas asfálticas densas en caliente (Rivera, 2023). Valga la aclaración, pues lo manifestado aquí puede tener expresiones radicalmente diferentes cuando se aborda para otros tipos de mezclas, más habituales en vías con mayor nivel de sollicitación de tránsito.

Como fue expresado, en estas vialidades, dichas mezclas se materializan con cementos asfálticos convencionales, en cuyo caso las experiencias indican que la compactación se logra de buen modo con el uso combinado de rodillos lisos y rodillos neumáticos. El comentario viene a cuenta, pues esa misma experiencia indica que en mezclas de este tipo, pero desarrolladas a partir de asfaltos modificados, es probable que el empleo de los rodillos neumáticos sea contraindicado, por acarrear en ocasiones el desprendimiento superficial de la mezcla.

Puede mencionarse, para marcar una diferencia respecto de cuando se utilizan en las capas subyacentes, la conveniencia de que los rodillos neumáticos cuenten con un sistema de protección mediante lonas laterales que impidan la pérdida de temperatura, tal como se observa en la Figura 31.1. Los rodillos lisos, por su parte, deben contar con un sistema que evite la adherencia con la mezcla que se está compactando, lo cual se logra en la generalidad de los casos utilizando agua de un modo no excesivo, Figura 31.2 (ver la fina capa de agua escurriendo por el rodillo).



Figura 31.1. Protección con lona de un rodillo neumático



Figura 31.2. Empleo de agua para evitar adherencia en un rodillo liso

El orden de ingreso de estos equipos y la cantidad de pasadas óptimas, en planes de pavimentación u obras de gran extensión, se verifica en un tramo de prueba. Esto se debe a que no puede generalizarse en tal sentido debido a toda una serie de variables que pueden registrarse en cuanto a la terminadora empleada y nivel de compactación logrado,

los pesos y tipologías en específico de los rodillos utilizados, el uso o no de vibrado u oscilación, el espesor de la capa asfáltica colocada, etc.

Más allá de eso, dado que se trata de vías de bajo volumen de tránsito, con vida útil no demasiado pretenciosa, es probable que se empleen bajos espesores de mezcla asfáltica, se disponga de rodillos de peso cercano al mínimo recomendable de 8 toneladas y se cuente con terminadoras que no permiten alcanzar altos coeficientes de compactación. En dichos casos, lo habitualmente observado es el empleo de un par de pasadas iniciales con el rodillo liso (Figura 31.3), una compactación más fuerte con el rodillo neumático (Figura 31.4, ver como la primera pasada del rodillo liso afecta el espesor dejado por la terminadora, indicando bajo nivel de compactación de ésta) y una compactación final, con mejora de la conformación superficial, lograda con nuevas pasadas del rodillo liso (Figura 31.5, ver como al fondo se observa el rodillo neumático compactando y la terminadora).



Figura 31.3. Ingreso de rodillo liso inmediatamente después de la terminadora



Figura 31.4. Primera compactación con el rodillo liso e ingreso del rodillo neumático



Figura 31.5. Al fondo rodillo neumático compactando e ingreso final del rodillo liso

Lo importante en todo esto es lograr un adecuado coeficiente de compactación que surja de densidades homogéneas independientemente de la ubicación en cuanto al espesor total, y que haya sido logrado sin que se provoque la trituración de agregados ni el desplazamiento de la mezcla en su conjunto sobre la base (arrollamiento), generándose fisuras como la de la Figura 31.6.

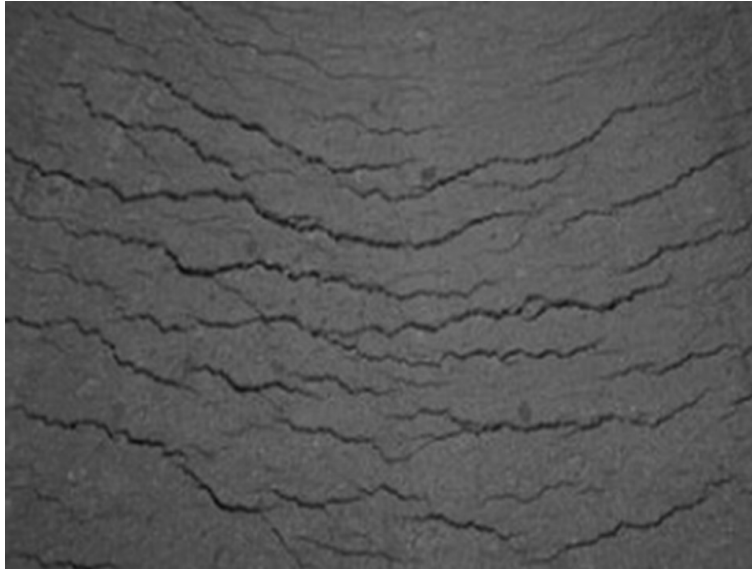


Figura 31.6. Fisuras por inadecuada compactación de la mezcla asfáltica

Esta compactación debe generarse en el rango de temperatura óptimo establecido para el cemento asfáltico utilizado a partir de su caracterización en laboratorio. En caso de que no se cuente con estos datos de manera específica, conviene utilizar como de referencia las temperaturas límites empleadas con éxito en la zona de obra con esa tipología de asfalto. En la región central de la Argentina dichas temperaturas se ubican para los asfaltos CA-30 entre los 120 y los 140 °C, debiéndose evitar todo tipo de operación por debajo de los 100 °C. Este aspecto es de particular interés, pues no es dable pensar en lograr las densidades de referencia a partir de una sobrecompactación de la capa a temperaturas por debajo de las indicadas. Esto puede que no solo no genere el comportamiento deseado mediante una adecuada compactación, sino incluso menores vidas útiles por acumulación de tensiones internas y exceso de sollicitación de los agregados que constituyen la mezcla.

Toda otra serie de aspectos de consideración existen para guiar una adecuada compactación de estas capas asfálticas, los que exceden el alcance del presente artículo. Se recomienda a aquellos encargados de la toma de decisiones en tal sentido, profundizar en los mismos en la extensa bibliografía de referencia existente.

Referencias

Rivera, J. (2023). Apuntes sobre pavimentos en vías de bajo volumen de tránsito: Tomo I. Editorial edUTecNe, Universidad Tecnológica Nacional.

Artículo 32 - Potenciales consecuencias de frenar la obra pública en relación con los pavimentos

Se asiste actualmente a una postura gubernamental a nivel nacional inédita, mediante la cual se propugna, incluso con mensajes de orgullo en tal sentido, la eliminación de la obra pública, bajo el pretexto de que es un reducto de la corrupción (ref.: discurso presidencial ante el Foro Económico Internacional de las Américas 2024). El presente artículo no pretende discutir si esto es así o no; más allá de que valdría la pena reflexionar si es válido que una gestión elimine lo que presenta inconvenientes en aquello que gestiona o si su rol no es, justamente, el de ver de solucionar esos inconvenientes (tanto en obra pública como en cualquier otro tema que sea). Esto no es una cuestión de plazos en cuanto a si pasaron tantos meses de gestión o no, sino un problema conceptual. Déjese esto de lado y véase qué se puede decir desde los pavimentos al respecto.

En tal sentido, vale la pena analizar una definición sintética de “obra pública”, sin intentar abordar el concepto de un modo que puede ser ampliamente superado por profesionales del derecho, en cuanto a que se trata de “todos los trabajos en relación con infraestructura promovidos por una administración de gobierno y que tienen como objetivo el beneficio de la comunidad”; en oposición a la obra privada, también muy valiosa, por cierto, que no tiene a éste como un objetivo ineludible (http://www.obrapublica.com/articulos/cuando_es_publica_una_obra.pdf). De aquí en más el artículo se desarrolla teniendo en cuenta esta estructura conceptual, que podría ser reestructurada en análisis más complejos, que escapan a su alcance.

Este concepto de obra pública se diferencia así de otro asociado que puede dar a confusión, que sería, por englobarlo de algún modo, el de “contratación de la obra pública”. Así, cabe ver que iniciativas como, por ejemplo, la llamada “participación público-privada” son casos particulares de obra pública y no de obra privada, pues

subsiste el beneficio de la comunidad como un requisito necesario (<https://www.argentina.gob.ar/jefatura/ppp/preguntasfrecuentes>).

Como uno de los motivos de esta sección, según ya se ha mencionado varias veces, es superar la “charla de café” respecto de los pavimentos, se ajusta el artículo a estas definiciones, dando por superada la posibilidad de las confusiones mencionadas.

Así planteado el tema, la única alternativa a la obra pública es la obra privada, para la cual no es necesario el beneficio de la comunidad, sino que debe tenerse un beneficio respecto de la inversión directamente efectuada por el privado; si no, no tiene razón de ser. Claro es que no toda red vial presenta tales potenciales beneficios si el privado busca recaudar, por ejemplo, mediante un sistema de peaje. Por eso existe el concepto de la prestación de un servicio público, como podría ser el del transporte automotor de pasajeros, que implica en un mismo combo itinerarios y horarios que dan beneficio como los que no, más allá de la política de cánones, impuestos y subsidio que pudiera existir asociada. Por lo tanto, según el área en estudio, diferentes proporciones y categorías de vialidades no son factibles de tratarse con obra privada.

Incluso en Estados Unidos, indiscutible líder en cuanto al respeto de las actividades privadas, se entiende que esto es así, es por eso por lo que allí cada estado tiene su DOT (Department of Transportation), entre cuyas finalidades está la de atender sus redes viales. Es más, el U.S. DOT, que es un departamento del Gabinete Federal del gobierno de los Estados Unidos, describe que tiene como misión a *“...Ofrecer el sistema de transporte líder en el mundo, que sirva al pueblo y la economía estadounidenses a través del movimiento seguro, eficiente, sostenible y equitativo de personas y bienes...”* (<https://www.transportation.gov/about>). Es decir, obra pública para el interés público y gestionada por un órgano gubernamental.

Lo planteado y adoptado en los párrafos anteriores no es consecuencia de una deducción antojadiza, sino que surge de toda una base de conocimiento generada a partir de investigadores que, de manera particular, han abordado la temática exhaustivamente. Una base que se puede discutir, pero superando el nivel de la “charla de café” ya mencionado. Parafraseando a Ricardo Forster (filósofo, pensador, escritor y profesor

argentino), todo puede y debe discutirse para escuchar al otro y alimentar así el conocimiento; pero eso no significa que puede ponerse en el mismo plano la opinión que de ese conocimiento surge en una persona que estudio rigurosamente una temática durante años, en contraposición con la de alguien que no le ha dedicado al tema ni medio minuto y que opina en particular solo por el hecho de ratificar sus creencias, políticas o cuales fueran.

Supóngase, no obstante, que todo lo expresado no bastara para convencer de la necesidad de continuidad de la obra pública en relación con pavimentos. Existe, entonces, otro argumento que se debe considerar. Se relaciona con el hecho de que sería tal no solo la obra nueva, sin la cual es probable que alguno de los lectores crea que se puede vivir (déjese esto para un próximo artículo), sino también las de conservación, rehabilitación y reconstrucción; pues, al fin y al cabo, todas ellas mantienen el “beneficio de la comunidad” como finalidad.

Si se repasa lo ya analizado en el Artículo 019 del Tomo I, y la Figura 32.1 oportunamente allí volcada, se puede recordar que todo pavimento de una vía de bajo volumen de tránsito va a pasar en algún momento, aunque sea conservado continuamente (al menos con la tecnología disponible y le pese a quien le pese), por la necesidad de instancias de rehabilitación y reconstrucción (Rivera, 2023).

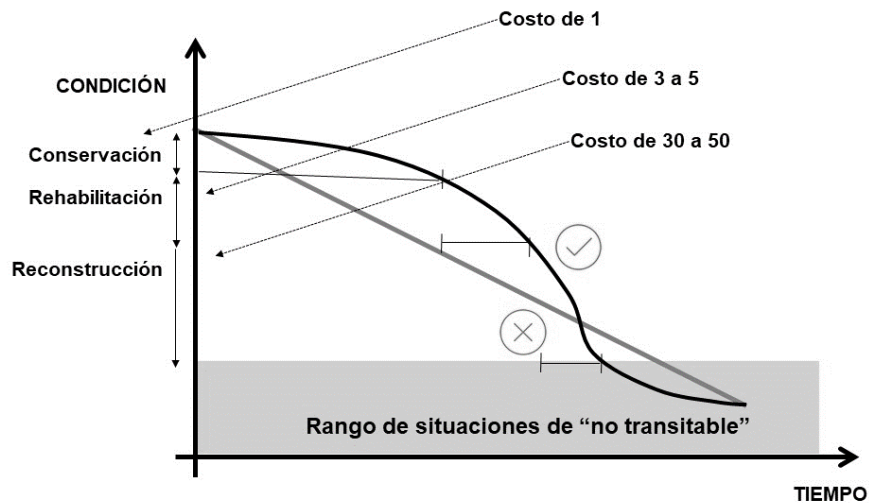


Figura 32.1. Intervenciones, ventanas de aplicación y proporcionalidad de costos

En el artículo mencionado se explica por qué no todo deterioro de un pavimento es “conversable” ni “rehabilitable” y que, a mediano y largo plazo, toda vialidad requiere intervenciones de reconstrucción. Por ello, técnicamente, el tema se reduce a decidir qué hacer ante lo voluminoso de los requerimientos y lo genéricamente escaso de los recursos. Lo cual, implica acciones que acercan el análisis a la decisión óptima, teniendo en cuenta que diferir una intervención, técnicamente, lleva a mayores costos de manera no proporcional. Esto no puede evitarse, aun cuando la demanda vehicular se reduzca al mínimo, pues incluso la solicitación ambiental (temperatura, lluvia, viento, etc.) lleva tarde o temprano a los niveles de deterioro asociados.

Súmese a lo expresado que, hasta tanto se llegue a lo intransitable de los diferentes tramos, se tienen costos de operación en aumento, debido de manera directa a la variación del deterioro del pavimento (por ejemplo, reflejados en mayores costos directos para los particulares y mayores componentes de costos de transporte en las compras de esos particulares en cuanto a alimentación, educación, vestimenta, producción, etc.) y la destrucción de los sectores productivos asociados (empresas constructoras viales, proveedores de materiales, proveedores de equipos, etc.), con su consecuente aporte al incremento de la desocupación. Como un ejemplo de lo citado, en marzo de 2024 la venta de cemento asfáltico es, en volumen, de aproximadamente un 75 % menos que la del año anterior a la misma altura.

En resumen, sin obra pública en cuanto a pavimentos, el único resultado esperable es la “intransitabilidad” (entendiendo al tránsito como una expresión particular del transporte, dado por una vialidad) y, si quiere matizarse para no llegar a tal extremo, con cualquier dilación en tal sentido, el único resultado esperable es una mala decisión económica.

Por si a alguno le quedan dudas, en todo el resto de las tipologías de obras públicas lo mismo puede señalarse, pero queda por fuera del alcance de este artículo. Tal vez algún colega con experiencia en otros rubros quiera tomar la posta y explayarse en esas temáticas también.

Referencias

Rivera, J. (2023). Apuntes sobre pavimentos en vías de bajo volumen de tránsito: Tomo I. Editorial edUTecNe, Universidad Tecnológica Nacional.

Artículo 33 - La cotización de rubros de pavimentación en economías inflacionarias, campo de aplicación de simulación de Monte Carlo

Ante realidades inflacionarias, como las recurrentes en Argentina, la cotización de los diversos rubros de una obra vial posee un grado de incertidumbre en cuanto a cuál sería el beneficio esperable para la empresa proveedora, adicional a los que comúnmente se asumen por la variación de rendimientos.

Esto se debe, principalmente, a la existencia de un plazo lógico desde la cotización de una provisión dada hasta su efectiva ejecución y pago, y a situaciones en donde, por tratarse de sistemas rígidos de contratación, los presupuestos no son modificables una vez presentados.

La causa de esto reside en que, si bien es posible estimar una tasa de inflación mensual esperable, que quien provee la incluye prorrateada de algún modo en su presupuesto, ésta se refleja en todos los recursos de manera más confiable y homogénea en plazos que exceden notoriamente a los habitualmente registrados en el ramo para este lapso entre el presupuesto y el efectivo pago.

El método de simulación Monte Carlo ofrece una opción de análisis en tal sentido, ya que permitiría la obtención de la distribución probabilística del Beneficio esperable, en función de la inclusión de distribuciones probabilísticas para el incremento de los costos de los recursos en forma individual. Luego, gracias a esa distribución, podrían establecerse los intervalos de confianza para distintos umbrales de Beneficio; disminuyéndose el grado de incertidumbre de quien confecciona el presupuesto por parte del proveedor.

Pero el empleo de este método no es de uso habitual en la ingeniería vial, pues se lo considera más relacionado con el área de las ciencias económicas, no obstante resultar de sencilla aplicación.

El presente artículo aborda la temática planteada, intentando acercar a la ingeniería vial una visión particular en cuanto al empleo del método de Monte Carlo. Se basa en su aplicación a nivel de ejemplo en relación con la provisión de mezcla asfáltica en caliente, de modo tal que luego pueda ser extrapolable a otros rubros.

La simulación de Monte Carlo es una técnica de análisis que combina conceptos estadísticos (muestreo aleatorio) con la capacidad que tienen las computadoras de generar números pseudo-aleatorios y automatizar cálculos (Faulin & Angel, 2005). La técnica se aplica en el análisis y evaluación de negocios y toma de decisiones que involucran riesgo en condiciones de incertidumbre.

El método de simulación Monte Carlo para efectuar un análisis de riesgo consiste en asignar distribuciones de frecuencias a las variables del modelo que tienen riesgo y, posteriormente, generar números aleatorios acordes a esas distribuciones, “simulando” el comportamiento que se considera que tendrán en el futuro. De esta manera es posible darle más realismo al modelo, obteniendo resultados más confiables a la hora de tomar una decisión.

Tradicionalmente, los análisis de riesgo se efectúan estudiando escenarios estáticos y unidimensionales (por ejemplo, un escenario pesimista, uno medio y uno optimista) prediciendo solo un resultado al sensibilizar las variables. La simulación de Monte Carlo permite, por lo ya expuesto, completar ampliamente este enfoque incorporando dinamismo al estudio, obteniendo no solo los puntos extremos sino todos aquellos escenarios que se encuentran en el medio. De este modo se puede estimar cuál es la probabilidad de que un proyecto de inversión sea rentable.

Los análisis pueden llevarse a cabo mediante simples planillas de cálculo dotadas de la herramienta de simulación asociada, en la que se individualizan los recursos que son factibles de verse afectados en mayor o menor medida por la inflación, los cuales para el caso de ejemplo del costo de la tonelada de mezcla asfáltica podrían ser los \$/hora del personal afectado, los \$/tonelada de los materiales componentes de la mezcla, los \$/litro en planta de los combustibles empleados para el funcionamiento de la planta elaboradora de la mezcla y los costos de los equipos en sí por su depreciación e implicancias

financieras (balanza, cargadores frontales de materiales a la planta, depósito de asfalto en caliente y planta asfáltica propiamente dicha).

Como paso siguiente resta establecer cuáles serían las variables de entrada del sistema a ser simulado, entendiendo a las mismas como aquellas partidas, factores, índices, etc., que se cree que tienen un comportamiento aleatorio. Ese comportamiento aleatorio responde a una cierta distribución probabilística, cuya forma es aquella que mejor se ajuste a sus características intrínsecas. El análisis del problema en particular permite establecer que la variable de entrada es el incremento porcentual de costos mes a mes.

Para establecer la distribución probabilística de este incremento porcentual mensual, se recurre al análisis de series históricas relacionables en tal sentido, lo cual permite obtener los estadísticos principales que permiten describir tal distribución. Estos estadísticos posibilitan luego plantear diversos escenarios de simulación, para distintos intervalos (en meses) entre la confección del presupuesto y la provisión efectiva y pago de la mezcla asfáltica.

Con la planilla así confeccionada se fijan las variables de salida, que son aquellas de las cuales se pretende estudiar su comportamiento, siendo indispensables para obtener la información que sirva de apoyo para la toma de decisiones. En este caso, las variables de salida seleccionadas son los Beneficios porcentuales respecto del precio de venta al público en los distintos escenarios, los cuales son fijados al presupuestar. El Beneficio surge en cada escenario al descontar del precio de venta al público el costo de producción simulado, que es variable en función de los valores que tomen las variables de entrada, y el resto de los descuentos (gastos generales, gastos financieros, impuestos, etc.).

