

Soluciones para una pavimentación ecológica y materiales sostenibles



Anna París Madrona
Parma Ingeniería

Jesús Díaz Minguela
Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA)

1. Introducción

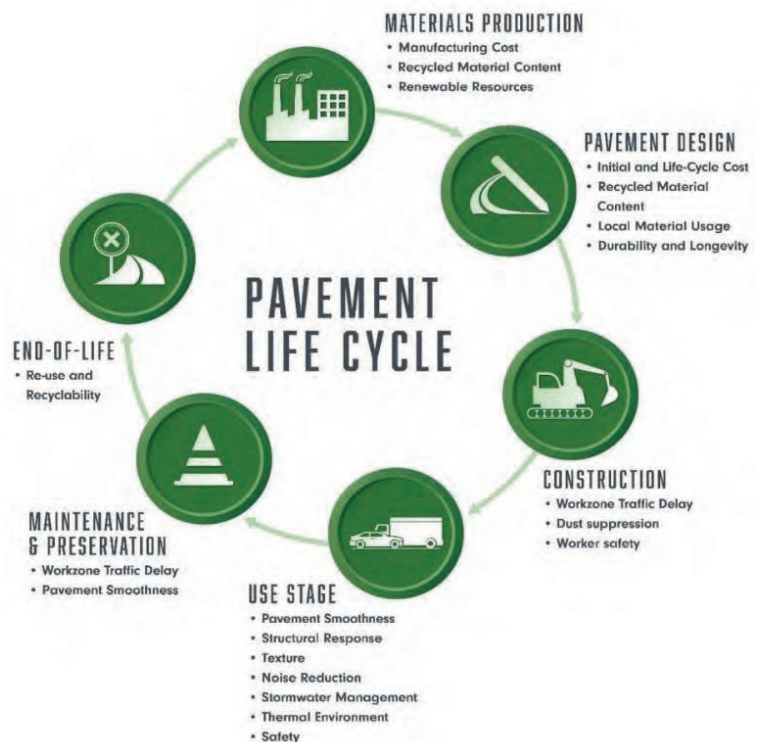
Como resultado de los trabajos realizados por Comité Técnico D.2 “Firmes de Carretera” de la PIARC durante el ciclo 2015-2019, se publicó en 2019 el documento “2019R32EN-Green Paving Solutions and Sustainable Pavement Materials”, cuya versión española se denomina “Soluciones para una pavimentación ecológicas y materiales sostenibles. Estado del arte de las mejores prácticas, retos y tecnologías nuevas y emergentes”, en el que se presenta una completa descripción de todas las medidas que se están tomando en cada una de las fases de la vida de un firme para mejorar su sostenibilidad y contribuir a la mejora del medioambiente.

Actualmente, existen dos grandes preocupaciones que forman parte de toda la actividad social e industrial, por un lado, la de reducir la afección medioambiental producida por la actividad del ser humano incluso la corrección del resultado de la actividad pasada, y por otro lado la de procurar que el resultado de esta actividad sea resiliente a los efectos del cambio climático, es decir duradero a pesar de tener que soportar condiciones climáticas muy desfavorables.

El Plan estratégico de PIARC para el ciclo actual, 2020 - 2023, gira alrededor de estos dos axiomas, y así lo ha venido considerando también en los ciclos anteriores, en los que se planificaron actividades precedentes de ésta cuyo resultado traemos en este artículo.

El trabajo resumido en este artículo contempla una panorámica de todas las medidas que, actualmente, se pueden poner en marcha en cada una de las fases de la vida de un firme (producción de materiales, construcción, uso y fin de la vida útil), superando las visiones parciales que en muchos casos se nos presentan como única alternativa para la fabricación y puesta en obra de firmes ecológicos. El documento se basa en un estudio bibliográfico exhaustivo y en una encuesta en la que participaron 20 países a través de sus diferentes estamentos (Administración, contratistas de carreteras e investigadores) y de la que se recibieron 42 respuestas

De la condición de panorámica integral del problema deriva el gran interés que despertó en nosotros



este documento y que nos ha llevado a redactar este pequeño artículo para intentar divulgarlo al máximo, sin que esto quiera decir que el documento cierre el tema de ninguna manera pues los nuevos avances tecnológicos que seguramente se van a ir produciendo en el mundo de los firmes harán necesaria su continua actualización.

