

Programas de firmes sostenibles efAPaves y ReCOPAVes de la Dirección General de Carreteras



Valverde Jiménez Ajo

Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Dirección Técnica DGC – MTMS

Imanol García Álvarez

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

INECO

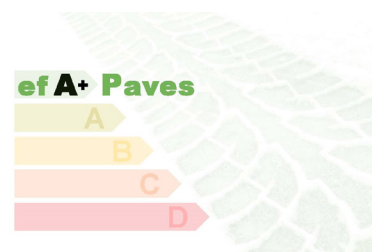
El programa de Compra Pública de Innovación de la DGC

Durante el año 2022, desde la Dirección General de Carreteras (DGC) del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, se definieron 10 ambiciosos retos con el objetivo de encontrar soluciones innovadoras que cubrieran las necesidades identificadas en su ámbito de actuación: Planificación, Construcción, Conservación y explotación, y Seguridad Vial de la Red de Carreteras del Estado (RCE). Para ello se promovió, en primer lugar, una Consulta Preliminar al Mercado a fin de conocer el estado de la técnica, las capacidades de colaboración público-privada y adquirir el conocimiento suficiente sobre las soluciones más innovadoras que el ecosistema empresarial y

de investigación podría aportar para abordar los retos.

En enero de 2023 se cerró el plazo de presentación acumulando un total de 556 propuestas en gran medida novedosas y de alto interés para la DGC, destacando especialmente el “Reto 4. Construcción de firmes bajo criterios de sostenibilidad, seguridad y eficiencia energética” al recibir en torno a un 38% de las ideas de interés. En particular, el mayor número de propuestas y variedad de soluciones innovadoras se plantearon dentro del “Subreto 4.1. Mezclas bituminosas sostenibles y descarbonizadas”, lo que ha llevado a configurar los dos programas de firmes sostenibles que se presentan a continuación.

efAPaves (efficient Asphalt Pavements)



El primero de estos programas aglutina 13 actuaciones emplazadas en diferentes tramos de la RCE con el objeto de acometer la rehabilitación de firmes con procedimientos más sostenibles que los empleados generalmente en estos casos, con los siguientes impactos deseados:

- **Potenciar la economía circular y reducir el consumo de recursos naturales** mediante la reutiliza-

ción de tasas incrementadas de asfalto recuperado (RA) y, deseablemente, con la adición de residuos procedentes de otras industrias.

- **Mejorar la eficiencia energética** de los procesos de fabricación mediante la reducción de temperaturas (técnicas semicalientes y templadas en planta, o en frío *in situ*).
- **Reducir las necesidades de acarreo** de materiales mediante técnicas de reutilización *in situ*.

Para ello, en cada una de las 13 actuaciones se aplicará alguna de las 3 técnicas siguientes bajo diferentes condiciones de contorno (climatología, solicitudes de tráfico, capacitación del sector empresarial...):

- a) **Reutilización de mezclas bituminosas en caliente o semicaliente ($\approx 140^{\circ}\text{C}$) en central** (Asturias, Cantabria, La Rioja, Burgos, Zaragoza y Zamora)

Aunque el marco normativo actual de la RCE ampara la fabricación de este tipo de mezclas (art. 22 OC 2/2023), se pretende incorporar tasas de RA en torno al límite superior permitido a fin de reducir en lo posible la huella de carbono de una serie de mezclas bituminosas, además de proseguir con la experimentación práctica de esta técnica.

Así mismo, aunque la posibilidad de fabricar en semicaliente ya esté contemplada en la normativa de aplicación, aún se debe abundar en la experiencia práctica con este procedimiento, especialmente cuando se combina con tasas relevantes de RA, por lo que se aplicará buscando la combinación de temperatura-RA que maximice la reducción de la huella de carbono sin perder

prestaciones ni comprometer su viabilidad técnica.

- b) **Fabricación de mezclas bituminosas templadas ($\approx 100^{\circ}\text{C}$) en central con emulsión o betún espumado**

(Pontevedra, Ourense, Murcia y Valladolid)

A pesar de que en España hay cierta experiencia práctica con este procedimiento e incluso se encuentra regulado en determinados ámbitos (norma de firmes del País Vasco, recomendaciones ATC...), actualmente no se encuentra recogido bajo el marco normativo de la RCE por su potencial sensibilidad ante determinados factores. Sin embargo, esta técnica permite alcanzar notables reducciones del consumo energético en comparación con el procedimiento generalizado de fabricación en caliente ($\Delta T^a \approx 80^{\circ}\text{C}$), a lo que se suman otras ventajas como el menor envejecimiento que sufre el ligante, la trabajabilidad de la mezcla durante un tiempo más prolongado o la reducción de los riesgos laborales asociados a las altas temperaturas de las mezclas o a la inhalación de gases, entre otras. Por todo ello se pretende evaluar las posibilidades y limitaciones de esta técnica, tratando de habilitar un procedimiento adicional, más eficiente, para la fabricación de mezclas bituminosas en central.

- c) **Reutilización de firmes *in situ* (temperatura ambiente) con emulsión o betún espumado** (Ávila y Murcia)

La aplicación de este procedimiento, actualmente amparado bajo el marco normativo de la RCE (art. 20 OC 2/2023), presenta ciertas limitaciones en cuanto a sus condiciones de aplicación, además de un conocimiento práctico limitado. No obstante,

se trata de una técnica de bajo consumo energético que permite un aprovechamiento integral del firme existente y que elimina casi por completo la necesidad de acarrear materiales, por lo que se continuará evaluando su aplicación bajo diferentes condiciones de contorno con la posibilidad adicional de ejecutarse con betún espumado.