Con los resultados de las variables de salida de todas estas simulaciones se construyen sus distribuciones probabilísticas, a partir de las cuales pueden ejecutarse los análisis correspondientes para la toma de decisiones. Realícese así el desarrollo del ejemplo.

Para establecer la distribución probabilística de las variables de entrada, se puede utilizar como indicativo el del Índice de Costo de la Construcción (ICC), para el rubro de

Movimientos de Suelos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC), que resulta el más relacionable con la misma de entre los que el INDEC pone a disposición en tal sentido.

A partir de la serie histórica de este dato se establece la tipología de distribución que mejor refleja la variable analizada. Para este caso en particular se ha establecido que esta distribución es la normal (Rivera et al., 2015), que es la más ampliamente utilizada en experimentos de este tipo (Jiménez Lozano, 2006).

Para la obtención y el análisis de resultados se elaboran escenarios. En el caso de ejemplo se pueden considerar cuatro escenarios, de los cuales tres son factibles de ser simulados. El escenario 1 comprende la concreción de la provisión de la mezcla asfáltica en forma relativamente inmediata a la confección del presupuesto; es decir, en aquellas situaciones en donde puede interpretarse que no se han producido modificaciones en los costos de los recursos; o, al menos, en caso de haberse producido estas modificaciones, resultan claramente despreciables. Los tres restantes escenarios comprenden las situaciones en donde se registran 1, 2 y 3 meses entre la confección del presupuesto y la concreción de la provisión de la mezcla asfáltica y su pago, respectivamente. Si la escala de tiempo de la variable de entrada se tuviera para otros lapsos, entonces la simulación podría también plantearse para otros intervalos, como por ejemplo 1, 2 y 3 semanas, etc.

En la aplicación realizada por Rivera et al. (2015) a partir de costos promedios de empresas proveedoras de mezcla asfáltica en caliente de la región de La Plata y los índices de inflación existentes en ese momento, se arribó, nuevamente a manera de ejemplo, a los resultados de la Figura 33.1.

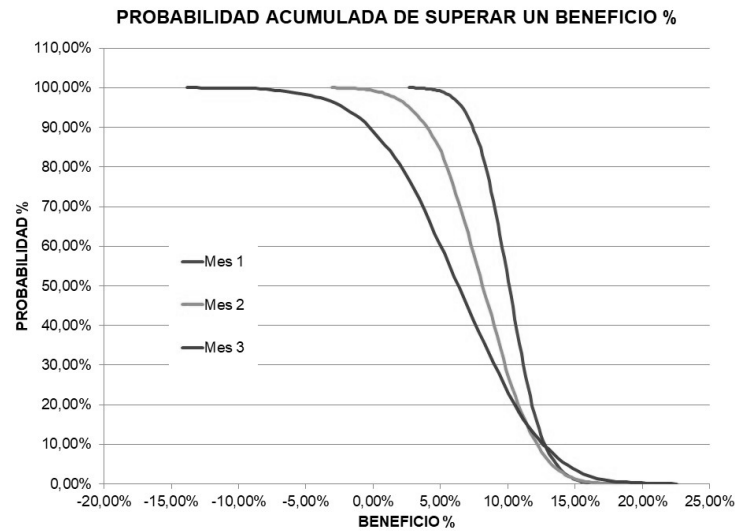


Figura 33.1. Ejemplo de gráficas de distribuciones acumuladas para el Beneficio

Gráficas como esta última resultan útiles en la toma de decisión, pues para el precio de venta estimado del ejemplo podría deducirse que:

El Beneficio fijo de casi el 12,0 % que se obtendría con la provisión en forma inmediata a la confección del presupuesto, tiene una probabilidad de obtención reducida de aproximadamente el 20 % si transcurre un mes entre el presupuesto y la provisión y pago, y cercana al 10 % si transcurren entre dos y tres meses.

Si se reducen en cambio las expectativas de Beneficio a al menos un 10 %, es posible observar que las probabilidades de obtenerlo si ha transcurrido un mes ascienden a aproximadamente el 60 %, si han transcurrido dos meses al 30 % y si transcurrieron tres meses al 25 %.

Las probabilidades de registrar pérdidas (Beneficio menor al 0,0 %) si hubieran transcurrido tres meses desde el presupuesto hasta la provisión se ubican en un 10 %.

Como puede observarse, este conocimiento adicional al mero Beneficio determinado en forma estática, que puede obtenerse en cada caso y momento en específico, es una clara vía para la disminución de la incertidumbre de quien elabora los presupuestos relacionados.

Referencias

Faulin, J. & Angel, J. (2005). Simulación de Monte Carlo con Excel, *Técnica Administrativa*, julio/septiembre 2005, vol. 5, núm. 1, pp 58-65.

Jiménez Lozano, G. (2006). *Distribuciones estadísticas de funciones continuas. Investigación Operativa II*, Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales.

Rivera, J., Brizuela, L. & Das Neves, G. (2015). Cotización de elaboración de mezclas asfálticas, cálculo de probabilidades de beneficio ante economías inflacionarias mediante simulación de Monte Carlo. XVIII Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto, tomo VI, pp 84-95.

Artículo 34 – Un modelo conceptual para el “mantenimiento vial”

Si bien en la mayoría de los artículos desarrollados en esta sección se han abordado temáticas que podrían conceptualizarse bajo la denominación de “obra nueva”, en reiteradas oportunidades se ha expresado que estos conceptos son extensivos también, en cierta forma, a lo que implican las intervenciones de “conservación”, “rehabilitación” y “reconstrucción” de los pavimentos y su entorno cercano (Rivera, 2023; Art. 019). Todo esto, más allá de que en algunas instancias ya se han abordado de manera específica aspectos relacionados con estas intervenciones.

La idea ahora es, a partir del presente artículo, profundizar diversos temas que se involucrarían de manera genérica en lo que se podría denominar como “mantenimiento vial”, que a los efectos de esta sección se considera como extensivo a tareas que pueden abarcar a cualquiera de las intervenciones mencionadas en el párrafo anterior, sin que éstas pierdan las características propias con las que han sido anteriormente definidas; es solo con la intención de simplificar su exposición.

Se busca también con esta serie de artículos venideros abordar las sucesivas técnicas aplicables en un orden que respete medianamente aquel en que se deberían desarrollar en obra, más allá de que esto no es dable señalar de un modo unívoco; razón por la cual se solicita al lector ser comprensivo en tal sentido y buscar captar lo conceptual manifestado por detrás de lo descriptivo.

Bien, expuesto lo que se quería explicar de manera introductoria, conviene ahora establecer un modelo inicial de las intervenciones de mantenimiento vial, que se compondría de tres tipos de agrupamientos de tareas entre las cuales selecciona una serie de aplicaciones viales puntuales el encargado de la gestión de la red correspondiente, Figura 34.1.

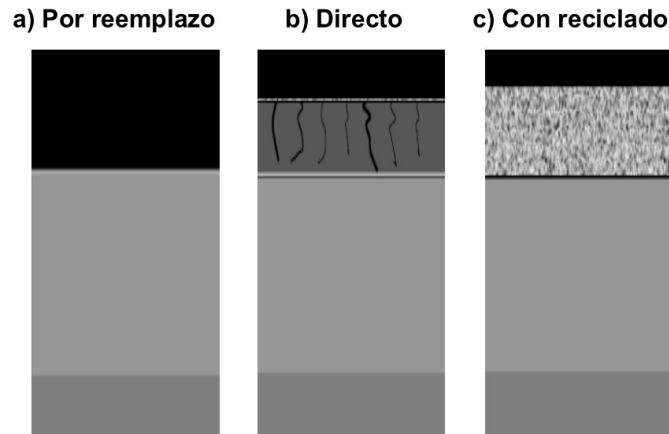


Figura 34.1. Modelo de agrupación de intervenciones en cuanto a "mantenimiento vial"

El primer grupo de intervenciones (Grupo A) se daría cuando los análisis efectuados llevan a la decisión de que lo que se tiene como pavimento (o llegado el caso, como "facilidad vial para la operación del usuario", como una conceptualización que incluye también trazas en las cuales no existe exactamente un pavimento) no posee las cualidades mínimas como para que permanezca; razón por la cual las intervenciones a realizarse se diseñan entorno al concepto de "reemplazo" (Figura 1.a). Un ejemplo extremo de esto se podría tener en una traza de suelo altamente plástico, contaminada con residuos orgánicos y vegetación, como se observa en la Figura 34.2.



Figura 34.2. Ejemplo de necesidad de intervención por reemplazo

El segundo grupo (Grupo B) se ubicaría en el extremo opuesto del anterior e implica aquellas oportunidades de intervención en donde lo existente en la traza se considera apto para una intervención directa por encima, más allá de algunas tareas menores a implementarse o la posibilidad de implicar intervenciones intermedias (Figura 34.1.b). Un ejemplo de estas intervenciones se tiene cuando se decide utilizar un geosintético como solución SAMI (por la sigla en inglés para Stress Absorber Membrane Interlayer), como en la Figura 34.3.



Figura 34.3. Geosintético como SAMI en una rehabilitación

Por último, el tercer grupo (Grupo C) se ubica en aquellas situaciones en las cuales las condiciones y características de lo existente no permite la aplicación más o menos directa de una intervención de mantenimiento (como sería el caso de segundo grupo), pero tampoco se considera que sea necesario un reemplazo completo (como es el caso del primer grupo); correspondiendo su reciclado en cierto grado que no llegue hasta el nivel de la subrasante (Figura 1.c) pues en ese caso se trataría ya de una reconstrucción, al menos bajo un criterio propio de esta publicación.

Justamente, lo que comúnmente se reconoce como “reciclado” es el término genérico para este tipo de intervenciones, pero existen casos particulares incluidos entre

estas que pueden resultar incluso superadores. Tal es el caso de las técnicas abordadas bajo el concepto de “reutilización”, que implican que el material de la capa reciclada vuelve a utilizarse para el mismo fin que tenía originalmente. Como ejemplo, en la Figura 34.4 se observa la aplicación de la reutilización de una capa asfáltica, originalmente efectuada en frío, mediante el uso de una recicladora. Se trata de una reutilización, pues el reciclado se realiza de manera superficial, implicando solo la capa asfáltica de rodamiento, y con el aporte de emulsión asfáltica. De ese modo, el material que conformaba un concreto asfáltico en frío, pasa a conformar una nueva capa de ese mismo material y con las mismas aptitudes viales que presentaba en sus inicios (al menos entre ciertos límites de tolerancia y admitiendo la incorporación de algún material o aditivo adicional). En cambio, si se hubiera aplicado un reciclado profundo, mediante el cual se incluyeran capas de base granular, por ejemplo, lo que se obtendría sería una capa de estabilizado granular que incorpora el RAP (material recuperado de capas asfálticas) de la antigua capa de rodamiento. La nueva finalidad del material de dicho RAP sería otra entonces, implicando por lo tanto un reciclado y no una reutilización.



Figura 34.4. Reutilización de un pavimento mediante recicladora

En los próximos artículos de esta sección se toman situaciones que requieren de la aplicación de un mantenimiento de acuerdo con cómo se ha definido, y se analizan causas y posibles soluciones, sobre la base del modelo que se acaba de describir. La idea es no tener que volver en cada caso a mencionar los conceptos expuestos en este artículo, por lo cual se transforma en referencia en tal sentido.

Referencias

Rivera, J. (2023). Apuntes sobre pavimentos en vías de bajo volumen de tránsito: Tomo I. Editorial edUTecNe, Universidad Tecnológica Nacional.

Artículo 35 – Desbastado superficial como intervención en el mantenimiento vial

En relación con el Artículo 034 se puede mencionar que una de las intervenciones viales de mantenimiento superficial más sencillas es la que se compone de aquellas tareas que se encargan, mediante algún sistema de desbaste en frío (es decir, a temperatura ambiente), de devolverle al pavimento condiciones similares a las iniciales. Esto se puede dar ya sea que directamente luego de la intervención se deje la superficie definitiva para el paso del tránsito o que, materializada la misma, se proceda a su cobertura mediante otra intervención adicional. Se trataría, por lo tanto, de tareas que se consideran dentro del Grupo B mencionado en el citado artículo.

Así, con una superficie de rodamiento de hormigón, si lo que se registra es la necesidad de remoción de la demarcación horizontal envejecida, se tiene una textura pulimentada (baja fricción) por tratarse de un pavimento antiguo, se observa escalonamiento leve en fisuras y juntas (posiblemente por falencia de las barras de vinculación) o existen otros defectos superficiales leves, una tarea de potencial aplicación es la de Diamond Grinding. La técnica consiste en un eje rotatorio transversal en el cual se disponen hojas circulares de corte diamantadas (Figura 35.1a), montado en un equipo autopulsado (Figura 35.1b), que permiten el desbaste en un espesor generalmente menor a 1 cm, generando un acanalado superficial (Figura 35.1c).

Si, en cambio, los deterioros o inconvenientes leves a solucionar se dan en una superficie asfáltica, lo que puede instrumentarse es la aplicación de la técnica de Microfresado, aunque también puede emplearse sobre una superficie de hormigón. Esta técnica consiste en un tambor rotatorio (Figura 35.2a), con puntas de desgaste menores a las utilizadas en el fresado Estándar (Figura 35.2b), montado en un equipo autopulsado denominado fresadora (Figura 35.2c). Su aplicación permite obtener una textura más suave con menor espesor de desbaste (Figura 35.2d y 35.2e, respectivamente); por debajo de 1 cm (Rivera, 2019).

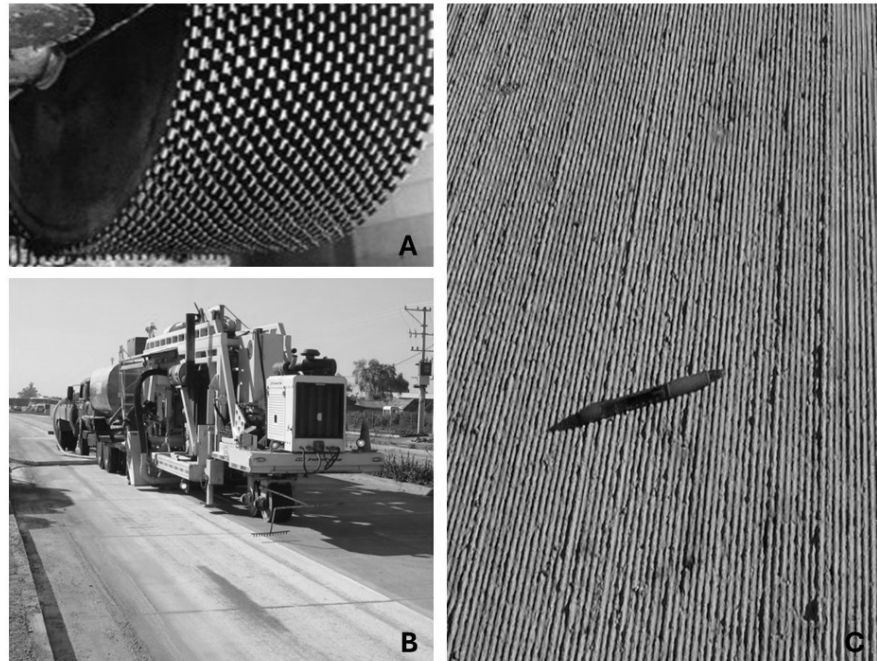


Figura 35.1. Aplicación de Diamond Grinding

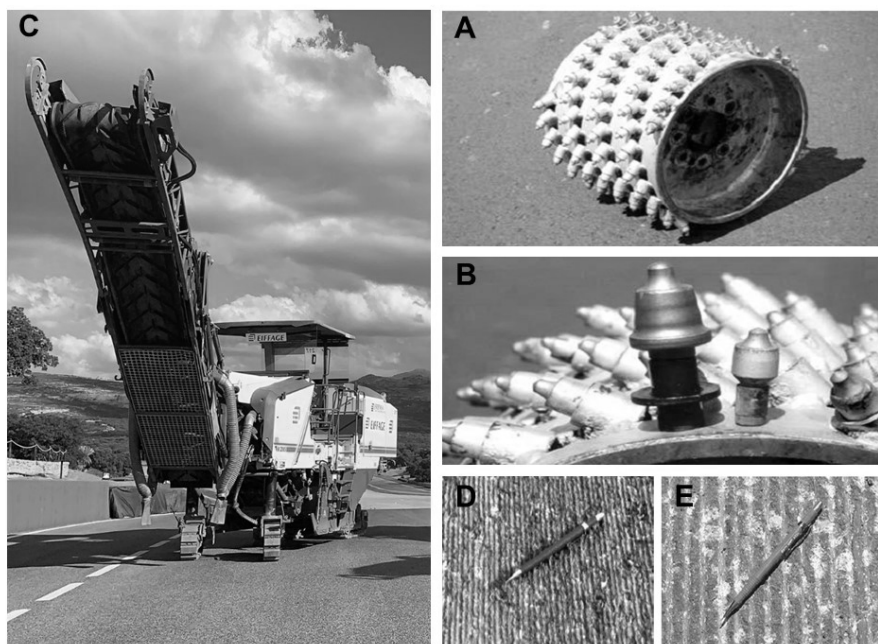


Figura 35.2. Empleo de Microfresado

El fresado Estándar, por su parte, suele aplicarse en ambas superficies de rodamiento cuando el espesor a ser desbastado es mayor (a partir de 2 cm generalmente). Se remueven así superficies con desprendimientos, ahuellamiento, fisuras de arriba hacia abajo, capas asfálticas envejecidas, etc.

Dentro de esta categoría de fresado también existe un amplio rango de equipos; los cuales, en función del tamaño y disposición de sus puntas, pueden dar lugar a diferentes texturas, según puede observarse en la Figura 35.3 (Rivera, 2019). Dependiendo de si la superficie resultante será librada al tránsito o si está prevista su cobertura con capas ultradelgadas o un sistema SAMI, o lo que fuera, será la necesidad de lograr una textura óptima determinada.



Figura 35.3. Fresado Estándar y las diferentes texturas obtenibles

Adicionalmente, puede mencionarse que este fresado es necesario para evitar el fenómeno de recrecido, que se presenta tanto en vías urbanas como rurales (Figura 35.4 y Figura 35.5, respectivamente) cuando se registra el aporte sucesivo de capas sin eliminación de espesores previos. Este recrecido afecta los sistemas de escurrimiento

laterales, el paso vehicular por debajo de puentes y pasarelas (afectación del gálibo) y la seguridad por descalce de banquetas; entre otros fenómenos adversos mencionables.



Figura 35.4. Recrecido de un pavimento asfáltico urbano



Figura 35.5. Recrecido de un pavimento asfáltico rural

Más allá de lo expresado, el espesor de fresado no solo debe establecerse en función de la solución al recrecido necesaria, sino también limitado para evitar otro fenómeno asociado, reconocido como descascaramiento. El descascaramiento se da

cuando el espesor remanente de una capa al fresar (sobre todo asfáltica) resulta exiguo a los efectos de evitar su arrastre por la herramienta de desbaste (Figura 35.6). Por ello, para los tamaños máximos de agregados habitualmente utilizados en este tipo de mezclas, se recomienda un espesor residual de al menos 3 cm; el cual puede ser mayor si se observan deficiencias en la integridad de la capa o menor si se han utilizado tamaños máximos de agregados reducidos.



Figura 35.6. Fenómeno de descascamiento por fresado

Como se ve, con el presente artículo se ha buscado dar algunos lineamientos básicos de lo que las intervenciones viales de mantenimiento en torno al desbaste de diversos espesores del pavimento existente pueden implicar. Como siempre, la idea es profundizar en estos conceptos básicos al diseñar intervenciones particulares.

Referencias

Rivera, J. J. (2019). Estudio de riegos asfálticos de liga entre capas asfálticas para rehabilitación de pavimentos flexibles fresados. Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires.

Artículo 36 – Generalidades del reciclado de material en pavimentos

Para dar continuidad a la línea de análisis señalada en el Artículo 034, en el presente artículo se abordan tareas que pueden implementarse cuando las técnicas de desbaste de pavimentos mencionadas en el Artículo 035 no fueran suficientes, debido al estado del pavimento existente o a alguna otra condición de entorno relacionada.

Estas técnicas se engloban aquí bajo el concepto de “reciclado de materiales” en pavimentos, que se propone exceda al particular de “reutilización” de pavimentos; pues no necesariamente se trata solo de dar un nuevo ciclo al material con una misma utilidad.