En el documento se realiza un amplio resumen de materiales ambientalmente más sostenibles dentro de un proceso de construcción, que recoge desde su fase preparatoria, pasando por las técnicas de ejecución o de aseguramiento de la calidad, y llegando hasta el fin de su vida útil.

También se desarrolla la fase de uso. Es decir, se contemplan los diversos aspectos que afectan al medioambiente durante esta fase, como la resistencia a la rodadura, las emisiones de ruidos o las estrategias de mantenimiento, tanto para

pavimentos de mezclas asfálticas como de hormigón.

En uno de los puntos, se recogen las actividades de estandarización llevadas a cabo por algunos de los países, desde las distintas experiencias hasta el estado del arte de las declaraciones ambientales.

Se presentan también los principales obstáculos a la aplicación más amplia de innovaciones sostenibles.

Además, y como no podía ser de otro modo, se trata la contratación pública ecológica a la que, a pesar de encontrarse todavía en una fase preliminar, los países están dedicando muchos esfuerzos en su implementación.

Finalmente el documento se cierra con algunas conclusiones.

Es, por tanto, que recomendamos la lectura pausada de este documento que se encuentra disponi-

ble de forma gratuita en la página web de PIARC, <https://www.piarc.org/es/>

2. Resultado de la encuesta

Se preparó una encuesta en la que se solicitaba información sobre el uso actual de técnicas sostenibles e incentivos para la incorporación de la sostenibilidad. La encuesta estaba dividida en tres partes: 1. Identificación de las técnicas ecológicas; 2. identificación de las razones para su implantación; y, 3. restricciones, barreras o incentivos para su implantación.

Se recogieron un total de 42 encuestas de 20 países, procedentes por igual de los tres estamentos consultados: Administración pública, empresas contratistas e investigadores.

Se mencionaron 207 técnicas de pavimentación ecológica que se agruparon en 23 clases.

En el documento PIARC se puede consultar las 23 clases. En la figura 2 se presentan los resultados resumidos en forma de gráfico del número de respuestas para cada una de las clases.

Los resultados de la encuesta arrojaron que aproximadamente el 50 % de las respuestas estaban relacionadas con la fase de producción, el 30 % con la fase de uso, y el 20 % con la fase de final de la vida útil.

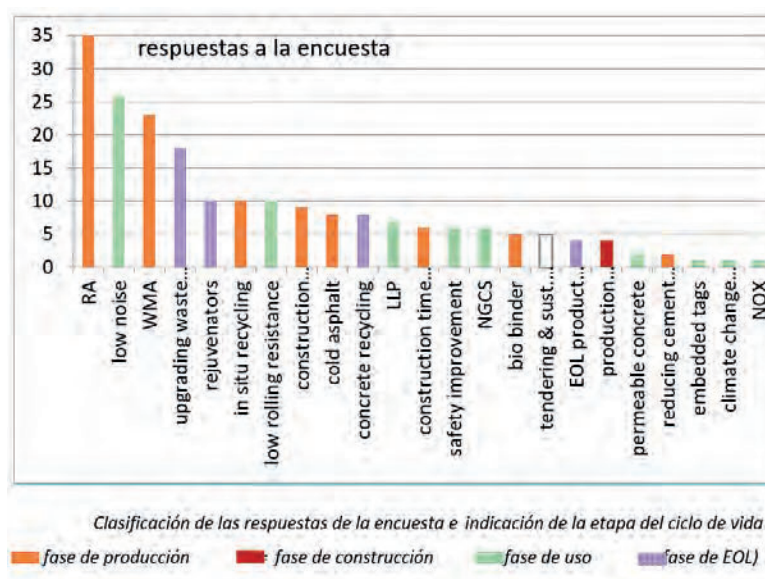
Por otra parte, la mayor parte de las técnicas citadas se relacionaban con el asfalto (60%) y menos del 10 % se relacionaban exclusivamente con los pavimentos de hormigón, si bien la mayor parte de los que responden pertenecen al sector de los pavimentos asfálticos. Las técnicas citadas más frecuentemente fueron los pavimentos reciclados, la fabricación a baja temperatura y la construcción de pavimentos menos ruidosos.

En cuanto a las razones que impulsan la implantación, las razones ambientales son las principales, aunque las razones financieras están a menudo próximas, y muy por encima de las razones sociales.