En tal sentido, resulta útil complementar con el hecho de que el reciclado involucra el uso de equipos que pueden llegar a abarcar no solo la capa de rodamiento, sino también las de base. Se trataría, como se deduce, de tareas que se consideran dentro del Grupo C.

Así planteado el reciclado, puede generarse un modelo de clasificación a partir de dos aspectos. Uno es genérico para todas las superficies de rodamiento y distingue en cuanto a si el material a ser reciclado es removido de su lugar de emplazamiento original o no. De este modo se tendría una distinción entre técnicas que se podrían considerar “in situ” cuando no se registra tal traslado de materiales o “en planta” cuando sí se registra hacia un centro o punto de acopio y tratamiento, previo a volver a un sitio de obra (sea que se trate del original o no).

El otro aspecto se relaciona más fuertemente con las superficies de rodamiento asfálticas, que, como se ha mencionado, son mayoritarias en Argentina, en relación con las vías de bajo volumen de tránsito. Debido a que las intervenciones pueden calificarse en cuanto a si el cemento asfáltico presenta la viscosidad máxima admisible para poder ser mezclado en función de si se le eleva su temperatura o si se implementa alguna técnica diferente a temperatura ambiente, el agrupamiento de tareas podría darse como “en caliente” o “en frío” respectivamente.

En la actualidad es común señalar otras alternativas de agrupamiento de tareas. Una de estas, antiguamente denominada “en tibio”, implica una serie de intervenciones en caliente con particularidades para el empleo de una menor temperatura, primero de mezclado y luego de compactación. Por lo expuesto, en los últimos tiempos estas técnicas se mencionan más adecuadamente como del tipo “semicalientes”. Pero debido a que la única diferencia marcada en cuanto a lo que se quiere señalar reside en las temperaturas mencionadas, a los efectos de estos artículos quedan involucradas para el sistema de calificación propuesto dentro del grupo de las “en caliente”.

La otra alternativa se tiene con las aplicaciones “templadas”, pero que en realidad implican técnicas que emplean las emulsiones asfálticas utilizadas “en frío” con algún régimen de temperatura por encima de la temperatura ambiente, hasta ciertos límites que no generen su “rotura” prematura. Por lo expuesto, y nuevamente a los efectos de los artículos de esta publicación, estas técnicas pueden ser incluidas entre las “en frío” sin mayores inconvenientes.

La importancia radical de este sistema de calificación reside en el hecho de lo que se asume año a año en cuanto a los límites admisibles de consumos de energía en relación con la pavimentación (ya sea de obra nueva como en etapas de conservación y rehabilitación). Cabe señalar que no necesariamente una técnica en frío implica un menor consumo de energía si se la considera de manera integradora involucrando, por ejemplo, todo lo relacionado con la obtención de los materiales constituyentes, la durabilidad asociada y la potencialidad y requisitos para su reciclado. Por ello se han desarrollado, desde hace ya un tiempo, las técnicas conocidas como de “análisis de ciclo de vida”, que pretenden dar una mirada integral a la situación.

Incluso, cabe señalar, variadas son las posturas en cuanto a los análisis que pueden llevarse adelante desde estos puntos de vista. Así, por ejemplo, curvas de consumo energético como la de la Figura 36.1 (López et al., 2017), de aceptación generalizada hasta hace poco tiempo, han sido transformadas a otras como la de Ortiz Ripoll en 2020 (Figura 36.2) o la de la European Asphalt Pavement Association (<https://eapa.org/warm-mix->

asphalt/, Figura 36.3); señalando particularidades que, cuando se intenta hilar fino, hacen a diferencias notorias.

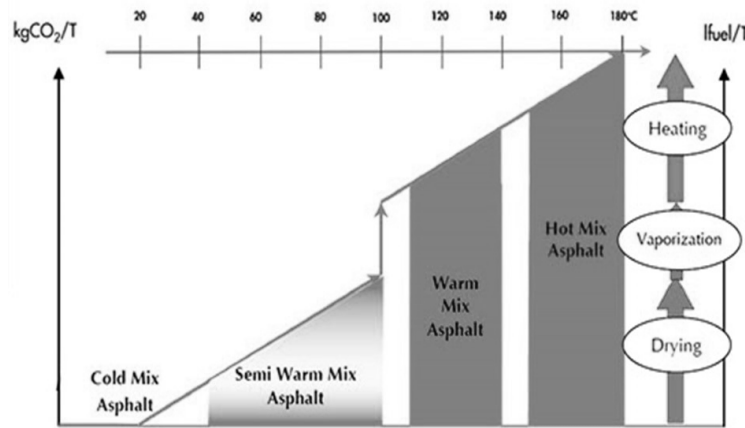


Figura 36.1. Clasificación convencional de mezclas asfáltica según temperatura (López et al., 2017)

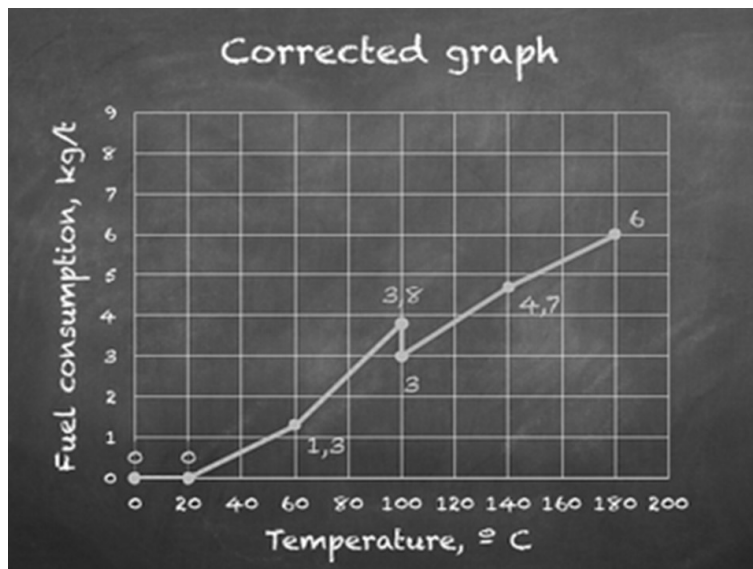


Figura 36.2. Clasificación de mezclas asfáltica según temperatura Ortiz Ripoll en 2020

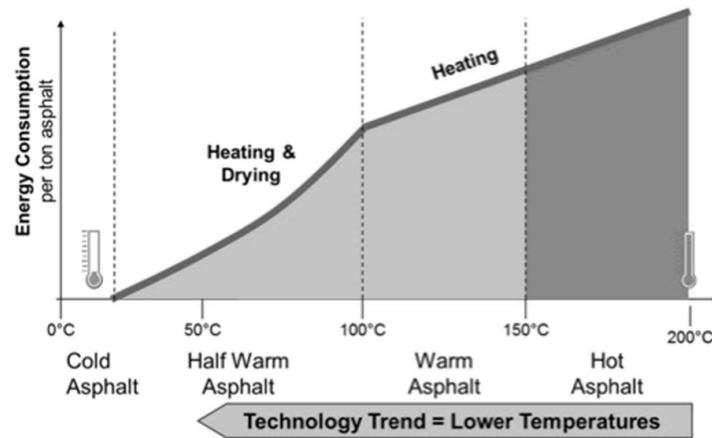


Figura 36.3. Clasificación de mezclas asfáltica según temperatura de EAPA (<https://eapa.org/warm-mix-asphalt/>)

No se pretende profundizar aquí más en estos aspectos, pero es bueno que el lector esté al tanto de que existen, para que cuente con un punto de partida si fuera de su interés analizar con detenimiento sobre la temática.

En los próximos artículos se abordan las técnicas asociadas a la combinación entre los dos aspectos calificadores establecidos. Es decir, se analizan las técnicas “in situ – en caliente”, “en planta – en caliente”, “in situ – en frío” y “en planta – en frío”. Claro está, esto no define al universo de técnicas, sino que es un sistema modelizado propuesto para simplificar su tratamiento y comprensión. Se insta a los lectores a volver a estos conceptos cuando les sea necesario, de manera tal de no caer en una confusión en tal sentido.

Referencias

López, C., Thenoux, G., Sandoval, G., Armijos, V., Ramírez, A., Guisado, F., Moreno, E. (2017). Study of warm mix asphalt with super stabilized emulsión. Rev. ing. constr. vol.32 no.1 Santiago abr. DOI: 10.4067/S0718-50732017000100006.

Artículo 37 – Reciclado de material en pavimentos asfálticos in situ en caliente

Para dar continuidad a la línea de análisis señalada en el Artículo 034 y a la estructura particular propuesta en el Artículo 036, en el presente artículo se aborda el reciclado de material de pavimentos asfálticos bajo la categoría de “in situ – en caliente”.

La idea general de las técnicas involucradas bajo esta categoría es la de calentar la mezcla asfáltica del pavimento existente mediante algún medio, removerla, adicionar mezcla virgen si fuera necesario, mezclarla y compactar la nueva capa generada; se trataría, por lo tanto, mayoritariamente de técnicas de reutilización. Así expuesto el tema, los diferentes sistemas disponibles se diferenciarían principalmente en el método de calentamiento y levantamiento de la mezcla.

Esta segunda tarea, es decir, la de levantamiento de la mezcla existente una vez calentada, involucra la técnica generalmente conocida como de fresado en caliente. Ese fresado es similar al fresado en frío abordado en el Artículo 035, solo que, al tratarse más de una escarificación, como la mezcla calentada ofrece poca resistencia al corte, debe considerarse que no existe la modificación granulométrica, que sí existe con el fresado en frío (Rivera, 2019). Es así como se ofrecen diferentes herramientas que involucran combinaciones o no de escarificadoras y tambores (generalmente dentados) que facilitan la tarea enunciada.

Por su parte, la primera tarea de calentamiento de la superficie asfáltica existente sí ya ofrece más alternativas.

Entre estas, una de las primeras en contar con divulgación, es la ofrecida hace poco menos de 20 años por la firma canadiense Martec mediante su modelo AR2000 (Figura 37.1), basada en una tecnología desarrollada previamente en Japón. Este precalentador de la mezcla posee un tren de quemadores que, de manera indirecta, incide sobre la superficie asfáltica existente, hasta elevarle su temperatura a un punto que permita la remoción de la capa. Estos calentadores son similares a los empleados en las plantas asfálticas en caliente (Figura 37.2).



Figura 37.1. Tren de calentamiento de la AR2000 (www.martec.ca)

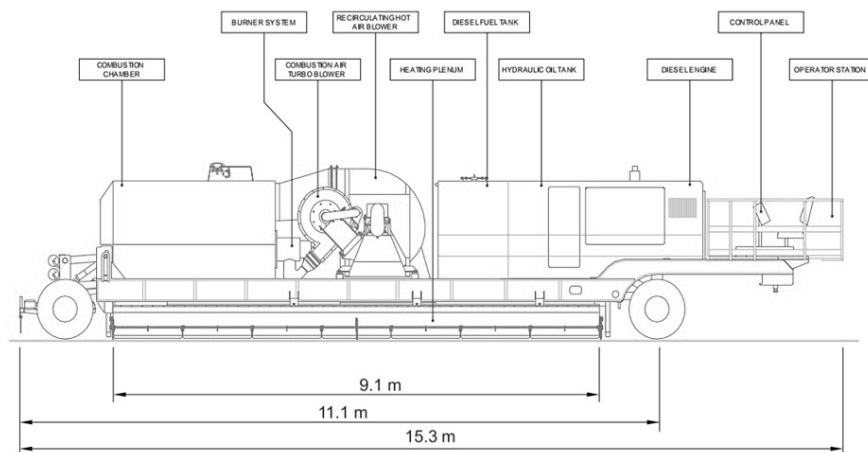


Figura 37.2. Esquema de quemador de la AR2000 (www.green-arm.com)

Más cerca en el tiempo, la firma Wirtgen ha generado su propia tecnología, como es el caso de las recicladoras HM 4500 (Figura 37.3) y la RX 4500 (Figura 37.4), que cuentan con calefacción con combustión de gas de paneles calentadores infrarrojos.



Figura 37.3. Recicladora HM 4500 con paneles infrarrojos (www.wirtgen-group.com)



Figura 37.4. Recicladora RX 4500 con paneles infrarrojos (www.wirtgen-group.com)

Finalmente, cabe mencionar que, aunque con desarrollos dispares aún a nivel experimental, existen equipos que buscan el calentamiento de la superficie mediante microondas. Algunas tecnologías iniciales indican para ello el dotar de fibras metálicas a la mezcla asfáltica, como un medio de facilitar el calentamiento por esta vía y el arco voltaico generado. Pero estudios modernos, como los llevados adelante en la Universidad Católica de Chile, han establecido aplicaciones en las cuales esto no es necesario

(Nalbandian & González, 2021). En la Figura 37.5 se observa una imagen del equipo experimental para emisión de microondas sobre un pavimento existente por ellos generado, difuminada por razones de propiedad intelectual. En la Figura 37.6 se observa otro equipo en una fase experimental aparentemente más avanzada denunciado por Sun et al. (2023) en China.

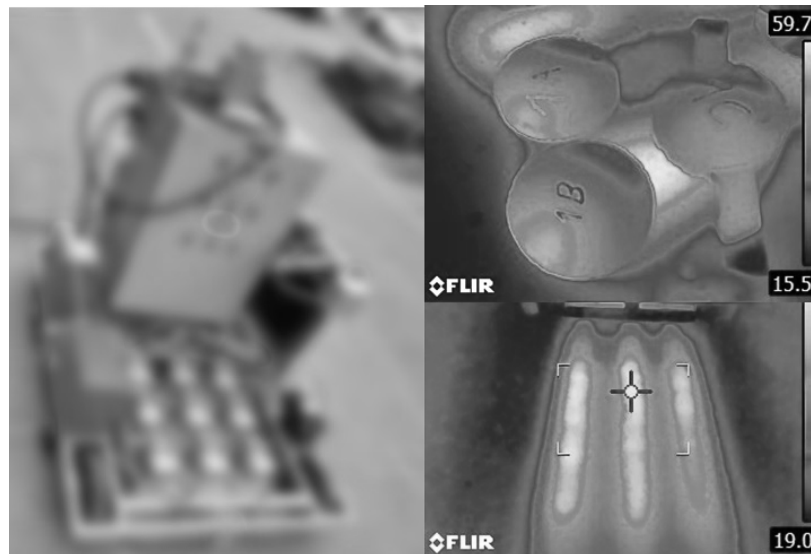


Figura 37.5. Equipo experimental de la Universidad Católica de Chile



Figura 37.6. Equipo experimental denunciado por Sun et al. (2023) en China

En rigor, algunos de los desarrollos enunciados proponen como alternativa solo calentar la mezcla asfáltica del pavimento existente sin su remoción, tendiendo así a lo

que se conoce como una técnica de “auto-reparación”, que a los efectos de esta serie de artículos podría ser considerada como un subgrupo de las de “reutilización”. Estas técnicas, entre otras, incluyen las de las cápsulas rejuvenecedoras, que se adicionarían a la mezcla asfáltica al momento de su elaboración y que irían liberando un agente rejuvenecedor a lo largo de la vida útil de dicha mezcla (Miranda et al., 2018; Concha et al., 2023).

Cada una de estas tecnologías cuenta con competidores de desarrollos llevados a cabo por otras empresas u organismos. La idea del presente artículo, como siempre, es solo poner en conocimiento de quienes se acercan a la temática la existencia de la tecnología disponible, de manera tal que luego cada uno pueda profundizar en los aspectos que le son de particular interés.

Referencias

Concha, J. L., Sáez, M., & Norambuena-Contreras, J. (2023). Autorreparación de mezclas asfálticas usando agentes rejuvenecedores encapsulados optimizados. 14° PROVIAL, Chile.

Miranda, L., Lucas, F., Casado, R., & Martín-Portugués, C. (2018). Sistema rejuvenecedor mediante cápsulas para la regeneración de un ligante envejecido. Simposio Nacional de Firms 2018, España.

Nalbandian, K. M., & González, Á. (2021). Assessment of self-healing asphalt pavement fatigue life using analytical Jc approach and laboratory results. *Construction and Building Materials*, 304, 124623.

Rivera, J. (2019). Estudio de riegos de liga entre capas asfálticas para rehabilitación de pavimentos flexibles fresados. Editorial edUTecNe, ISBN 978-987-1896-98-1.

Sun, Y., Zheng, L., Cheng, Y., Chi, F., Liu, K., & Zhu, T. (2023). Research on maintenance equipment and maintenance technology of steel fiber modified asphalt pavement with microwave heating. *Case Studies in Construction Materials*, 18, e01965.

Artículo 38 – Reciclado de material en pavimentos asfálticos en planta

Para dar continuidad a la línea de análisis señalada en el Artículo 034 y a la estructura particular propuesta en el Artículo 036, en el presente artículo se aborda el reciclado de material de pavimentos asfálticos bajo la categoría de “en planta”. El artículo distingue detalles de cuando esta intervención se realiza “en caliente” o “en frío”.

Básicamente, de manera independiente de la técnica utilizada, todas contemplan el empleo de material recuperado de capas asfálticas (RAP), ya sea que haya sido obtenido por fresado o por demolición y disgregado (Galvis, 2021). Este RAP se considera que no involucra capas de base, pues en cuyo caso debería considerárselo directamente como material de reciclado profundo, lo cual queda por fuera del presente artículo.

Lo primero a mencionar es que para ese RAP se suelen establecer parámetros en relación con su transporte, acopio y cuidados, para contar con certezas en cuanto a origen y posibilidades de homogeneidad de las diversas partidas. Estos recaudos deberían ser en líneas generales los mismos, independientemente de su futura técnica de empleo.

Una vez ya en planta, cabe señalar que la técnica de tratamiento en caliente es la más utilizada. Para ello, en Argentina existe, por ejemplo, la especificación técnica de la Dirección Nacional de Vialidad (DNV) que entiende sobre la realización de diferentes mezclas asfálticas con empleo de RAP (Rivera, 2023); entre ellas, la más utilizada, es decir, el concreto asfáltico denso (DNV, 2017). Aunque dichas especificaciones mencionan también el empleo de plantas asfálticas de tipo discontinuo para la elaboración de estas mezclas, en el medio local en la práctica se observa comúnmente la utilización de plantas continuas. Estas plantas, específicamente, deben implementar medidas para evitar la incidencia directa de la llama sobre el RAP, a fin de no afectar el cemento asfáltico con el que cuentan; por lo que se adoptan mediante su tipología a contraflujo (Figura 38.1), de doble tambor y/o con el ingreso de RAP en un sector cercano al del mezclado. En la Figura 38.2 se observa un esquema de una planta, en el que se señala dónde se produce el ingreso del RAP.



Figura 38.1. Planta de mezcla asfáltica en caliente continua a contraflujo
(www.plantasciber.com.br)

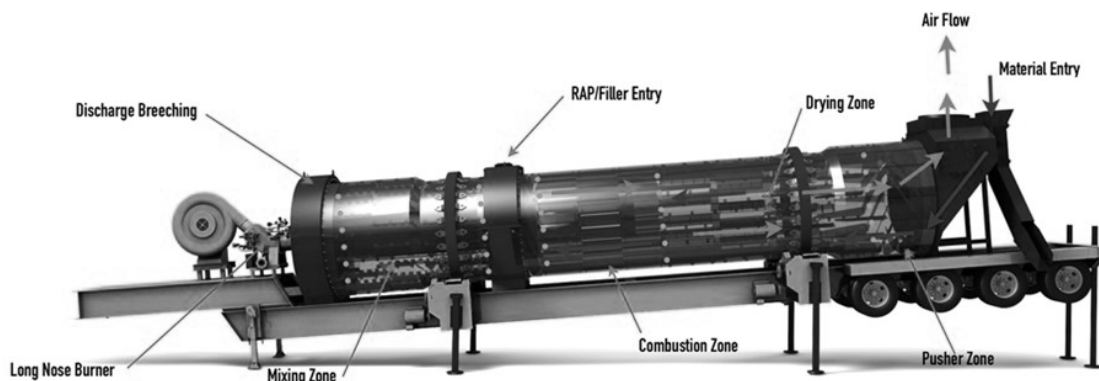


Figura 38.2. Esquema de planta asfáltica continua de contraflujo con ingreso de RAP

El pliego de DNV (2017) para concretos densos en caliente habilita un contenido de RAP de hasta el 50 % de la mezcla en peso, aunque existe diversa bibliografía a nivel internacional que analiza el empleo de contenidos notoriamente mayores. El problema central en ese sentido reside, más allá de lograr un contenido de cemento asfáltico final de la mezcla (conformado con la fracción de cemento asfáltico útil del RAP, más la adición de cemento asfáltico virgen), en lograr entre el árido provisto por el RAP y el agregado de

aporte, la curva granulométrica que conforme a los límites impuestos. Además, el cemento asfáltico resultante debe contar con características mínimas de aceptabilidad, por lo que es habitual el empleo de agentes rejuvenecedores adicionales a tales efectos.

Por otro lado, y generalmente para empleo en vías de menores solicitaciones, también existe la posibilidad de generar en plantas para mezclas en frío, concretos que incorporen contenidos de RAP. Si bien es probable que no se encuentre especificado en tal sentido, generalmente para estos se utilizan de referencia ciertos parámetros de la especificación para concretos en caliente, más allá de que en los mismos es esperable una marcada menor aptitud vial. En la Figura 38.3 se observa una planta asfáltica para producción en frío y los acopios de RAP que la abastecen.



Figura 38.3. Planta asfáltica en frío produciendo con aporte de RAP

En estos casos, los agentes rejuvenecedores también pueden incorporarse por separado o en la propia emulsión asfáltica utilizada para la mezcla.

El lector puede observar cómo, entre el anterior artículo y el presente, se da una gama de opciones de intervención para la rehabilitación superficial de capas asfálticas con empleo del concepto de reutilización. Seguramente un análisis bibliográfico profundo permita encontrar algunas alternativas e indicaciones que difieran en cierto modo de lo

aquí comentado; pero se entiende que esto no anula el sentido orientativo que esta serie de artículos guarda.

Referencias

DNV (2017). Pliego de especificaciones técnicas generales para concretos asfálticos en caliente y semicaliente del tipo densos, con aporte de RAP. Dirección Nacional de Vialidad, Argentina.

Galvis, R. (2021). Una visión sobre el procesamiento del material RAP para su reutilización en planta. *Asfalto*, n 42, v XI, tercer trimestre.

Rivera, J. (2023). *Apuntes sobre pavimentos en vías de bajo volumen de tránsito: Tomo I*. Editorial edUTecNe, Universidad Tecnológica Nacional.

Artículo 39 – Reciclado de material en pavimentos asfálticos in situ en frío

Para dar continuidad a la línea de análisis señalada en el Artículo 034 y a la estructura particular propuesta en el Artículo 036, en el presente artículo se aborda el reciclado de material de pavimentos asfálticos bajo la categoría de “in situ”.

Para estas técnicas, generalmente, puede imponerse como clasificación mayor el hecho de si solo involucran la reutilización de las capas asfálticas superiores, en cuyo caso se trata de una aplicación “superficial”, o si también se involucran capas de base que no poseen ligante asfáltico (ya sea granulares o cementadas), en cuyo caso se denominan como “profundas”.

En la generalidad de los casos, por tratarse de pavimentos asfálticos, la demolición de las capas a ser recicladas se efectúa con tambores rotativos con puntas de desbaste semejantes a las de las fresadoras, montados en equipos llamados recicladoras (en algunos ámbitos se los conoce como reclamadoras). En un menor número estas recicladoras poseen como sistema de traslado a las orugas, Figura 39.1, relacionándose su empleo generalmente con los reciclados superficiales. En la mayoría de los casos en el medio local, en cambio, se trasladan por medio de neumáticos, Figura 39.2, con un rango de aplicación óptimo en los reciclados profundos; aunque esto último señalado no resulta taxativo.

Como técnicas de tratamiento in situ del material reciclado, ya sea con o sin aporte de material de corrección adicional (agregados, cemento, cal, suelo, o lo que corresponda según sea el caso), se pueden distinguir, por ejemplo, según el material ligante predominante final.

Guiados por esto último, se puede contar con las soluciones en donde el producto final se espera tenga “respuesta predominante” a partir de la presencia de un ligante asfáltico, en cuyo caso las técnicas disponibles son aquellas que involucran el empleo de emulsiones asfálticas, o con una “componente de respuesta” a partir de la presencia de un ligante asfáltico, relacionada con un asfalto espumado (Figura 39.3).



Figura 39.1. Recicladora montada en orugas (www.wirtgen-group.com/es-ar/)



Figura 39.2. Recicladora montada en neumáticos (rovialesa.com.ar)

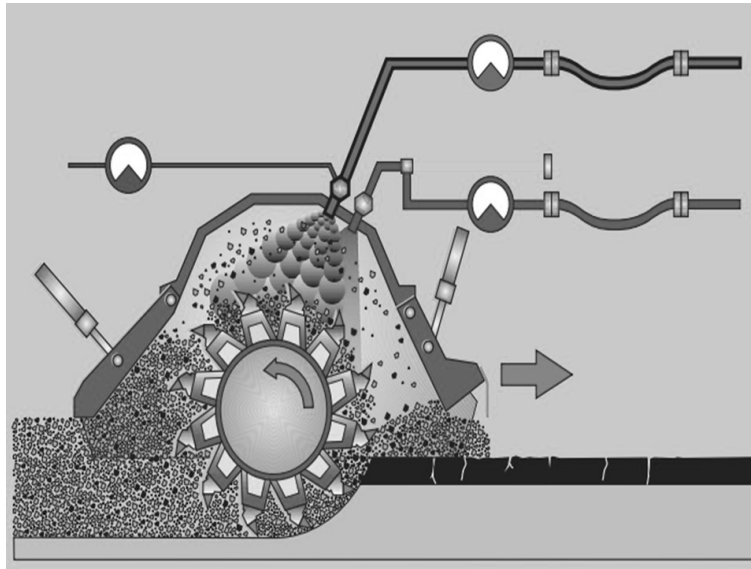


Figura 39.3. Recicladora en frío con emulsión o asfalto espumado (Wirtgen, 2004)

Como se comenta en un artículo anterior, las emulsiones asfálticas se constituyen por glóbulos microscópicos de asfalto dispersos en agua gracias a un agente emulsificante, empleándose en las aplicaciones en frío a temperatura ambiente en sus versiones de corte lento o superestable, o en su aplicación templada con temperatura de hasta 80 °C con agregados a menos de 120 °C (López et al., 2017); aunque con dificultades por esto último para su empleo in situ. En frío se pueden generar tanto reciclados superficiales como profundos, mientras que en templado generalmente se desarrollan solo reciclados superficiales.

Los reciclados superficiales pueden diseñarse, por ejemplo, como un concreto asfáltico en frío, mediante el procedimiento para mezclas en frío LEMaC-A07/99 (LEMaC, 2019), basado en el método de Vialidad Santa Fe, o con el que se reconoce habitualmente como el “Método Marshall modificado francés”, de acuerdo con las adaptaciones implementadas en el Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC) de dicho país (Musuruana & Rosasco, 1988), entre otros. Los reciclados profundos se pueden dosificar con la misma metodología del LEMaC citada, pero como un estabilizado granular al que se adiciona la emulsión, estableciéndose la respuesta estructural esperable en esos casos.

El asfalto espumado, en cambio, se utiliza tanto en aplicaciones superficiales como profundas, generándose muchas veces con el propio equipo reciclador gracias al choque térmico entre el asfalto a alta temperatura y el agua con aire a temperatura ambiente (Figura 39.4), aunque existen numerosas experiencias de su aplicación en planta. De ese modo se da lugar a la formación de burbujas de asfalto que contienen vapor de agua en su interior, hasta que disminuye su temperatura y colapsan. El asfalto espumado presenta por un tiempo una viscosidad lo suficientemente baja como para permitir su mezclado con el resto de los materiales granulares constituyentes de la capa, debiéndose establecer para el adecuado diseño la relación de expansión y la vida media que presenta para su aplicación. El diseño suele conducirse mediante una metodología basada en ensayos de resistencia a tracción indirecta de probetas con o sin envejecimiento, descritos en el Manual de Reciclado en Frío de la firma Wirtgen (Wirtgen, 2004) o en la guía sudafricana conocida como la TG2 (Sabita, 2020), entre otras.

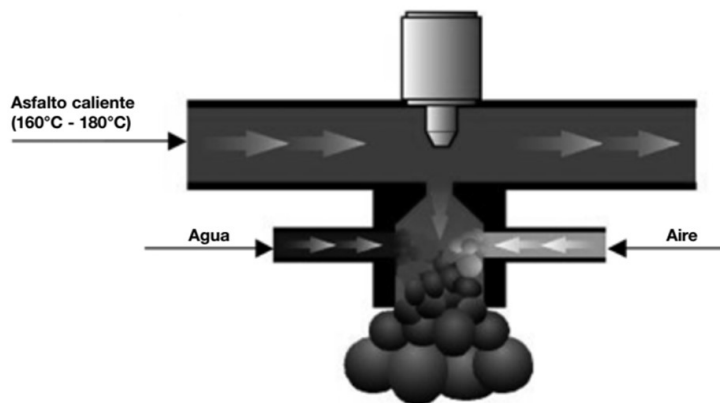


Figura 39.4. Generación de asfalto espumado en la recicladora (Wirtgen, 2004)

En caso de no considerarse la presencia de un ligante que explique fundamentalmente la respuesta estructural de la capa a ser ejecutada, la misma puede suponerse como de comportamiento granular, diseñándose como un estabilizado granular más. En rigor, la tendencia actual es considerar a las capas que surgen del reciclado profundo con asfalto espumado dentro de esta categoría, asumiendo un sistema

“perpetuo” que solo requiere de la rehabilitación de su capa de cobertura superficial (Ulloa Calderón, 2018).

Por último, si la respuesta estructural se considera que proviene fundamentalmente de la presencia de un ligante hidráulico, o la combinación de varios de ellos (cal y cemento, por ejemplo), entonces el diseño puede conducirse como el de un estabilizado granular con un grado apreciable de cementación, analizándose la resistencia a compresión inconfiada que presenta.

En todos los casos, los diseños también se pueden conducir mediante determinaciones que involucren la sollicitación dinámica de las probetas que se generen, siendo determinante en esos casos la respuesta modular obtenida de forma confinada o inconfiada, según corresponda.

Referencias

LEMaC (2019). Guía de metodologías y procedimientos para uso vial desarrollados en el LEMaC – Centro de Investigaciones Viales (edición 2019). Editorial edUTecNe, ISBN 978-987-4998-27-9, Facultad Regional La Plata, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.

López, C, Thenoux, G, Sandoval, G, Armijos, V, Ramírez, A, Guisado, F, & Moreno, E. (2017). Estudio de mezclas asfálticas templadas con emulsión super-estabilizada. *Revista ingeniería de construcción*, 32(1), 57-64. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732017000100006>

Musuruana, E., & Rosasco, S. (1988). *Las emulsiones asfálticas en las construcciones viales*. Química Bonaerense, ISBN 950-99332-0-1, Argentina.

Sabita (2020). *Technical Guideline: Bitumen Stabilised Materials. TG2. Third Edition.*

Ulloa Calderón, A., Múnera Miranda, J. C., & Ramírez Villalobos, W. (2018). Diseño de materiales granulares estabilizados con asfalto espumado. Universidad de Costa Rica.

Wirtgen (2004). Manual de reciclaje en frío. Wirtgen Group.

Artículo 40 – Reciclado de material en pavimentos de hormigón in situ

Para dar continuidad a la línea de análisis señalada en el Artículo 034, en el presente artículo se aborda el reciclado de material de pavimentos de hormigón bajo la categoría de “in situ”.

Como en otros artículos previos, lo que corresponde aquí es analizar a grandes trazos las alternativas existentes, dejando en claro que existen aplicaciones que no siempre encuadran de manera ajustada en algunas de las categorías que se presentan o que pueden, incluso, considerarse como pertenecientes en partes a más de una de ellas.

A partir de lo enunciado, puede decirse que un grupo de las técnicas que es posible considerar en la categoría propuesta por el artículo es la de aquellas a ser aplicadas en un pavimento de hormigón que, de modo generalizado, presenta un alto grado de deterioro. Así, se consideran aplicaciones que buscan que ese material existente se convierta, por ejemplo, en una buena base para la aplicación de una solución superficial. En tal sentido, cabe señalar que uno de los mayores problemas es lograr que esa base se comporte, al menos en principio, de buen modo ante su solicitación, impidiendo que la aplicación de las cargas dinámicas del tránsito genere movimientos nocivos como los que se observan en la Figura 40.1.

Para evitar estos fenómenos, cuando se cuenta con espesores combinados de base y losa de más de 20 cm, la recomendación generalizada es la de aplicar sobre la superficie existente tareas de demolición y asentamiento (*crack & seating* en inglés), las cuales pueden producirse por medio de diversos equipos; aunque dependiendo también de la aptitud vial existente por debajo de ellas.



Figura 40.1. Inadecuado tratamiento de losa previo a la colocación de capas de rodamiento

Con espesores combinados muy reducidos y deterioros extremos, estas tareas pueden lograrse mediante el uso con vibración de rodillo texturado (z-grid roller) y rodillo liso, como se observa en la Figura 40.2.



Figura 40.2. Uso de z-grid roller y rodillo liso (Thompson, 2006)

Cuando los espesores combinados ya comienzan a ser de importancia, se requiere de técnicas más agresivas. Así es como se han desarrollado equipos de rotura de martillos múltiples (multi-head breaker) que golpean de manera secuenciada la losa, generando su fractura en elementos de dimensiones acotadas en sus lados, entre 0,10 y 0,17 m², tal como se observa en la Figura 40.3. Con este tratamiento, la aplicación posterior de sistemas antirreflejo de fisuras, a ser analizadas en artículos venideros, tiene mayores probabilidades de lograr adecuadas vidas útiles.



Figura 40.3. Uso del multi-head breaker (Thompson, 2006)

En otros casos, cuando la decisión es la de triturar in situ por completo la capa de pavimento, se pueden utilizar sistemas portátiles (Figura 40.4 der.) que permiten tal acción, a partir de trozos de la losa obtenidos inicialmente mediante el uso de un martillo hidráulico (Figura 40.4 izq.).



Figura 40.4. Uso in situ de martillo hidráulico (izq.) más trituradora portátil (der.)
(<https://xcentricripper.com/es/>)

Si no, se puede emplear la rotura por alta frecuencia y baja amplitud, mediante la pasada en filas contiguas del equipo de rubblizing, Figura 40.5, que presenta un esquema de generación de granos de mayor tamaño en función de la profundidad, como se observa en la Figura 40.6.



Figura 40.5. Uso del equipo de rubblizing (https://resonantmachines.com/es_ES/)

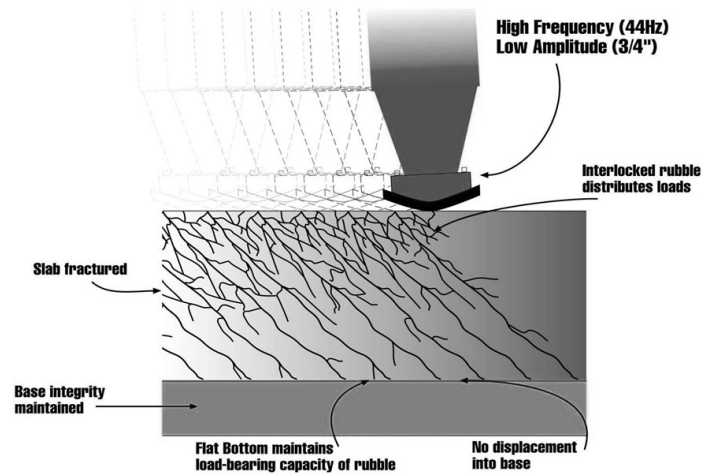


Figura 40.6. Patrón de trituración mediante rubblizing (https://resonantmachines.com/es_ES/)

El material de demolición así logrado puede recibir luego de manera directa, después de su compactación, la capa final de cobertura. En otras ocasiones la técnica se utiliza como una primera demolición, que permite la extracción de las armaduras con las que pueden contar las losas (Figura 40.7), para luego terminar de triturar, por ejemplo, mediante una recicladora. Si no, como una técnica que combina lo “in situ” con lo “en planta”, puede realizarse la remoción del material inicialmente logrado mediante el rubblizing para su potencial triturado secundario en planta y la combinación, o no, con otros materiales para lograr bases estabilizadas granulares que, complementariamente, pueden ser tratadas con ligantes asfálticos o hidráulicos; aunque todo esto, si existieran los espacios disponibles, también podría realizarse al costado de la obra (o sea de manera “casi” in situ). Se trata, por lo tanto y como ya se había anticipado, de una técnica que ajustaría al concepto de in situ o en planta, según los detalles de su aplicación en cada caso en particular.



Figura 40.7. Retiro de armadura en pavimento luego de rubblizing (resonantmachines.com/es_ES/)

Más o menos con el espíritu de esto último, en el próximo artículo se abordan conceptos de técnicas que corresponden de mejor modo a las de aplicación en planta.

Referencias

Thompson, M. R. (2006). Rubblization using multi-head breaker equipment. Transportation Research Circular No. E-C087, 31-41.

Artículo 41 – Demolición de losas en pavimentos de hormigón

La técnica abordada en el presente artículo constituye la primera acción del proceso de rehabilitación conocido como “reparación de losas en espesor completo” (Rivera, 2023). Ese proceso se aborda en artículos venideros, pero la acción específica de la demolición de la losa se ha decidido tratarla aquí, como una forma de obtener el material que da lugar a una de las calificaciones propuesta en el Artículo 034; es decir, aquellas que involucran el reciclado de material de pavimentos de hormigón bajo la categoría de “en planta”.

En rigor, esa categoría implicaría solo el hecho de recibir hormigón de demoliciones y reducirlo a un tamaño de aplicación en hormigones con material reciclado, u otros usos similares (por ejemplo, las bases granulares comentadas en el artículo anterior). Para esa aplicación vial se recomienda analizar lo establecido en el PET-2017 de la DNV para el ítem “Pliego de especificaciones técnicas generales para pavimentos de hormigón, con aporte de hormigón reciclado” (<https://www.argentina.gob.ar/transporte/vialidad-nacional/licitaciones/pliegos-de-especificaciones-tecnicas>).

Por todo lo expresado, en el resto del artículo se busca más profundizar sobre la propia acción de demolición en obra que en cuanto al empleo final del material demolido.

En tal sentido, un primer aspecto que conviene mencionar se relaciona con una tipología de falla que resulta de interés, la que se observa en la Figura 41.1. Allí, se ve una Losa 1 recientemente ejecutada como tarea de rehabilitación, contigua a una Losa 2 antigua y fisurada. Como dato complementario, se tiene que la Losa 2 no estaba fisurada al momento de efectuar la rehabilitación. Una interpretación inicial podría señalar que lo sucedido tiene relación con un mal diseño de la rehabilitación, que tendría que haber señalado también la demolición de la Losa 2, previendo su próxima fisuración. Pero muchas veces, el real problema se relaciona con otro hecho que conviene destacar.



Figura 41.1. Caso típico de problema de demolición de losa

Se trata de aquel cuando la demolición se produce del modo que se observa en la Figura 41.2; es decir, utilizando un martillo neumático en punta.



Figura 41.2. Demolición de losa con martillo neumático con punta

Esta forma de demoler una losa lleva generalmente a que, en las losas contiguas, que se deciden dejar como remanentes en la obra, se produzca un efecto como el que se ilustra en la Figura 41.3, debido al debilitamiento generado en el espesor. De este modo, el causal de la falla de la Figura 41.1 no reside mayoritariamente en la fatiga de la losa existente, sino en un accionar inadecuado durante la rehabilitación.

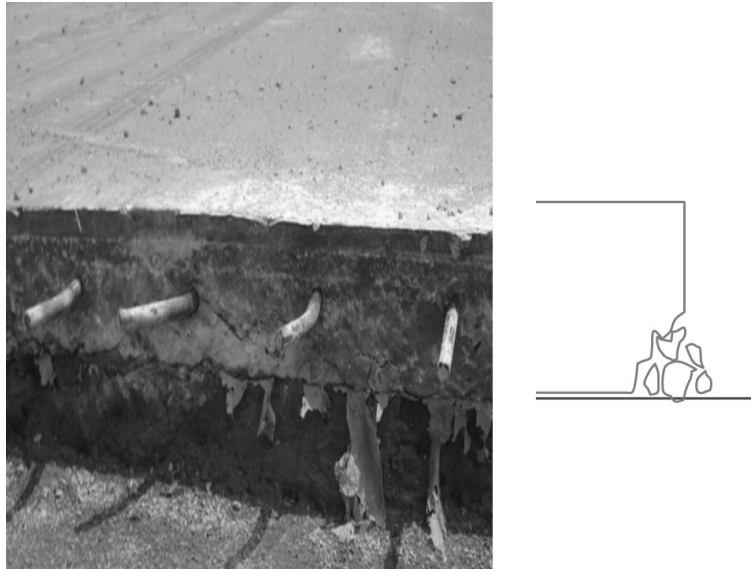


Figura 41.3. Efecto en losas contiguas ante demolición con punta

El defecto puede mitigarse cuando se hace uso combinado de dos detalles en las tareas a desarrollar. Uno se relaciona con el empleo de mayores diámetros de hojas de aserrado para permitir llegar a mayor profundidad de la losa (Figura 41.4 y 41.5), reduciendo al máximo el espesor efectivamente a demoler.