La falta de contratos de innovación, así como la resistencia al cambio, se mencionaban como las principales trabas al desarrollo de estas técnicas.

3. Estado del arte

El ciclo de vida de un firme se puede dividir en las fases de producción del material, diseño, construcción, fase de uso y fin de vida (EOL)



En este apartado se presentan algunas de las técnicas utilizadas en cada una de las fases del ciclo de vida de un firme.

3.1. Fundamentos de diseño

En los fundamentos del diseño se hacen consideraciones sobre la relación entre el diseño y el comportamiento real de un firme.

En esta fase, la falta de experiencia se convierte en un hándicap a la hora de diseñar soluciones técnicas ecológicas.

Las áreas consideradas por el diseñador han sido:

- Especificaciones de materiales, dónde se propone cambiar las especificaciones por prescripciones a especificaciones por prestaciones, ya que las primeras pueden no adaptarse a las características de los nuevos materiales.
- Propiedades de diseño de materiales: se indica que, aunque no es imposible que se pueda aplicar los procedimientos empíricos de diseño a los materiales ambientalmente sostenibles. Los procedimientos de diseño mecánico-empírico resultan más flexibles para los nuevos materiales.

Consecuencias no relacionadas con las prestaciones: se destaca la necesidad de que en la fase de diseño se considere también otras afecciones distintas de las puramente prestacionales, como las ambientales, los cuidados durante la construcción o la posibilidad de reciclado al final de su vida útil.

- Riesgos y recompensas debidas a las prestaciones: se plantea que la existencia de riesgos, ya sean percibidos o reales, es un factor clave que afecta al uso de nuevos materiales. Las formas habituales de contratación no ayudan a resolver este problema.
- Pavimentos de larga duración: se destaca que una mayor vida de una carretera tiene un gran impacto sobre la sostenibilidad por el uso minimizado de los materiales y la energía durante el ciclo de vida.

3.2. Materiales

Se plantea una nueva perspectiva para los materiales planteando

RUTAS DIVULGACIÓN

Tabla1. Las estrategias para minimizar los recursos, la energía y las emisiones.

IMPACTO EN LA SOSTENIBILIDAD	ESTRATEGIAS/ MEJORES PRÁCTICAS	OBJETIVO
Producción de áridos	Aumentar el uso de reciclados, Subproductos o materiales de desecho	Reducción del uso de materiales vírgenes
Materiales de la mezcla bituminosa	Aumentar el uso de pavimento asfáltico recuperado (RAP) y tejas de asfalto recuperado (RAS) Mayores niveles de polimerización y de adición de caucho. Uso de mezclas bituminosas de baja temperatura (WMA).	Reducción o reemplazo de ligante virgen. Mejora de la seguridad mediante el aumento de la reflectabilidad de la superficie y reducción del ruido. Desarrollo de ligantes adecuados para la pavimentación, que mejoren el soporte estructural y prolonguen la vida de las mezclas bituminosas. Reducción de la energía consumida y de las emisiones generadas en la producción de la mezcla.
Materiales del hormigón	Uso de graduaciones mejoradas de los áridos Incrementar el uso de caliza Portland y cemento con adiciones Reducción del uso de agua en la producción del hormigón	Reducciones de los niveles de energía y emisiones generadas durante la producción del ligante primario: el cemento. Ahorrar agua como recurso - Carencia de políticas eficientes de difusión (presentación).

su evaluación desde la perspectiva del análisis de ciclo de vida para determinar su contribución a la sostenibilidad del firme.

Las estrategias comúnmente aceptadas para minimizar el consumo de recursos, la energía, y las emisiones que se desarrollan en el documento son: (Tabla 1)

Se presenta también estudios de diferentes casos y proyectos para cada una de las estrategias.

Las estrategias emergentes, como las mezclas asfálticas recicladas con plásticos blandos reciclados, los pavimentos con vidrio reciclado o los caminos solares, se consideran de alto riesgo.

3.3. Construcción

Se plantea que la fase de construcción debe incluir, en las consideraciones de sostenibilidad, todas las emisiones asociadas con el consumo de combustible y las diferentes actividades de la zona de trabajo, así como la demora del tráfico ocasionado por los procesos de construcción.