El otro detalle que puede incorporarse es que la demolición se realice preferentemente con equipos neumáticos manuales, con menor energía de aplicación, y con una herramienta tipo cincel, que disminuye la rotura de la losa contigua (Figura 41.6). De este modo, se tomarían recaudos que llevan a potenciales mayores vidas útiles de las losas remanentes, sin introducir notorios costos adicionales.

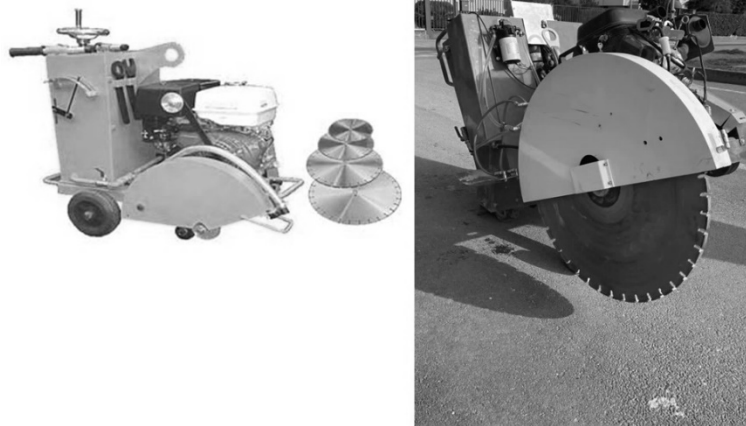


Figura 41.4. Empleo de diámetros mayores de hojas de aserrado



Figura 41.5. Hoja de aserrado de gran diámetro montada en equipo autropulsado

Como se ve, el artículo se centra en algunas cuestiones de obra, más allá de opciones disponibles en la aplicación de la reutilización del material. Esto se justifica sin mayor problema por el espíritu que tiene esta publicación de abordar algunas soluciones viales a nivel disparador, para que a quien le pueda interesar cuente con un punto de partida para mayores análisis. Se espera haber cumplido con tal cometido.



Figura 41.6. Uso de cincel en demolición de losa

Referencias

Rivera, J. (2023). Revalorización de la componente técnica en las políticas municipales aplicadas en los pavimentos urbanos. *GIICMA CITI*, n. 16, pp. 15-21, enero-junio.

Artículo 42 – El bacheo asfáltico (parte 1)

Siguiendo con las técnicas aplicables en políticas de mantenimiento vial, se analizan las situaciones en las cuales, sea por el tipo de deterioro que fuera (fatiga, desprendimiento, etc.), se ha producido de manera localizada un bache. En este sentido, cabe recordar que el bache no sería en sí un “tipo de deterioro”, sino más bien el estado terminal de una tendencia a la falla debido a una causa dada, que no fuera oportunamente tratada. Por lo señalado, puede ser que la intervención de bacheo se realice de manera puntual, pero conjunta en tramos en los cuales un deterioro determinado está siendo tratado en un estadio previo; por ejemplo, mediante tomado de fisuras, sellado, sistemas antirreflejo de fisuras, etc.

Lo primero que corresponde establecer, una vez las aclaraciones anteriores, es si se trata de un bache que solo afecta la capa de rodamiento asfáltica, en cuyo caso la solución a aplicarse será la de un “bacheo superficial”, o si ha alcanzado a las capas subyacentes, requiriendo de la intervención de un “bacheo profundo”.

Muchas veces, especialmente cuando el bacheo es superficial, lo que se observa es la lastimosa aplicación de una mezcla asfáltica de reemplazo directamente sobre el bache, Figura 42.1, sin más que, en el mejor de los casos, un barrido y secado con aire a presión de la superficie.



Figura 42.1. Solución inadecuada de un bache superficial

Esta acción es, a todas luces, una aplicación con potencial de vida útil limitado, sobre todo cuando se emplea mezcla asfáltica en caliente; la que puede ser fácilmente ampliada si se realiza el aserrado de los límites del bache, la remoción de la capa asfáltica preferentemente con cincel y la reconfiguración y sellado superficial de la base existente, Figura 42.2.



Figura 42.2. Recorte y reconfiguración de base en bache, previo al riego de liga

Si, en cambio, el bacheo es profundo, lo recomendable es que la apertura superficial del bache, es decir, de la capa asfáltica, se realice en una superficie un poco mayor a la de las bases a ser intervenidas; por ejemplo, excediendo entre 20 y 30 cm por lado. Mediante esta técnica se asegura luego que la interfase vertical entre las capas de bases intervenidas/no intervenidas no coincida con la que se generará entre las capas asfálticas nueva/existente. De ese modo, posibles asentamientos en las bases reparadas se ven de mejor modo disimulados al no tener una continuidad directa en la capa asfáltica.

Luego de la intervención necesaria como terminación a la capa de base, corresponde la aplicación del riego de liga asfáltico de manera homogénea y con una dotación controlada, evitándose, de ese modo, la exudación superficial (conocida en algunos lados como sangrado) ante excesos y la producción de despegue de capa en arco ante faltantes (Figura 42.3 arriba y abajo, respectivamente).

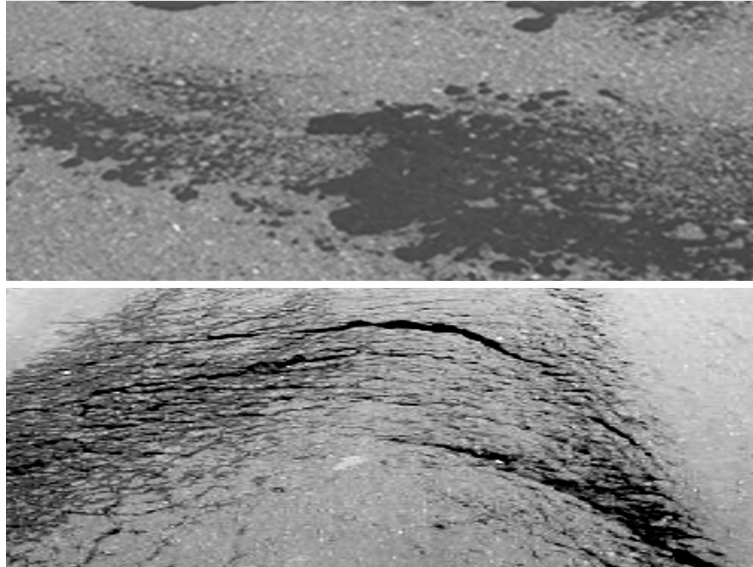


Figura 42.3. Exudación por exceso de riego (arriba) y despegue de capa con fisura en arco por faltante del mismo (abajo)

Para evitar lo mencionado, en superficies reducidas puede emplearse la distribución de la emulsión asfáltica mediante una lanza a presión que facilita la tarea, cuando no es posible pensar en el empleo de un camión regador. En la Figura 42.4 se observa cómo esta tarea puede ser realizada sin tomar este recaudo mínimo mencionado, mientras que la Figura 42.5 muestra cuando se realiza de un modo acorde a las técnicas disponibles. Ver especialmente cómo en el segundo caso el riego se ha aplicado en las paredes verticales de recorte del bache y un poco más allá de la superficie afectada, lo cual resulta recomendable por cuestiones a ser explicadas en el próximo artículo.



Figura 42.4. Aplicación inadecuada de un riego asfáltico en un bache



Figura 42.5. Buena aplicación de un riego asfáltico en un bache

Paso seguido, se realiza la aplicación de la capa asfáltica, su compactación y su terminación, temas que también tratan en el artículo con la parte 2 sobre la temática.

Artículo 43 – El bacheo asfáltico (parte 2)

Dando continuidad al artículo anterior, corresponde ahora analizar la colocación de la mezcla asfáltica en el bache y su posterior compactación.

Suponiendo que el bache ya ha sido adecuadamente recuadrado, conformado superficialmente en su base y que cuenta con el riego de liga pertinente, se procede a su llenado. Esto se hace en gran parte de los casos mediante una mezcla asfáltica en caliente (Rivera, 2023). Dicha mezcla se carga desde una planta asfáltica en un camión que, generalmente, no es de gran porte, debido a que servirá para el llenado de varios baches, salvo que se trate de bacheos de dimensiones generosas. Esto se debe a que, de algún modo, se intenta que la mezcla asfáltica que llega a los últimos baches no haya perdido tanta temperatura que torne inadecuada su compactación.

En tal sentido, no ayuda en mucho la manera habitual de realizar el llenado del bache, que es básicamente a mano y con palas (Figura 43.1); pues esto ralentiza la operación.



Figura 43.1. Llenado de un bache de manera manual

Claramente, la operatoria puede acelerarse y mejorarse notablemente en su calidad, cuando el llenado se realiza mediante alguna maquinaria. Ante la excusa típica de que esto no es sencillo debido a las dimensiones involucradas, lo que corresponde señalar es que en la actualidad hay disponibles equipos, como la terminadora de la Figura 43.2, que pueden ser perfectamente utilizados.



Figura 43.2. Empleo de terminadora de dimensiones reducidas en bacheos

En el mismo sentido, también la operatoria de compactación puede realizarse en la mayoría de los casos de buen modo con equipos autopropulsados lo suficientemente pesados, como el de la Figura 43.3; debiéndose recurrir solo a los equipos manuales más livianos cuando no exista otra alternativa.



Figura 43.3. Compactación en un bache con rodillo autopropulsado

Un tema relacionado es hasta qué nivel realizar el llenado del bache. Muchas veces, esto se realiza montando levemente la mezcla colocada sobre la remanente hacia los bordes, como una vía para evitar luego el ingreso de agua. Pero esta operatoria lleva de por sí un aporte al incremento de la rugosidad, dado el desnivel generado, el cual ante operatorias repetidas como la de la Figura 43.4 termina generando una superficie de rodamiento altamente incómoda para su circulación.



Figura 43.4. Campañas sucesivas de bacheo con terminación superficial inadecuada

Para evitar esto, corresponde realizar el llenado de manera tal que luego, al compactarse, el nivel del bacheo sea coincidente con el nivel del pavimento circundante (Figura 43.5).



Figura 43.5. Llenado de bache y compactación a tope

Pero esto puede llevar más adelante a la generación de una junta por tratarse de la aplicación de una capa en caliente de manera contigua a una con la temperatura ambiente, que se transforma en una vía preferencial para el ingreso de agua, como puede observarse en la Figura 43.6.



Figura 43.6. Sector bacheado con junta abierta al pavimento remanente

Lo citado se evita, entonces, al realizar adicionalmente el tomado de la junta mencionada con sellador asfáltico (tema a ser abordado en un artículo venidero), como se observa en la Figura 43.7.



Figura 43.7. Bache con junta tomada con sellador asfáltico

Se ha buscado entre el anterior artículo y el presente dar una reseña de ciertos recaudos que son factibles de ser tenidos en cuenta en operaciones de bacheo con mezcla asfáltica en caliente.

Existen claro otras alternativas; como es el caso del empleo de concretos asfálticos en frío (tanto provenientes de plantas como elaborados in situ), mezclas para bacheos con biomateriales, concretos asfálticos en caliente in situ, tecnologías novedosas (como la de Glass Mat Thermoplastic, constituida por un agregado plástico que se distribuye en frío en el bache y se funde luego con una lanza con calor, según se observa en la Figura 43.8), etc. Estas pueden resultar de utilidad, aunque se recomienda para su implementación tomar los recaudos adicionales necesarios según la tecnología que impliquen.



igura 43.8. Sistema Glass Mat Thermoplastic para bacheo

Referencias

Rivera, J. (2023). Revalorización de la componente técnica en las políticas municipales aplicadas en los pavimentos urbanos. GIICMA, UTN Concordia, n 16, pp 15-21, enero-junio.

Artículo 44 – El tomado de juntas y fisuras en pavimentos

El tomado de juntas y fisuras, tanto en pavimentos asfálticos como de hormigón, es una de las tareas más habituales en las políticas de conservación y rehabilitación vial. No obstante, muchas veces se realiza de maneras que no guardan ni el más mínimo detalle técnico, como es el caso del calentamiento del sellador asfáltico observado en la Figura 44.1 y su posterior distribución según se ve en la Figura 44.2.



Figura 44.1. Calentamiento directo a la llama de un sellador asfáltico



Figura 44.2. Distribución inadecuada de un sellador asfáltico

Claramente, estas dos tareas, esenciales en el tomado de juntas y fisuras mediante un sellador asfáltico, se realizan con mayor aptitud técnica cuando se emplea una fusora, como la que se observa en la Figura 44.3, que cuenta con un baño termostático en el cual se introducen los habituales panes de sellador asfáltico con los que suele proveerse. De este modo, el incremento de temperatura de este material se realiza de manera controlada y paulatina, aportando a que las propiedades con las que se fabrica se mantengan de mejor modo.

La distribución del sellador asfáltico, una vez a la temperatura adecuada, se realiza mediante la lanza que tiene incorporado el equipo, lográndose una aplicación controlada, como la que se observa en la Figura 44.4.



Figura 44.3. Fusora para sellador asfáltico



Figura 44.4. Lanza y distribución del sellador asfáltico

De igual modo, las diversas normativas y reglamentaciones existentes, como la del PUETG-DVBA2019 (DVBA, 2019), contemplan diferentes tipos de configuraciones para la tarea, tanto se trate de un pavimento asfáltico (Figura 44.5) como de un pavimento de hormigón (Figura 44.6); solo a nivel de ejemplos.

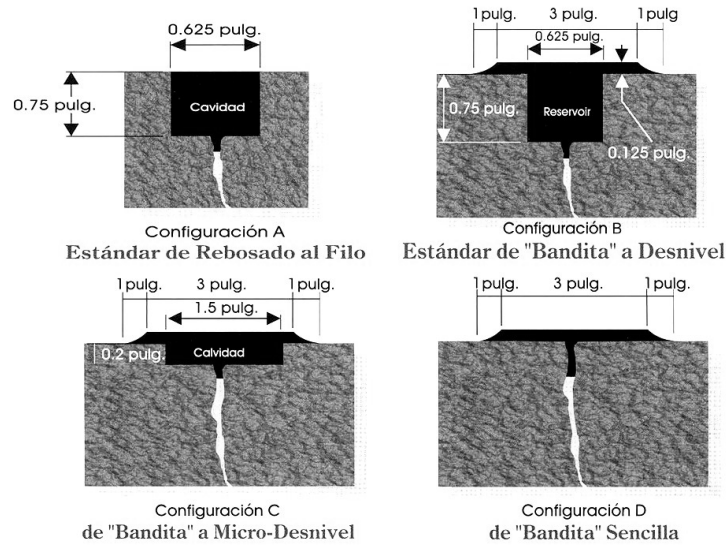


Figura 44.5. Ejemplo de cuadro de configuraciones para pavimento asfáltico

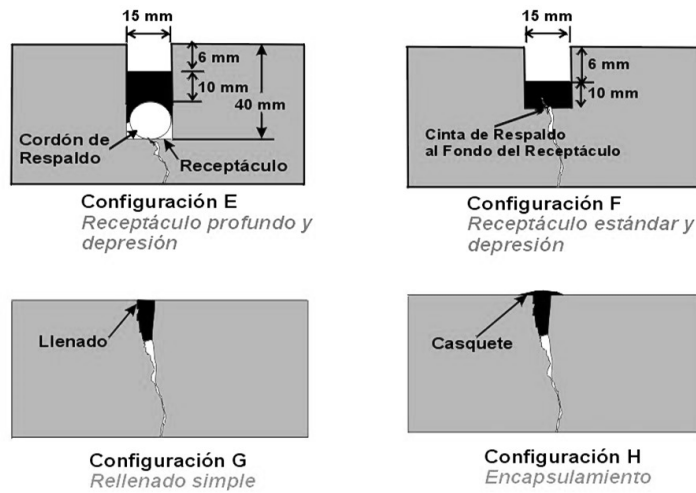


Figura 44.6. Ejemplo de cuadro de configuraciones para un pavimento de hormigón

Como se observa en estas figuras, algunas de las configuraciones requieren de un rebaje de la superficie o la generación de un reservorio, como los que se obtienen mediante la ruteadora de la Figura 44.7, entre otros equipos.



Figura 44.7. Ruteadora en un pavimento asfáltico

Claro está, tanto las juntas como las fisuras, previo a la colocación del sellador asfáltico, deben encontrarse limpias, secas y libres de todo tipo de materia que pueda luego entorpecer su adecuado funcionamiento (Figura 44.8).

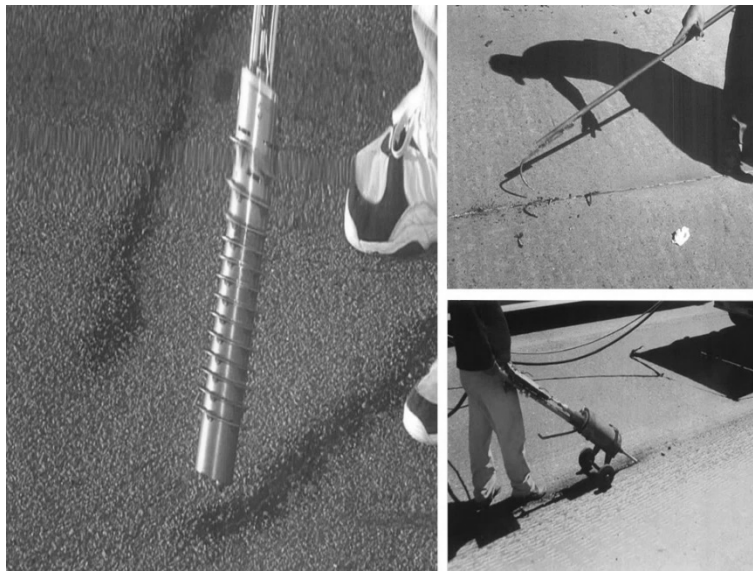


Figura 44.8. Tareas de limpieza y secado en juntas y fisuras

Finalmente, vale la pena mencionar que en el caso de los pavimentos de hormigón existen productos alternativos para la realización de esta tarea en frío, como es el caso de los selladores siliconados, Figura 44.9.



Figura 44.9. Tomado de junta en pavimento de hormigón con sellador siliconado

Se ha realizado con el presente artículo una breve reseña de diversos aspectos del tomado de juntas y fisuras, que se pretende sirvan de disparador para que el lector cuente con una base sobre la cual luego profundizar sus investigaciones.

Referencias

DVBA (2019). Pliego Único de Especificaciones Técnicas Generales – Edición 2019. Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires.

Artículo 45 – El refuerzo de juntas y fisuras transversales en pavimentos de hormigón

Uno de los modos de deterioro que pueden observarse en ciertas ocasiones en juntas y, más habitualmente, en fisuras transversales, es el de escalonamiento. Se trata de la diferencia de nivel existente hacia ambos lados de estas, presentando una evolución gradual debido al paso del tránsito. En la Figura 45.1 se observa a la izquierda un ejemplo de escalonamiento en una junta transversal y a la derecha en una fisura.

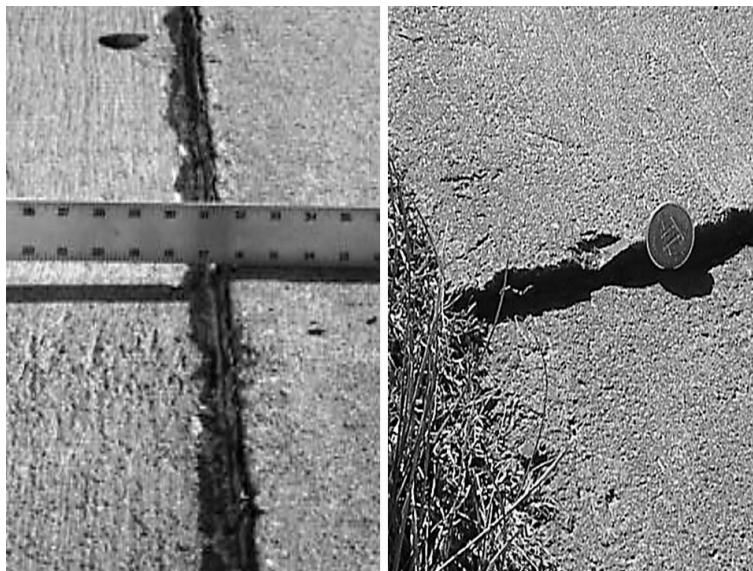


Figura 45.1. Escalonamiento en juntas y fisuras transversales

Este fenómeno se debe, en las juntas, a una falencia (o inexistencia) de pasadores y en las fisuras, claro está, directamente a su inexistencia. En el caso de las fisuras se entiende fácilmente por qué no cuentan con pasadores, pero cabe señalar que en el caso de juntas eso puede deberse a una decisión de proyecto, que no implica necesariamente un error. Esto se debe a que, para ciertos tipos de pavimentos, existen alternativas de juntas transversales de contracción de esta tipología, como es el caso de la especificada por la DNV (2017) como Tipo A-2 (Figura 45.2) o en sistemas de juntas optimizadas como el propuesto por TCPavements (Del Río et al., 2024). En estas, la transferencia de carga se

adopta como ejercida a través de la fricción de los agregados entre ambos lados de la grieta en el espesor no aserrado, una vez producida la fractura por contracción.

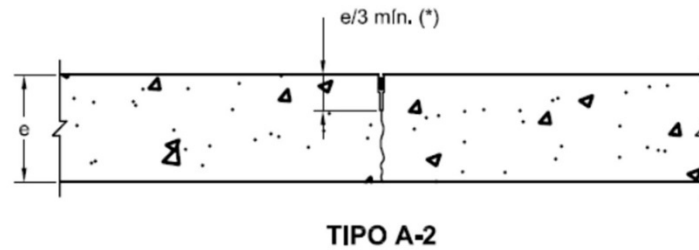


Figura 45.2. Junta de contracción transversal sin pasadores (DNV, 2017)

La solución a este defecto puede darse, previo a un desbaste superficial mediante Microfresado o Diamond Grinding (ver Artículo 035) por ejemplo, mediante el refuerzo con pasadores de la junta o la fisura. Para esto, lo que corresponde se realice es un primer marcado por aserrado del sector que va a servir de receptáculo del pasador (Figura 45.3), más la correspondiente remoción del material mediante cincel neumático.

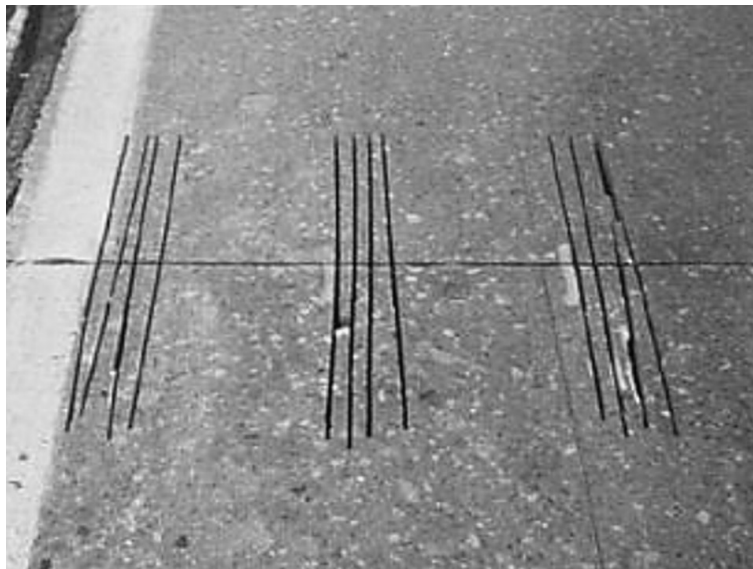


Figura 45.3. Marcado del receptáculo para el pasador

Paso seguido se realiza la limpieza con equipos de aire a presión, se calafatean los sectores de la junta dentro del receptáculo del pasador para impedir el paso del material de relleno (Figura 45.4) y se recubre la superficie con material de adherencia (Figura 45.5).

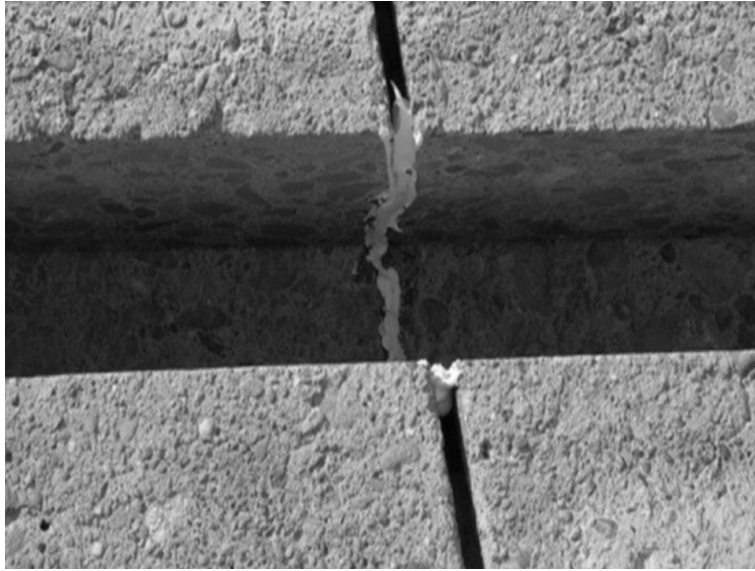


Figura 45.4. Calafateado de juntas en receptáculo de los pasadores



Figura 45.5. Receptáculo del pasador con material de adherencia

Finalizadas estas tareas, se preparan los pasadores, los cuales vienen provistos con una placa de ubicación que les permite dar luego continuidad al plano de falla (Figura 45.6).

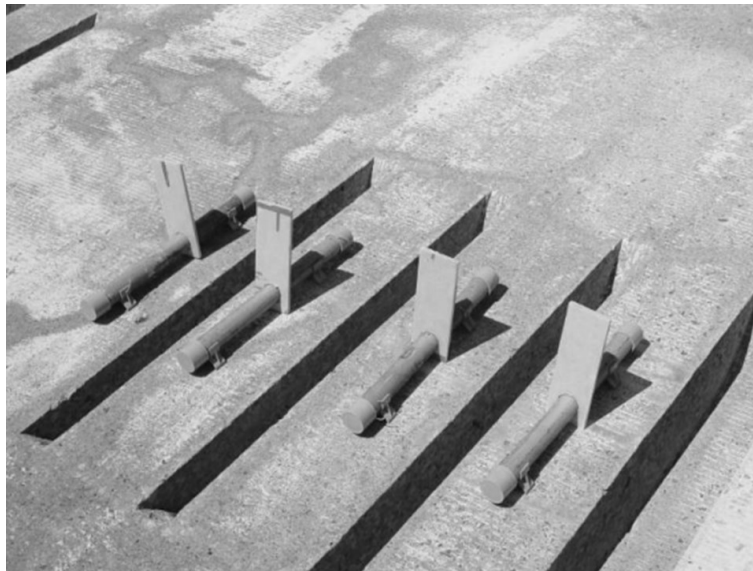


Figura 45.6. Pasadores con placa de ubicación (ICPA, 2016)

Finalmente, una vez colocados los pasadores (ya sea en una junta o en una fisura) se procede al rellenado con hormigón, dándole la terminación superficial necesaria, para arribar así a una superficie luego del curado como la que se observa en la Figura 45.7. En la imagen se ve también cómo se ha solucionado el escalonamiento mediante el desbastado superficial.

De este modo se tienen los principales pasos para aplicar la propuesta de solución al escalonamiento de losas.

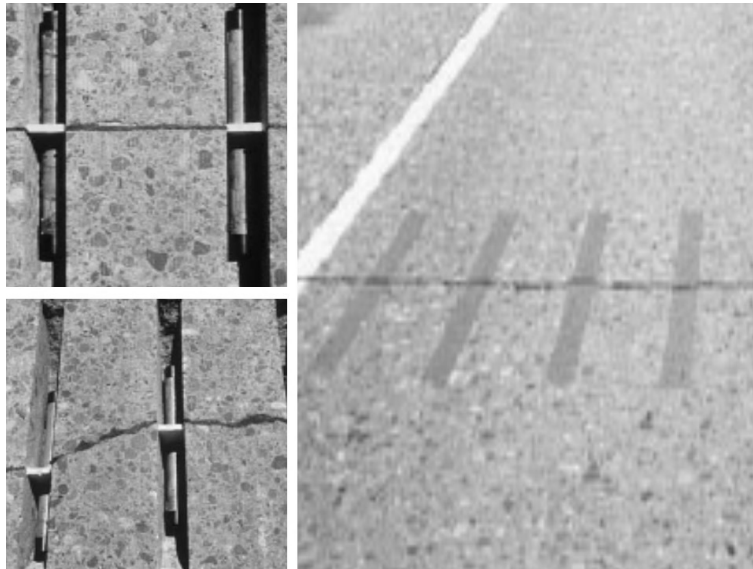


Figura 45.7. Posicionamiento de pasadores en juntas y fisuras, y vista de trabajo terminado

Referencias

Del Rio, P., Covarrubias, J. P., Binder, C., & Rocco, V. (2024). Comportamiento Objetivo de Pavimentos de Hormigón con Losas de Geometría Optimizada Licitados por el Ministerio de Obras Públicas en Chile. *Revista Ingeniería De Obras Civiles*, 12(3), 1-9.

DNV (2017). Pliego de Especificaciones Técnicas Generales para Pavimentos de Hormigón. Dirección Nacional de Vialidad.

ICPA (2016). Manual de pavimentos urbanos de hormigón. Instituto del Cemento Portland Argentino.

Artículo 46 – El refuerzo de juntas y el cosido de fisuras longitudinales en pavimentos de hormigón

En el anterior artículo se abordó el caso en que juntas o fisuras transversales eran reforzadas con pasadores, manteniendo la posibilidad de que sigan trabajando con movimiento en la contracción y dilatación, por las características propias de estos elementos de armadura.

Pero existen también casos, sobre todo cuando la direccionalidad de la junta o fisura a reforzar es longitudinal (o marcadamente longitudinal), en que se decide que no exista dicho trabajo; razón por la cual se aplican técnicas que no permitan el movimiento relativo.

Esto puede realizarse por adherencia mediante la inyección con resina epoxi de elevada fluidez en el caso de las fisuras. Para que dicha inyección llegue a los centímetros inferiores de la losa, se suelen practicar orificios con una mecha de al menos 10 mm de diámetro, provista de un sistema de extracción del polvo para evitar la colmatación. En estos casos, se considera que se tiene una buena cobertura cuando se logra adherir al menos un 70 % del plano de la fisura.

Cuando, en cambio o de manera complementaria, se decide utilizar una armadura, esto se suele materializar con las barras nervuradas de 12 mm de diámetro tradicionalmente utilizadas en las juntas longitudinales, con una separación de aproximadamente 30 cm en planta.

Estas barras se pueden colocar con perforaciones a 35 grados respecto de la horizontal (Figura 46.1), alternadas desde un lado y el otro de la fisura o junta, generando lo habitualmente conocido como el cosido cruzado.



Figura 46.1. Perforado para cosido cruzado (ICPA, 2016)

Para su adherencia, luego de haber sido asegurada la limpieza de los orificios mediante el soplado de aire a presión, se puede emplear también una resina epoxi o un mortero cementicio de baja retracción, realizándose el hincado y pegado de las barras en el momento del día con la temperatura más elevada, para asegurar el mayor cerrado de la fisura o junta.

También las barras se pueden colocar de manera horizontal, pero dado que esa disposición le quita en parte un grado de efectividad por trabajar solo de manera axial (para lo cual se requiere que se realice un receptáculo que posibilite su posicionamiento a una profundidad adecuada), se deben tomar algunos recaudos adicionales. Uno de ellos es el de que al generar por aserrado estos receptáculos se realicen de forma tal que las barras queden dispuestas de manera perpendicular a la discontinuidad en cada uno de los puntos de aplicación, como se observa en la Figura 46.2. De este modo se tiene que al trabajar las mismas generan un componente de esfuerzo sobre los sectores cercanos que no poseen la misma direccionalidad, por no guardar justamente en planta paralelismo con las barras insertadas en esos sectores.



Figura 46.2. Cajas para barras horizontales no paralelas entre sí

Otro de los recaudos, en rigor adicional al anterior, es el de utilizar ensanches (generalmente cilíndricos) en los extremos de las barras (Figura 46.3), de manera que trabajen de forma adicional al nervurado. Para la colocación de las barras con este formato es necesario, además del aserrado, generar perforaciones en los extremos para permitir el hincado de las barras así preparadas.



Figura 46.3. Barras con extremos para cosido de fisuras

Una vez colocadas las barras en estas alternativas, el llenado de los huecos se efectúa nuevamente con resina epoxi o mortero cementicio de baja retracción.

Con lo expuesto en el artículo anterior y el presente, se tiene una serie de comentarios que permiten al lector interesado profundizar luego en la temática del empleo de armaduras en el refuerzo de juntas y fisuras de pavimentos de hormigón en general.

Referencias

ICPA (2016). Manual de pavimentos urbanos de hormigón. Instituto del Cemento Portland Argentino.

Artículo 47 – Reparación de espesor completo de losas en pavimentos de hormigón

En el Artículo 041 se trató la demolición de losas de hormigón en pavimentos de manera general, mencionando que cuando se aplica en losas aisladas (o un conjunto aislado de losas) constituye una primera acción del proceso de rehabilitación conocido como “reparación de losas en espesor completo” (Rivera, 2023). En el presente artículo se abordan los restantes aspectos de interés para dicha técnica.

Superado el hecho de la demolición de la losa, entonces, lo siguiente es determinar si también la base sobre la que apoyaba se encuentra afectada o no. Si no estuviera afectada y se tratara de una base lo suficientemente rígida (por ejemplo, ejecutada de “hormigón pobre” o, en muy raras ocasiones, con una mezcla asfáltica), generalmente se aplica una nueva losa “adherida”, para que de ese modo trabajen de manera conjunta. Si, en cambio, esa tipología de base estuviera afectada, entonces corresponde intervenirla mediante su triturado cuando se establece que pase a ser una base de respuesta granular (en este tipo de reparaciones no sería lo habitual) o rehacerla (previa demolición de la parte afectada). En este último caso, nuevamente, lo habitual es que la nueva losa sobre la base reconstruida también se encuentre adherida.

Si la base fuera del tipo granular (o levemente cementada, pero ya microfisurada por haber sufrido el plazo de operación), y no estuviera afectada, correspondería entonces solo su reconfiguración superficial en vistas a la materialización de la nueva losa.

En el caso de esta misma tipología de base, pero que presenta un grado de afectación importante, se procede a su apertura y reconfiguración, para lo que es necesario señalar un detalle respecto de la zona de intervención en planta. Esto se debe a que, habitualmente, se observa en obra que una vez establecido que la base debe ser intervenida, se lo hace en el total de la superficie por debajo de la losa (Figura 47.1); es decir, generando una junta coincidente en vertical en cuanto a zona tratada y las juntas de las losas. Eso posibilita con mayor probabilidad la generación de planos de falla por consolidación de la base e ingreso de humedad por las juntas; lo cual puede, en cierto

modo, mitigarse si el área tratada es menor que la de la losa, desplazando de este modo en planta las juntas, tal como se observa en la Figura 47.2b.



Figura 47.1. Área de intervención de bases afectadas coincidente con la superficie de la losa

Más allá de lo expresado, cuando las bases pueden asimilarse a aquellas de comportamiento granular, la recomendación adicional en las intervenciones es la de respetar del mejor modo posible el espesor de las losas periféricas, de manera tal de evitar salientes que contribuyan al fenómeno de ablandamiento por subdrenaje, debido a las redes de escurrimiento existentes bajo las losas durante los periodos de saturación (Figura 47.2a).

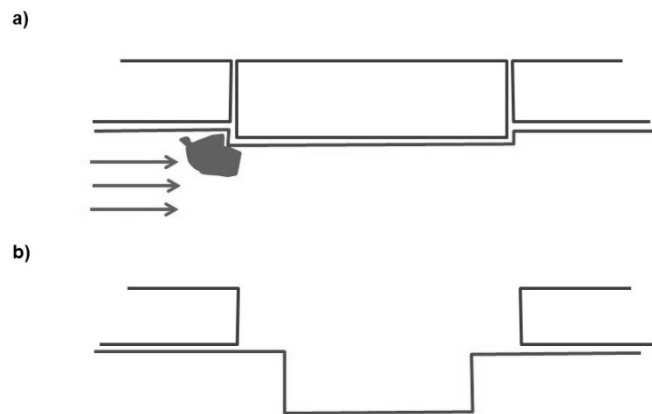


Figura 47.2. a) Ablandamiento de base por subdrenaje debido a salientes debajo de la losa y b) recomendación de límites de intervención en bases

En el caso que la solución se establezca como óptima del tipo no adherida, por el grado de deterioro de la base y en busca de que eso no se transmita hacia la nueva losa (aunque admitiendo un mayor esfuerzo interno de la misma), generalmente la discontinuidad se logra en obra mediante la interposición de una manta de polietileno de al menos 200 micrones de espesor (Figura 47.3).



Figura 47.3. Solución no adherida mediante manta de polietileno

Paso seguido, se deben colocar las armaduras perimetrales de la zona intervenida. En el caso de los pasadores, estos se ubican en el eje neutro (Figura 47.4 der.), pero en el de las barras de unión, es posible optimizarlas en su trabajo, colocándolas en tresbolillo (Figura 47.4 izq.).



Figura 47.4. Barras de unión (izq.) y pasadores (der.) perimetrales

Para la colocación de dichas armaduras deben realizarse las correspondientes perforaciones, lo cual puede lograrse de manera precisa utilizando equipos montados sobre ruedas (Figura 47.5 arriba), aunque si se trabaja de manera manual entre dos operarios (uno que perfora y otro que ayuda a mantener el grado de horizontalidad necesario) también la tarea puede lograrse de buen modo (Figura 47.5 abajo).

Como comentario adicional, para las barras de unión de 12 mm conformadas, es suficiente utilizar una mecha de 16 mm de diámetro y para los habituales pasadores de 32 mm lisos, basta con una broca de 36 mm de diámetro; en ambos casos con una profundidad de aproximadamente 25 cm y con una leve pendiente hacia abajo en la perforación para permitir ingreso de material de sujeción. Dicho material puede ser preferentemente una lechada de cemento fluida sin retracción o una resina epoxi. En la inserción de las barras, es de ayuda que se realice con un movimiento manual rotatorio para asegurar la buena cobertura de este material.



Figura 47.5. Perforaciones para armaduras en losas perimetrales con equipo especial (arriba) o del tipo manual (abajo)

En las zonas de juntas intermedias las armaduras, especialmente los pasadores, se colocan montados en caballetes para asegurar su posición y provistos de elementos de separación (Figura 47.6 arriba), los cuales también se colocan en los bordes (Figura 47.6 abajo).

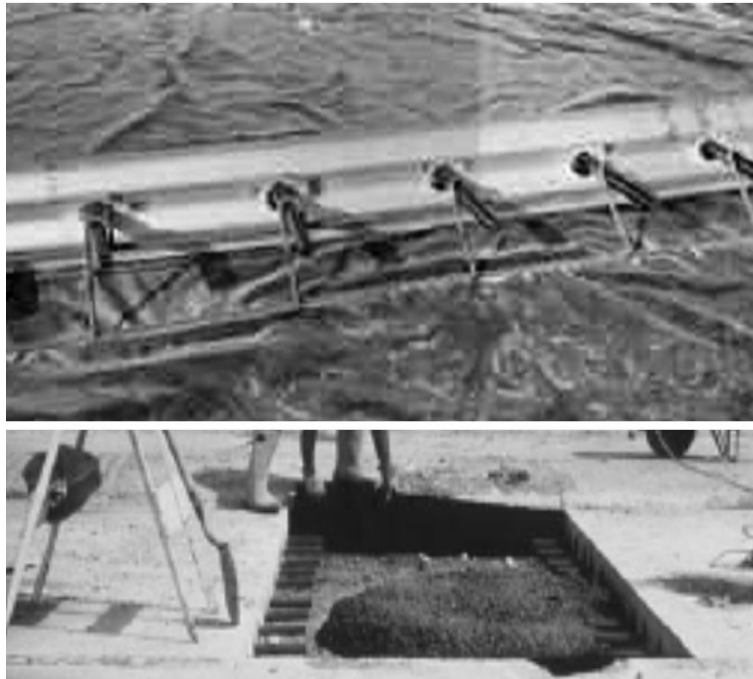


Figura 47.6. Pasadores en juntas intermedias (arriba) y elementos de separación en juntas laterales (abajo)

En los pasadores perimetrales, la mitad saliente se engrasa o se cubre con un capuchón, muchas veces de PVC, para permitir su movimiento, y en los de juntas centrales la mitad correspondiente se trata de igual modo.