Esta fase abarca las actividades de mantenimiento y rehabilitación, dividiéndose en:

- Fase preparatoria, que incluye la localización, la optimización de los movimientos, el uso de equipos más sostenibles, la planificación de la ubicación según la temporada o el almacenamiento de materiales.
- Fase de construcción como tal, que detalla las técnicas a emplear en las mezclas bituminosas y en los pavimentos de hormigón para reducir los impactos ambientales durante este proceso.
- Fase de evaluación de la calidad del trabajo realizado, donde se dividen las acciones en dos categorías principales:
 1. Mejoras técnicas
 2. Mejora de competencia

En esta fase, concluye que el fomento de la competencia en la mano de obra de la construcción, junto con métodos y procedimientos de control de calidad actualizados, contribuirá a

la construcción de pavimentos ecológicos y sostenibles.

3.4. Fase de uso

Es la fase del pavimento donde se incluye las operaciones habituales de empleo. Incide en dos aspectos, en la resistencia a la rodadura, desde la perspectiva de las emisiones a la atmósfera, y en las emisiones de ruido.

En cuanto a la resistencia a la rodadura, relata los puntos tratados en el proyecto MIRIAM que concluyó, entre otros, que una mejora en la textura lisa de un pavimento asfáltico reduce el consumo total de energía a 5 años alrededor del 6 % y las mejoras en el ahorro de combustible tiene aproximadamente el mismo efecto.

Sin embargo, para firmes de hormigón, a 10 años, las mejoras en el ahorro de combustible consiguen beneficios más significativos (5%) que los que se consiguen con una resistencia a la rodadura más reducida o con un mejor mantenimiento de la carretera (3%).

Tabla 2.

IMPACTO EN LA SOSTENIBILIDAD	ESTRATEGIAS/ MEJORES PRÁCTICAS	OBJETIVO
Coste total del mantenimiento	Selección de un pavimento con bajos requerimientos de mantenimiento.	Operaciones de mantenimiento inesperadas debido a accidentes, clima extremo o deterioro prematuro.
	Mejorar el diseño de la mezcla para maximizar las prestaciones. El control de calidad (QC) del proceso de construcción	Los requisitos especiales (por ejemplo, pavimentos de bajo ruido) podrían tener un coste de mantenimiento más alto.
Tipo de técnica de mantenimiento	Planificación de actividades	La durabilidad de las tecnologías disponibles difiere.
	Para la rehabilitación se debe considerar el reciclado in situ	Disponibilidad de tecnología y productos de construcción.
	El mantenimiento preventivo podría ser una opción, por ejemplo, el sellado preventivo por penetración de la superficie. Evaluación precisa de datos ambientales	No todos los tipos son técnicamente factibles. Disponibilidad de datos
Aspectos del reciclado	Uso de materiales que permitan su reciclaje.	Componentes que impiden el reciclado, por ejemplo, los aditivos desconocidos.
	Selección de un proceso de molienda que garantice el máximo porcentaje de reutilización. Para garantizar la máxima calidad de reciclaje, las capas se deben fresar una por una.	Restricciones de tiempo. No es posible el reciclado de alta calidad, por ejemplo, el RAP no se utiliza en la misma capa que el fresado.

Ofrece una tabla dónde se detallan para distintos tipos de pavimento el coeficiente de resistencia a la rodadura, el cambio simulado en el consumo de la energía a 110 km/h y a 70 km/h.

Respecto a las emisiones de ruido, comenta los factores que influyen en los pavimentos asfálticos y dedica una especial atención a las mejoras en las emisiones de ruido que pueden conseguirse mediante las diferentes técnicas de texturado de los pavimentos de hormigón.

3.5. Mantenimiento

Se enfatiza que la durabilidad es un factor decisivo por lo que es necesario el uso de materiales de alta calidad y una construcción sin defectos.

En la tabla 2 se muestran algunas de las mejores prácticas, así como los desafíos y riesgos asociados.

Además, se presentan otras tablas sobre durabilidad estimada, según el tipo de técnica de mantenimiento empleada, y sobre su influencia en los criterios de sostenibilidad más importantes.

3.6. Fin de la vida

Para la fase de fin de la vida, y teniendo en cuenta que los pavimentos son sistemas reparables con una vida útil indefinida, se definen unas estrategias que incluyen:

- En los pavimentos bituminosos:
 - De reciclaje en planta o central
 - De reciclaje in situ
 - De reciclado de material bituminoso: full depth reclamation
- Y para los pavimentos de hormigón:
 - Técnicas de losa fracturada
 - Reciclado

Para ambos se establece un final de vida de eliminación y se consideran las condiciones económicas y ambientales de fin de vida útil.