Como paso final se realiza el colado, vibrado y reglado superficial del hormigón de la losa de manera convencional (Figura 47.7).



Figura 47.7. Reglado superficial de la losa reconstruida

Se realiza en el presente artículo el pase por diversas operaciones comprometidas en la reparación de espesor completo en losas; muchas de las cuales son de aplicación también para otras tareas de conservación y rehabilitación asociadas e, incluso, en obra nueva.

Referencias

Rivera, J. (2023). Revalorización de la componente técnica en las políticas municipales aplicadas en los pavimentos urbanos. GIICMA CITI, n. 16, pp. 15-21, enero-junio.

Artículo 48 – Reparación de pavimentos de hormigón con losas especiales

En el artículo anterior se analizó la tradicional intervención de pavimentos de hormigón con la técnica de reparación de espesor completo. Esta técnica es de utilidad en la inmensa mayoría de pavimentos que se encuentran a nivel nacional en vías de bajo volumen de tránsito. Sin embargo, en algunos casos existen variables de entorno que hacen que se deban instrumentar algunas soluciones especiales, sobre todo en tramos de reducida longitud, motivo del presente artículo.

Una de estas situaciones se da cuando se requiere una respuesta estructural de las losas superior a la ya nada despreciable que se alcanza con el hormigón simple generalmente utilizado. Se trata, como se desprende de este comentario, de situaciones complejas en sectores con paso de cargas excepcionales tanto en magnitud como en volumen (es decir, cantidad de vehículos por unidad de tiempo); muchas veces provenientes de itinerarios que involucran mayoritariamente vías con alta sollicitación de tránsito que se intersecan con vías de bajo volumen en superficies reducidas. En esos casos, si los plazos de intervención disponibles son adecuados, las soluciones conllevan a losas de hormigón armado (Figura 48.1), con cuantías significativamente por encima de las utilizadas en alternativas tradicionales con armadura de repartición o de refuerzo (ya analizadas en el Artículo 026 con la denominación de CRCP y JRCP).

En estas mismas situaciones, pero con plazos que no posibilitan una intervención con un hormigón colado tradicional (por ejemplo, por imposibilidad de interrupción del tránsito más allá de una ventana reducida de horas), la alternativa de intervención es a través de losas prefabricadas pretensadas, que se disponen en su ubicación final en minutos previo haber intervenido las bases según la tipología y grado de severidad que se presente (Figura 48.2).



Figura 48.1. Losas de pavimentos con cuantías significativas de armadura (fibreconcretolutions.com/blog/audax-plate-dowels/)



Figura 48.2. Losa pretensada de hormigón para pavimento (Snyder, 2021)

La combinación restante de condicionantes, es decir restricción en tiempo pero no existencia de solicitaciones extremas, también ha llevado a soluciones de losas de hormigón simple prefabricadas; como de las que hay experiencia en Argentina o han sido desarrolladas en investigaciones de la Universidad Católica de Chile (González et al., 2023), aunque en este último caso en rigor si se cuenta con una armadura mínima, pero por motivos de su izado y no por las cargas de tránsito actuantes (Figura 48.3).



Figura 48.3. Losas de la técnica CAPH desarrolladas por la Universidad Católica de Chile

Finalmente, cabe también comentar técnicas mediante las cuales las losas prefabricadas para reparación se elaboran con un material diferente al hormigón. Una de estas técnicas, al menos analizada a nivel de laboratorio, ha sido la propuesta en Colombia mediante losas prefabricadas de madera (Devia Castillo, 2016). Otra técnica asociada materializa las losas prefabricadas con plásticos reciclados y para tránsitos livianos sin excepción. Uno de los productos de esta técnica es el que inicialmente se conoció como PlasticRoad y que, más recientemente, ha tomado el nombre de CirculinQ (Figura 48.4), pensado solo para tránsito peatonal o ciclista.

Como se puede observar, lo abordado en este artículo da lugar a diferentes alternativas que buscan solucionar de diversas maneras los aspectos relacionados que se han dado a llamar “especiales”. Como siempre, será tarea del lector profundizar en aquellas técnicas que le han resultado de interés entre las que aquí se mencionan solo de manera ilustrativa, dados los propósitos formativos generales que tiene esta publicación.



Figura 48.4. Alternativa de losa con material plástico reciclado (www.sustainableplastics.com)

Referencias

Devia Castillo, C. A., Reyes, F., Morales, I., Morris, M., & Pareja, J. (2016). Losas en madera como propuesta de solución al diseño y construcción de pavimentos. *Colombia forestal*, 19(1), 95-109.

González, M., Nalbandian, K., Brescia, L., Navarrete, I., González, Á., Fonseca, C., Díaz, F. (2023). Construcción acelerada de pavimentos de hormigón: experiencia Ruta 5 Sur km 38.5. 14° Congreso Internacional y Feria Tecnológica PROVIAL 2023, Chile.

Snyder, M.B. (2021). *Precast Concrete Pavements*. Pavement Engineering and Research Consultants.

Artículo 49 – Solución al recrecido de juntas en pavimentos de hormigón

Otro de los defectos en pavimentos de hormigón factibles de ser intervenidos en una política de mantenimiento vial es el recrecido de juntas. Este fenómeno se puede dar en aquellas sin armadura o con pasadores, al trabajar ante los ciclos estacionales de contracción y dilatación, cuando no se efectúan adecuadas políticas de tomado de juntas mediante un sellador asfáltico u otros (por ejemplo, siliconado). Por lo descrito, esto es posible no solo en juntas transversales, sino también en aquellas que funcionarían como longitudinales en situaciones especiales (como son los cruces) o con una direccionalidad intermedia.

En los pavimentos de hormigón que cuentan con algunos años de operación, sin la adecuada aplicación de la política cada cierto tiempo de tomado de juntas mencionada o que, incluso, entran en operación sin que esta tarea se haya realizado (o se realizó, pero de mal modo, implicando una vida útil del sellado exigua), es de esperarse, sobre todo en regiones con marcadas estacionalidades (como es el caso de gran parte de la Argentina), que durante los periodos de contracción de las losas en invierno cierto material incompresible pueda ingresar en las juntas mencionadas. Se trata de pequeñas piedras u otros elementos arrastrados por el tránsito, que quedan incorporados al espacio de la junta y que se van hincando a medida que son acomodados por las cargas de los vehículos. De este modo, cuando se generan los ciclos de dilatación en verano, las losas no encuentran el espacio necesario para su incremento de magnitud y, por lo tanto, “caminan” sobre la base hacia los laterales que posean menor contención. Así, en un futuro ciclo de contracción en invierno, la junta queda de mayor magnitud que en el ciclo anterior, dando la posibilidad de ingreso de más y mayor material incompresible, con el consecuente desmejoramiento de la situación en ciclos venideros (Figura 49.1).



Figura 49.1. Recrecido de juntas por ingreso de material incompresible

De este modo, se tiene la posibilidad de mayor ingreso de humedad, la cual deteriora la base del pavimento, y se genera una separación tal que provoca que los pasadores dejen de trabajar solo al corte puro y comiencen también a deformarse por la aparición de un brazo de palanca entre ambas caras de la junta.

La intervención que puede efectuarse ante la aparición de este defecto reviste algunos detalles distintivos en función de ciertas particularidades (Páramo, 2016).

Cuando dicha intervención se da en la situación planteada, se basa en interponer entre ambas losas, luego del aserrado y la correspondiente demolición, una viga enterrada como la que se observa en la Figura 49.2a. De este modo, los laterales enterrados de dicha viga dan lugar a las correspondientes presiones pasivas del suelo, evitando que se genere el desplazamiento de las losas ya mencionado.

Por otro lado, si la presunción del fenómeno de recrecido existe previo a la pavimentación, o en caso de que se decida la intervención de una losa completa, la viga enterrada puede materializarse de manera monolítica con dicha losa, para lo cual se

recomienda incluir un chanfle entre ambas, de manera tal de facilitar el colado del correspondiente hormigón (Figura 49.2b).

Por último, si el defecto se detecta en etapas iniciales, la intervención se puede realizar en el lateral externo del pavimento (contra vereda, banquina o lo que fuera). De ese modo, solo el suelo contra la viga enterrada colabora con su empuje pasivo a evitar el desplazamiento (Figura 49.2c).

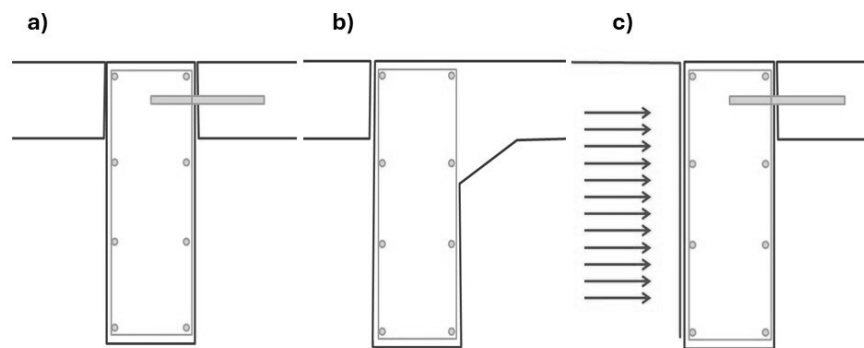


Figura 49.2. Viga enterrada para a) solución de recrecido de junta, b) prevención o solución para reemplazo de losa completa y c) losas laterales

Referencias

Páramo, J. (2016). Nuevas técnicas de reparación de pavimentos de hormigón. XVII Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito, Argentina.

Artículo 50 – La inyección de losas en pavimentos de hormigón

El presente artículo es el último de la serie de aquellos que abordan de algún modo las técnicas de resolución de defectos en pavimentos, dentro de una política de mantenimiento vial, previo a proceder al análisis de las capas de cobertura final y las potenciales soluciones intermedias para retardar el reflejo de fisuras. Claro está que, seguramente, muchas otras técnicas también podrían haber sido mencionadas, pero se dejan por ahora de lado pues se ha buscado, dado el espíritu general de esta publicación, priorizar el tratamiento de aquellas que se consideran más representativas, de manera tal, como siempre, que luego el lector tenga un punto de apoyo para profundizar en sus investigaciones.

El tema al que se aboca el artículo se relaciona con el daño denominado habitualmente como de bombeo. Se trata del efecto que se genera ante falencias en cuanto a la impermeabilidad de las juntas en los pavimentos de hormigón, lo que da lugar al ingreso de agua que, a la corta o a la larga, termina debido a la presión generada por las cargas de tránsito, generando la pérdida de material en bases erosionables (Figura 50.1). Esa pérdida de material lleva en algún momento a la fisuración de la losa, generalmente traducida en una fisura en esquina, con colapso respecto de sus laterales y con la generación de una junta “sucia” (Figura 50.2).

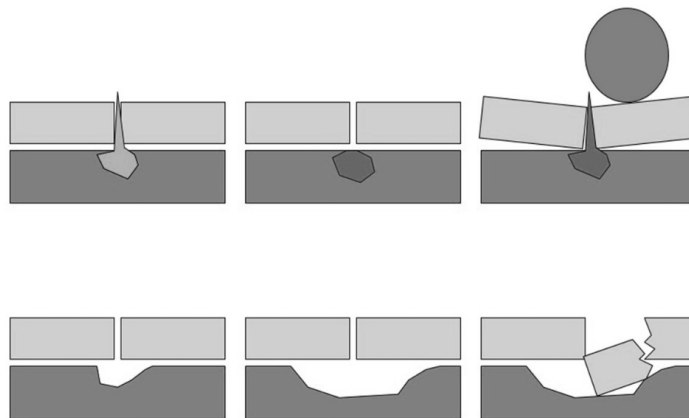


Figura 50.1. Proceso de generación del fenómeno de bombeo



Figura 50.2. Fisura en esquina por bombeo y junta "sucia"

Para evitar que la pérdida de material de base por erosión evolucione, o para devolver la losa a su nivel de rasante una vez producido el colapso por la fisura mencionada (más allá de que luego se pueda realizar un mejorado superficial, por ejemplo mediante Diamond Grinding, ver Artículo 035), además de reforzarse la junta y/o fisura mediante pasadores (ver Artículo 045) y realizarse el adecuado tomado de la misma con sellador (ver Artículo 044), se procede generalmente al relleno con material del hueco dejado en la base, lo cual se denomina como inyección de losas (Páramo, 2016).

Esta técnica puede materializarse de diversos modos. La forma tradicional de hacerlo es mediante una lechada de cemento, aplicada a través de una perforación a tal efecto practicada a la losa mediante un equipo de inyección como el que se observa en la Figura 50.3. Dichos equipos inyectan la lechada a una presión de aproximadamente 1,5 a 2,0 MPa en periodos cortos de tiempo, llegándose a presiones de 4,0 MPa durante lapsos de 10 segundos en caso de que la losa se haya "pegado" a la base.

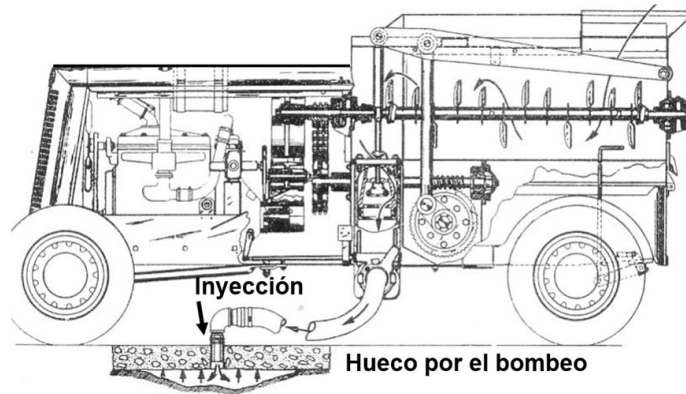


Figura 50.3. Esquema de un equipo para inyección de losas mediante lechada de cemento

En la Figura 50.4 se observa una imagen en obra durante la realización de una inyección de losa con lechada de cemento y en la esquina superior derecha un corte de la intervención en el que se distingue la penetración de la lechada lograda.



Figura 50.4. Imagen de la inyección de losa con lechada de cemento en obra

La otra técnica de aplicación es con espuma rígida de poliuretano. Dicha espuma posee una densidad aproximada de 5 kg/m^3 , con un lapso de endurecimiento de entre 20 y 30 minutos. Generalmente, presenta resistencias en el entorno de $1,0 \text{ MPa}$ y, por su consistencia al momento de su aplicación, no requiere perforaciones significativas, siendo suficientes huecos desde 16 mm de diámetro. En la Figura 50.5 se observa una imagen de su aplicación en obra y en la esquina inferior izquierda un esquema de su penetración.



Figura 50.5. Imagen de la inyección de losa con espuma de poliuretano rígida en obra

Se llega así, con los temas tratados desde el Artículo 034, a una superficie de pavimento existente, intervenida para recibir los aportes de material finales.

Referencias

Páramo, J. (2016). Nuevas técnicas de reparación de pavimentos de hormigón. XVII Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito, Argentina.FFi

Índice

PRÓLOGO DE DOLMEN	3
PRÓLOGO DEL AUTOR	4
TEMARIO	6
ARTÍCULO 26 - PAVIMENTOS DE HORMIGÓN Y EL USO DE ACERO EN LOS MISMOS	8
ARTÍCULO 27 - EL ANÁLISIS DE LAS SUBRASANTES NATURALES Y MEJORADAS	15
ARTÍCULO 28 - LOS PAVIMENTOS SEMIFLEXIBLES Y SEMIRRÍGIDOS	19
ARTÍCULO 29 - LOS PAVIMENTOS, LAS VÍAS CON PEAJES Y ¿QUIÉN PAGA?	23
ARTÍCULO 30 - LA COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE, SUBBASES Y BASES DE PAVIMENTOS SEGÚN LA TIPOLOGÍA DE LOS MATERIALES DE LA CAPA	29
ARTÍCULO 31 - LA COMPACTACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA	35
ARTÍCULO 32 - POTENCIALES CONSECUENCIAS DE FRENAR LA OBRA PÚBLICA EN RELACIÓN CON LOS PAVIMENTOS	41
ARTÍCULO 33 - LA COTIZACIÓN DE RUBROS DE PAVIMENTACIÓN EN ECONOMÍAS INFLACIONARIAS, CAMPO DE APLICACIÓN DE SIMULACIÓN DE MONTE CARLO	46
ARTÍCULO 34 – UN MODELO CONCEPTUAL PARA EL “MANTENIMIENTO VIAL”	52
ARTÍCULO 35 – DESBASTADO SUPERFICIAL COMO INTERVENCIÓN EN EL MANTENIMIENTO VIAL	57
ARTÍCULO 36 – GENERALIDADES DEL RECICLADO DE MATERIAL EN PAVIMENTOS	62
ARTÍCULO 37 – RECICLADO DE MATERIAL EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS IN SITU EN CALIENTE	66
ARTÍCULO 38 – RECICLADO DE MATERIAL EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN PLANTA	72

ARTÍCULO 39 – RECICLADO DE MATERIAL EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS IN SITU EN FRÍO	76
ARTÍCULO 40 – RECICLADO DE MATERIAL EN PAVIMENTOS DE HORMIGÓN IN SITU	82
ARTÍCULO 41 – DEMOLICIÓN DE LOSAS EN PAVIMENTOS DE HORMIGÓN	88
ARTÍCULO 42 – EL BACHEO ASFÁLTICO (PARTE 1)	93
ARTÍCULO 43 – EL BACHEO ASFÁLTICO (PARTE 2)	97
ARTÍCULO 44 – EL TOMADO DE JUNTAS Y FISURAS EN PAVIMENTOS	103
ARTÍCULO 45 – EL REFUERZO DE JUNTAS Y FISURAS TRANSVERSALES EN PAVIMENTOS DE HORMIGÓN	109
ARTÍCULO 46 – EL REFUERZO DE JUNTAS Y EL COSIDO DE FISURAS LONGITUDINALES EN PAVIMENTOS DE HORMIGÓN	114
ARTÍCULO 47 – REPARACIÓN DE ESPESOR COMPLETO DE LOSAS EN PAVIMENTOS DE HORMIGÓN	118
ARTÍCULO 48 – REPARACIÓN DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN CON LOSAS ESPECIALES	125
ARTÍCULO 49 – SOLUCIÓN AL RECRECIDO DE JUNTAS EN PAVIMENTOS DE HORMIGÓN	129
ARTÍCULO 50 – LA INYECCIÓN DE LOSAS EN PAVIMENTOS DE HORMIGÓN	132
ÍNDICE	136
ÍNDICE DE FIGURAS	139