4. Actividades de estandarización

La energía y la eficiencia de los recursos de la construcción y el mantenimiento de carreteras resultan objetivos importantes. Se cita una metodología específica para el cálculo de los impactos ambientales es la evaluación del ciclo de vida (ACV) y se define la declaración ambiental de producto (EPD) como un documento conciso que resume el perfil ambiental de un determinado producto.

Se exponen las experiencias en diversos campos en Australia (donde el Consejo de Sustentabilidad de Infraestructura ha desarrollado un valor de evaluación de la Sostenibilidad de la infraestructura), Euro-

RUTAS DIVULGACIÓN

pa (donde un ambicioso programa “hacia un sistema de transporte por carretera 50 % más eficiente para 2030” con investigaciones sostenibles que incluyen la rama social, ambiental y económico y en el que se cita la experiencia de Noruega) y de Estados Unidos (donde se han realizado importantes esfuerzos para producir PCR y EPD para productos de mezcla bituminosa y hormigón).

5. Estado actual en la contratación pública ecológica

La contratación pública ecológica es una herramienta útil para promover una solución sostenible para obras viales.

Se detalla esta compra ecológica en varios países además de en la Comisión Europea, como los Países Bajos (donde los impactos ambientales, basados en una puntuación del LCA y usando la herramienta de infraestructura “DuboCalc”, se utilizan como parte de los criterios de adjudicación de los proyectos de infraestructura), Bélgica (se inició un proyecto de piloto en el que los indicadores ambientales, sociales y los costes directos juegan en la contratación), Noruega (la Administración de Carreteras Públicas NPRA, hace obligatorias las EPDs en las ofertas, así como la práctica de GPP), Estados Unidos (donde California responde a las políticas y la legislación que requieren el cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad y cambio climático), Reino Unido (el ruido, la biodiversidad y la calidad del aire son indicadores clave de prestaciones y los GPP se aplica a los sitios identificados como sensibles al ruido), Francia (donde se otorgan ciertas bonificaciones en algunas obras si se cumplen ciertos criterios ambientales), España (donde el desarrollo de las EPD y la

introducción de un Índice de Sostenibilidad está en curso), Canadá (donde se busca avanzar con los GPPs y transformar las estrategias de adquisición para incorporar la sostenibilidad) o Sudáfrica (donde en Ciudad del Cabo se tiene un borrador de política de compra ecológica).

Los principales retos para la introducción más amplia de las GPPs son la objetivación de medidas de sostenibilidad, la disponibilidad de contratos innovadores y la reversión de la resistencia al cambio.

6. Recomendaciones

El documento informa sobre las prácticas empleadas en los pavimentos sostenibles, que se utilizan actualmente a lo largo de su ciclo de vida, las tendencias en el uso de materiales sostenibles, la evaluación de la sostenibilidad y la adquisición sostenible.

También se presenta un resumen de conclusiones sobre prácticas de sostenibilidad y técnicas de pavimentación ecológica que consisten en:

- La mayor parte de las técnicas se aplica a las fases de producción y construcción de materiales. Son prácticas recomendables el uso de tecnologías probadas y bien investigadas.
- En el diseño, los pavimentos de larga vida pueden proporcionar múltiples beneficios de sostenibilidad.
- Resultan factores clave para los pavimentos de larga duración, la mano de obra adecuada y los procedimientos de control de calidad.
- En la producción de materiales, se puede obtener un beneficio

en términos de reducción de GEI cambiando de las fuentes tradicionales de calefacción fósil a las renovables.

- La reducción de las distancias de transporte de materiales y la consideración del reciclado in situ pueden compensar los impactos ambientales.
- La aplicación de las prácticas de mantenimiento adecuadas puede ayudar a mantener la resistencia a la rodadura baja y tener un impacto positivo del consumo de combustible del vehículo en la fase de uso.
- La implementación de materiales que prevén el reciclaje futuro reduce los impactos de la etapa final de la vida útil.
- Para algunas técnicas ecológicas, la investigación adicional y los datos a largo plazo son necesarios para eliminar las dudas.
- La falta de contratos o licitaciones innovadoras, y la resistencia al cambio está obstaculizando la implementación de la Contratación pública ecológica. ❖