Índice de figuras

ARTÍCULO 26 - PAVIMENTOS DE HORMIGÓN Y EL USO DE ACERO EN LOS MISMOS	8
FIGURA 26.1 PAVIMENTO ANTIGUO QUE PERMITE OBSERVAR SUS AGREGADOS DE TAMAÑO MÁXIMO ELEVADO	9
26.2 RETIRO DE ARMADURA EN PAVIMENTO ANTIGUO DEMOLIDO (HTTPS://RESONANTMACHINES.COM/ES_ES/RUBBLIZING/)	9
FIGURA 26.3. PASADORES CON CABALLETE DE UBICACIÓN Y MITAD ENGRASADOS	11
FIGURA 26.4. ASERRADO DE JUNTAS DE CONTRACCIÓN	11
FIGURA 26.5. PASADORES EN UNA JUNTA DE DILATACIÓN PREVIO A SER ENGRASADOS	12
FIGURA 26.6. BARRAS DE UNIÓN EN UNA JUNTA LONGITUDINAL	12
FIGURA 26.7. ESQUEMAS DE DNV DE JUNTAS (DNV, 2017)	13
FIGURA 26.8. PAVIMENTO DE HORMIGÓN ARMADO (MUNICIPALIDAD DE OLAVARRÍA, 2018)	14
ARTÍCULO 27 - EL ANÁLISIS DE LAS SUBRASANTES NATURALES Y MEJORADAS	15
FIGURA 27.1. EJEMPLO DE ALTIMETRÍA DE UN PERFIL EDAFOLÓGICO EN UN TRAMO DE OBRA VIAL	15
FIGURA 27.2. ODEMARK PARA MEJORADO DE SUBRASANTE	17
FIGURA 27.3. CURVA EMPÍRICA PARA ESTABLECER ESPESOR DE MEJORADO DE SUBRASANTE	18
ARTÍCULO 28 - LOS PAVIMENTOS SEMIFLEXIBLES Y SEMIRRÍGIDOS	19
FIGURA 28.1. MICROAGLOMERADO EN FRÍO SOBRE PAVIMENTO DE HORMIGÓN (HTTPS://WWW.SLURRY.ORG/)	19
FIGURA 28.2. PAVIMENTO ASFÁLTICO DE ALTO ESPESOR (HTTPS://WWW.CUSTOMPAVINGWI.COM/)	20
ARTÍCULO 29 - LOS PAVIMENTOS, LAS VÍAS CON PEAJES Y ¿QUIÉN PAGA?	23
FIGURA 29.1. CUADRO TARIFARIO DE EJEMPLO EN UN PEAJE	24
FIGURA 29.2. ANÁLISIS DE PASO DE CAMIÓN CON ACOPLADO CON PAS5 PARA UNA VÍA DADA	27
FIGURA 29.3. ANÁLISIS DE PASO DE AUTOMÓVIL CON PAS5 PARA UNA VÍA DADA	27
ARTÍCULO 30 - LA COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE, SUBBASES Y BASES DE PAVIMENTOS SEGÚN LA TIPOLOGÍA DE LOS MATERIALES DE LA CAPA	29
FIGURA 30.1. ENTORNOS RELATIVOS ÓPTIMOS DE APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE MEJORA Y ESTABILIZACIÓN DE MATERIALES PARA SUBRASANTES, BASES Y SUBBASES DE PAVIMENTOS	29
FIGURA 30.2. RODILLO PATA DE CABRA DE ARRASTRE	31
FIGURA 30.3. COMPACTOGRAMAS DE DIFERENTES SUELOS CON PATA DE CABRA	31
FIGURA 30.4. RODILLO NEUMÁTICO AUTOPROPULSADO, COMBINADO CON RODILLO LISO	32
FIGURA 30.5. RODILLO LISO DOBLE	32

FIGURA 30.6. COEFICIENTE DE COMPACTACIÓN VERSUS PROFUNDIDAD, MEDIANTE RODILLO LISO	33
FIGURA 30.7. USO DE SISTEMAS VIBRATORIOS DE COMPACTACIÓN EN DIFERENTES MATERIALES	33
FIGURA 30.8. SISTEMAS DE VIBRACIÓN Y OSCILACIÓN EN RODILLOS LISOS (DYNAPAC.BLOG)	34
FIGURA 30.9. GRÁFICAS DE RESONANCIA DE SISTEMAS DE COMPACTACIÓN CON VIBRACIÓN Y OSCILACIÓN (DYNAPAC.BLOG)	34

ARTÍCULO 31 - LA COMPACTACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA **35**

FIGURA 31.1. PROTECCIÓN CON LONA DE UN RODILLO NEUMÁTICO	36
FIGURA 31.2. EMPLEO DE AGUA PARA EVITAR ADHERENCIA EN UN RODILLO LISO	36
FIGURA 31.3. INGRESO DE RODILLO LISO INMEDIATAMENTE DESPUÉS DE LA TERMINADORA	37
FIGURA 31.4. PRIMERA COMPACTACIÓN CON EL RODILLO LISO E INGRESO DEL RODILLO NEUMÁTICO	38
FIGURA 31.5. AL FONDO RODILLO NEUMÁTICO COMPACTANDO E INGRESO FINAL DEL RODILLO LISO	38
FIGURA 31.6. FISURAS POR INADECUADA COMPACTACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA	39

ARTÍCULO 32 - POTENCIALES CONSECUENCIAS DE FRENAR LA OBRA PÚBLICA EN RELACIÓN CON LOS PAVIMENTOS **41**

FIGURA 32.1. INTERVENCIONES, VENTANAS DE APLICACIÓN Y PROPORCIONALIDAD DE COSTOS	43
---	-----------

ARTÍCULO 33 - LA COTIZACIÓN DE RUBROS DE PAVIMENTACIÓN EN ECONOMÍAS INFLACIONARIAS, CAMPO DE APLICACIÓN DE SIMULACIÓN DE MONTE CARLO **46**

FIGURA 33.1. EJEMPLO DE GRÁFICAS DE DISTRIBUCIONES ACUMULADAS PARA EL BENEFICIO	50
--	-----------

ARTÍCULO 34 – UN MODELO CONCEPTUAL PARA EL “MANTENIMIENTO VIAL” **52**

FIGURA 34.1. MODELO DE AGRUPACIÓN DE INTERVENCIONES EN CUANTO A “MANTENIMIENTO VIAL”	53
FIGURA 34.2. EJEMPLO DE NECESIDAD DE INTERVENCIÓN POR REEMPLAZO	53
FIGURA 34.3. GEOSINTÉTICO COMO SAMI EN UNA REHABILITACIÓN	54
FIGURA 34.4. REUTILIZACIÓN DE UN PAVIMENTO MEDIANTE RECICLADORA	55

ARTÍCULO 35 – DESBASTADO SUPERFICIAL COMO INTERVENCIÓN EN EL MANTENIMIENTO VIAL **57**

FIGURA 35.1. APLICACIÓN DE DIAMOND GRINDING	58
FIGURA 35.2. EMPLEO DE MICROFRESADO	58
FIGURA 35.3. FRESADO ESTÁNDAR Y LAS DIFERENTES TEXTURAS OBTENIBLES	59
FIGURA 35.4. RECRECIDO DE UN PAVIMENTO ASFÁLTICO URBANO	60
FIGURA 35.5. RECRECIDO DE UN PAVIMENTO ASFÁLTICO RURAL	60
FIGURA 35.6. FENÓMENO DE DESCASCARAMIENTO POR FRESADO	61

ARTÍCULO 36 – GENERALIDADES DEL RECICLADO DE MATERIAL EN PAVIMENTOS 62

FIGURA 36.1. CLASIFICACIÓN CONVENCIONAL DE MEZCLAS ASFÁLTICA SEGÚN TEMPERATURA (LÓPEZ ET AL., 2017)	64 64
FIGURA 36.2. CLASIFICACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICA SEGÚN TEMPERATURA ORTÍZ RIPOLL EN 2020	64
FIGURA 36.3. CLASIFICACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICA SEGÚN TEMPERATURA DE EAPA (HTTPS://EAPA.ORG/WARM-MIX-ASPHALT/)	65

ARTÍCULO 37 – RECICLADO DE MATERIAL EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS IN SITU EN CALIENTE 66

FIGURA 37.1. TREN DE CALENTAMIENTO DE LA AR2000 (WWW.MARTEC.CA)	67
FIGURA 37.2. ESQUEMA DE QUEMADOR DE LA AR2000 (WWW.GREEN-ARM.COM)	67
FIGURA 37.3. RECICLADORA HM 4500 CON PANELES INFRARROJOS (WWW.WIRTGEN-GROUP.COM)	68
FIGURA 37.4. RECICLADORA RX 4500 CON PANELES INFRARROJOS (WWW.WIRTGEN-GROUP.COM)	68
FIGURA 37.5. EQUIPO EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE	69
FIGURA 37.6. EQUIPO EXPERIMENTAL DENUNCIADO POR SUN ET AL. (2023) EN CHINA	69

ARTÍCULO 38 – RECICLADO DE MATERIAL EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN PLANTA 72

FIGURA 38.1. PLANTA DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CONTINUA A CONTRAFLUJO (WWW.PLANTASCIBER.COM.BR)	73
FIGURA 38.2. ESQUEMA DE PLANTA ASFÁLTICA CONTINUA DE CONTRAFLUJO CON INGRESO DE RAP	73
FIGURA 38.3. PLANTA ASFÁLTICA EN FRÍO PRODUCIENDO CON APOORTE DE RAP	74

ARTÍCULO 39 – RECICLADO DE MATERIAL EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS IN SITU EN FRÍO 76

FIGURA 39.1. RECICLADORA MONTADA EN ORUGAS (WWW.WIRTGEN-GROUP.COM/ES-AR/)	77
FIGURA 39.2. RECICLADORA MONTADA EN NEUMÁTICOS (ROVIALSA.COM.AR)	77
FIGURA 39.3. RECICLADORA EN FRÍO CON EMULSIÓN O ASFALTO ESPUMADO (WIRTGEN, 2004)	78
FIGURA 39.4. GENERACIÓN DE ASFALTO ESPUMADO EN LA RECICLADORA (WIRTGEN, 2004)	79

ARTÍCULO 40 – RECICLADO DE MATERIAL EN PAVIMENTOS DE HORMIGÓN IN SITU 82

FIGURA 40.1. INADECUADO TRATAMIENTO DE LOSA PREVIO A LA COLOCACIÓN DE CAPAS DE RODAMIENTO	83
FIGURA 40.2. USO DE Z-GRID ROLLER Y RODILLO LISO (THOMPSON, 2006)	83
FIGURA 40.3. USO DEL MULTI-HEAD BREAKER (THOMPSON, 2006)	84
FIGURA 40.4. USO IN SITU DE MARTILLO HIDRÁULICO (IZQ.) MÁS TRITURADORA PORTÁTIL (DER.) (HTTPS://XCENTRICRIPPER.COM/ES/)	85
FIGURA 40.5. USO DEL EQUIPO DE RUBBLIZING (HTTPS://RESONANTMACHINES.COM/ES_ES/)	85
FIGURA 40.6. PATRÓN DE TRITURACIÓN MEDIANTE RUBBLIZING (HTTPS://RESONANTMACHINES.COM/ES_ES/)	86
FIGURA 40.7. RETIRO DE ARMADURA EN PAVIMENTO LUEGO DE RUBBLIZING (RESONANTMACHINES.COM/ES_ES/)	87

ARTÍCULO 41 – DEMOLICIÓN DE LOSAS EN PAVIMENTOS DE HORMIGÓN **88**

FIGURA 41.1. CASO TÍPICO DE PROBLEMA DE DEMOLICIÓN DE LOSA	89
FIGURA 41.2. DEMOLICIÓN DE LOSA CON MARTILLO NEUMÁTICO CON PUNTA	89
FIGURA 41.3. EFECTO EN LOSAS CONTIGUAS ANTE DEMOLICIÓN CON PUNTA	90
FIGURA 41.4. EMPLEO DE DIÁMETROS MAYORES DE HOJAS DE ASERRADO	91
FIGURA 41.5. HOJA DE ASERRADO DE GRAN DIÁMETRO MONTADA EN EQUIPO AUTROPULSADO	91
FIGURA 41.6. USO DE CINCEL EN DEMOLICIÓN DE LOSA	92

ARTÍCULO 42 – EL BACHEO ASFÁLTICO (PARTE 1) **93**

FIGURA 42.1. SOLUCIÓN INADECUADA DE UN BACHE SUPERFICIAL	93
FIGURA 42.2. RECORTE Y RECONFORMACIÓN DE BASE EN BACHE, PREVIO AL RIEGO DE LIGA	94
FIGURA 42.3. EXUDACIÓN POR EXCESO DE RIEGO (ARRIBA) Y DESPEGUE DE CAPA CON FISURA EN ARCO POR FALTANTE DEL MISMO (ABAJO)	95
FIGURA 42.4. APLICACIÓN INADECUADA DE UN RIEGO ASFÁLTICO EN UN BACHE	96
FIGURA 42.5. BUENA APLICACIÓN DE UN RIEGO ASFÁLTICO EN UN BACHE	96

ARTÍCULO 43 – EL BACHEO ASFÁLTICO (PARTE 2) **97**

FIGURA 43.1. LLENADO DE UN BACHE DE MANERA MANUAL	97
FIGURA 43.2. EMPLEO DE TERMINADORA DE DIMENSIONES REDUCIDAS EN BACHEOS	98
FIGURA 43.3. COMPACTACIÓN EN UN BACHE CON RODILLO AUTOPROPULSADO	99
FIGURA 43.4. CAMPAÑAS SUCESIVAS DE BACHEO CON TERMINACIÓN SUPERFICIAL INADECUADA	99
FIGURA 43.5. LLENADO DE BACHE Y COMPACTACIÓN A TOPE	100
FIGURA 43.6. SECTOR BACHEADO CON JUNTA ABIERTA AL PAVIMENTO REMANENTE	100
FIGURA 43.7. BACHE CON JUNTA TOMADA CON SELLADOR ASFÁLTICO	101
FIGURA 43.8. SISTEMA GLASS MAT THERMOPLASTIC PARA BACHEO	102

ARTÍCULO 44 – EL TOMADO DE JUNTAS Y FISURAS EN PAVIMENTOS **103**

FIGURA 44.1. CALENTAMIENTO DIRECTO A LA LLAMA DE UN SELLADOR ASFÁLTICO	103
FIGURA 44.2. DISTRIBUCIÓN INADECUADA DE UN SELLADOR ASFÁLTICO	104
FIGURA 44.3. FUSORA PARA SELLADOR ASFÁLTICO	105
FIGURA 44.4. LANZA Y DISTRIBUCIÓN DEL SELLADOR ASFÁLTICO	105
FIGURA 44.5. EJEMPLO DE CUADRO DE CONFIGURACIONES PARA PAVIMENTO ASFÁLTICO	106
FIGURA 44.6. EJEMPLO DE CUADRO DE CONFIGURACIONES PARA UN PAVIMENTO DE HORMIGÓN	106
FIGURA 44.7. RUTEADORA EN UN PAVIMENTO ASFÁLTICO	107
FIGURA 44.8. TAREAS DE LIMPIEZA Y SECADO EN JUNTAS Y FISURAS	107
FIGURA 44.9. TOMADO DE JUNTA EN PAVIMENTO DE HORMIGÓN CON SELLADOR SILICONADO	108

ARTÍCULO 45 – EL REFUERZO DE JUNTAS Y FISURAS TRANSVERSALES EN PAVIMENTOS DE HORMIGÓN **109**

FIGURA 45.1. ESCALONAMIENTO EN JUNTAS Y FISURAS TRANSVERSALES	109
FIGURA 45.2. JUNTA DE CONTRACCIÓN TRANSVERSAL SIN PASADORES (DNV, 2017)	110
FIGURA 45.3. MARCADO DEL RECEPTÁCULO PARA EL PASADOR	110
FIGURA 45.4. CALAFATEADO DE JUNTAS EN RECEPTÁCULO DE LOS PASADORES	111
FIGURA 45.5. RECEPTÁCULO DEL PASADOR CON MATERIAL DE ADHERENCIA	111
FIGURA 45.6. PASADORES CON PLACA DE UBICACIÓN (ICPA, 2016)	112
FIGURA 45.7. POSICIONAMIENTO DE PASADORES EN JUNTAS Y FISURAS, Y VISTA DE TRABAJO TERMINADO	113

ARTÍCULO 46 – EL REFUERZO DE JUNTAS Y EL COSIDO DE FISURAS LONGITUDINALES EN PAVIMENTOS DE HORMIGÓN **114**

FIGURA 46.1. PERFORADO PARA COSIDO CRUZADO (ICPA, 2016)	115
FIGURA 46.2. CAJAS PARA BARRAS HORIZONTALES NO PARALELAS ENTRE SÍ	116
FIGURA 46.3. BARRAS CON EXTREMOS PARA COSIDO DE FISURAS	116

ARTÍCULO 47 – REPARACIÓN DE ESPESOR COMPLETO DE LOSAS EN PAVIMENTOS DE HORMIGÓN **118**

FIGURA 47.1. ÁREA DE INTERVENCIÓN DE BASES AFECTADAS COINCIDENTE CON LA SUPERFICIE DE LA LOSA	119
FIGURA 47.2. A) ABLANDAMIENTO DE BASE POR SUBDRENAJE DEBIDO A SALIENTES DEBAJO DE LA LOSA Y B) RECOMENDACIÓN DE LÍMITES DE INTERVENCIÓN EN BASES	119
FIGURA 47.3. SOLUCIÓN NO ADHERIDA MEDIANTE MANTA DE POLIETILENO	120
FIGURA 47.4. BARRAS DE UNIÓN (IZQ.) Y PASADORES (DER.) PERIMETRALES	121
FIGURA 47.6. PASADORES EN JUNTAS INTERMEDIAS (ARRIBA) Y ELEMENTOS DE SEPARACIÓN EN JUNTAS LATERALES (ABAJO)	123
FIGURA 47.7. REGLADO SUPERFICIAL DE LA LOSA RECONSTRUIDA	124

ARTÍCULO 48 – REPARACIÓN DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN CON LOSAS ESPECIALES **125**

FIGURA 48.1. LOSAS DE PAVIMENTOS CON CUANTÍAS SIGNIFICATIVAS DE ARMADURA (FIBRECONCRETESOLUTIONS.COM/BLOG/AUDAX-PLATE-DOWELS/)	126
FIGURA 48.2. LOSA PRETENSADA DE HORMIGÓN PARA PAVIMENTO (SNYDER, 2021)	126
FIGURA 48.3. LOSAS DE LA TÉCNICA CAPH DESARROLLADAS POR LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE	127
FIGURA 48.4. ALTERNATIVA DE LOSA CON MATERIAL PLÁSTICO RECICLADO (WWW.SUSTAINABLEPLASTICS.COM)	128

ARTÍCULO 49 – SOLUCIÓN AL RECRECIDO DE JUNTAS EN PAVIMENTOS DE HORMIGÓN	129
FIGURA 49.1. RECRECIDO DE JUNTAS POR INGRESO DE MATERIAL INCOMPRESIBLE	130
FIGURA 49.2. VIGA ENTERRADA PARA A) SOLUCIÓN DE RECRECIDO DE JUNTA, B) PREVENCIÓN O SOLUCIÓN PARA REEMPLAZO DE LOSA COMPLETA Y C) LOSAS LATERALES	131
ARTÍCULO 50 – LA INYECCIÓN DE LOSAS EN PAVIMENTOS DE HORMIGÓN	132
FIGURA 50.1. PROCESO DE GENERACIÓN DEL FENÓMENO DE BOMBEO	132
FIGURA 50.2. FISURA EN ESQUINA POR BOMBEO Y JUNTA “SUCIA”	133
FIGURA 50.3. ESQUEMA DE UN EQUIPO PARA INYECCIÓN DE LOSAS MEDIANTE LECHADA DE CEMENTO	134
FIGURA 50.4. IMAGEN DE LA INYECCIÓN DE LOSA CON LECHADA DE CEMENTO EN OBRA	134
FIGURA 50.5. IMAGEN DE LA INYECCIÓN DE LOSA CON ESPUMA DE POLIURETANO RÍGIDA EN OBRA	135
ÍNDICE	136
ÍNDICE DE FIGURAS	139

José Julián Rivera

Apuntes sobre pavimentos en vías de bajo volumen de tránsito

Tomo II

Este Tomo II de la obra se compone mayoritariamente de los artículos mensuales 26 a 50 publicados en la sección de "Acercando la Vialidad a los Arquitectos" del Portal Dolmen entre noviembre de 2023 y noviembre de 2025.

Dichos artículos tienen como idea original abordar de forma introductoria ciertos aspectos relacionados con la vialidad, sobre todo con los pavimentos, utilizando un lenguaje coloquial intercalado con la exposición de la terminología técnica específica.

Se los piensa direccionados a profesionales de disciplinas que, por no haber tenido la formación básica con que se cuenta en la ingeniería civil en tal sentido, podrían estar llevando acciones en la temática sin una base mínima conceptual. Estas son las razones fundamentales por las cuales sus artículos se encuentran redactados de modo informal, incorporando ideas adicionales entre paréntesis y analogías.

Adicionalmente, cabe mencionar que la obra aborda un nicho conceptual poco explorado en publicaciones académicas, generalmente direccionadas a atender a las vialidades de alta categoría, como lo es el de las vías de bajo volumen de tránsito.



DOLMEN

edUTecNe



ISBN 978-987-8992-69-3



9 789878 992693