ReCOPaves (Reduced CO2 Pavements)



El segundo de los programas contempla 9 actuaciones repartidas por diferentes tramos de la RCE en Andalucía donde se aplicarán soluciones con un marcado carácter innovador, generalmente por exceder el marco normativo de aplicación, pero también por la conjunción de una serie de técnicas, ya conocidas y reguladas, que permitirán alcanzar ciertas prestaciones de forma no convencional. Los objetivos perseguidos se alinean, en algunos casos, con los del anterior programa, pero con ciertas variaciones como se verá a continuación:

- **Potenciar la economía circular y reducir el consumo de recursos naturales** mediante la optimización de espesores, la reutilización de tasas incrementadas de RA o la adición de residuos procedentes de otras industrias como en el caso del polvo de caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU).
- **Mejorar la durabilidad y prestaciones de los firmes**, reduciendo

la frecuencia con la que tienen que ser rehabilitados (con los costes y afecciones al tráfico que esto lleva aparejado), además de garantizar mejores condiciones de seguridad y comodidad al usuario; por ejemplo, mediante la adición de grafeno o la formulación de mezclas bituminosas mejoradas (más tenaces, con betunes menos envejecidos...).

- **Mejorar la eficiencia energética y reducir la huella de carbono** de los firmes mediante la disminución de las temperaturas de fabricación y las necesidades de transporte de materiales, focalizando en las técnicas de fabricación semicalientes y templadas, así como las reutilizaciones *in situ*.

- Sustituir materiales procedentes de **fuentes fósiles por otros procedentes de fuentes renovables**, por ejemplo, mediante el empleo de bioligantes en sustitución de los tradicionales betunes asfálticos procedentes de la destilación del petróleo.

Concretamente, en cada una de las 9 actuaciones se aplicará alguna de las siguientes soluciones:

- a) **Mezclas sostenibles de altas prestaciones**, basadas en una mezcla SMA con adición de polvo

de caucho procedente de NFU, fabricada a menor temperatura (idealmente en semicaliente) e incorporación de RA, con el objeto de:

- o Compensar los sobrecostes de ejecución de las mezclas SMA mediante la prolongación de su vida útil, la reducción del coste energético de fabricación y la sustitución de parte de sus componentes vírgenes (áridos y betún) por RA.

- o Resolver la tendencia al escurrimiento del betún mediante la incorporación de polvo de caucho procedente de NFU en lugar de las tradicionales fibras.

- b) **Reutilización en caliente o semicaliente en central** en mezclas AC, BBTM, SMA y AUTL con incorporación de RA por encima de los límites normativos y reducción de las temperaturas de fabricación, a fin de explorar una posible ampliación de las limitaciones normativas actuales y promover el incremento de las tasas medias de RA empleadas en la producción de mezclas bituminosas.

- c) **Evolución de la técnica de fabricación en templado en central**, actualmente fuera del marco

normativo de la RCE, en mezclas de diferente tipología y con incorporación de RA, para estudiar la posibilidad de regularse normativamente.

- d) **Empleo de ligantes de origen vegetal o renovable** en sustitución total o parcial de los betunes empleados tradicionalmente para la fabricación de mezclas bituminosas (bioligantes), o bien, en sustitución de las emulsiones bituminosas empleadas para las reutilizaciones *in situ* con emulsión (bioemulsiones), con el fin de reducir su huella de carbono, minorar la dependencia de terceros países y promover la valorización de residuos o subproductos de proximidad.

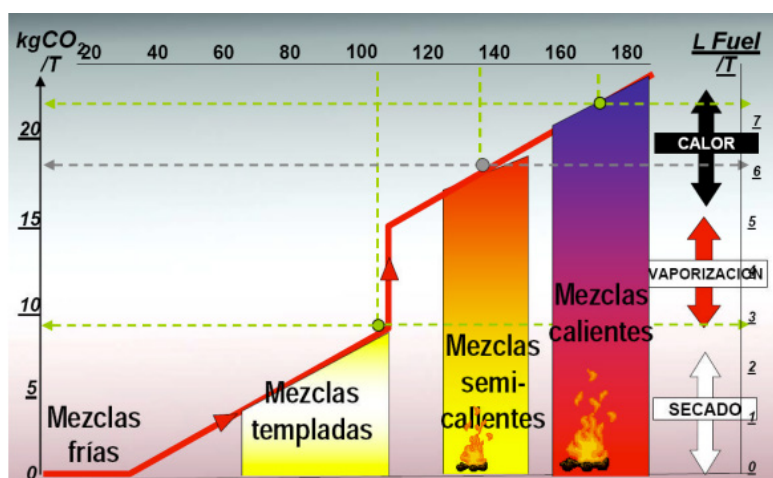
- e) **Mejora de prestaciones en firmes** mediante la aplicación de las siguientes técnicas innovadoras:

- o Incorporación de **aditivos a base de grafeno** en la fabricación de mezclas bituminosas para la mejora de sus propiedades mecánicas y la prolongación de su vida útil.
- o Desarrollo de **subbases tratadas con cemento de altas prestaciones** que prolonguen la vida útil del firme a la vez que permitan reducir su espesor, junto con un pavimento bituminoso altamente flexible que evite la reflexión de fisuras de retracción desde la subbase.

Financiación y contratación

El Presupuesto Base de Licitación (sin IVA) y el modo de financiación previstos para cada programa es:

- **efAPaves: 27 M€** a cargo de los fondos del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia (MRR), previendo ejecutar el contrato durante los años 2025 – 2026.



Fuente: ATEB - Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas

- **ReCOPaves: 19 M€** solicitados para su cofinanciación a cargo de la línea de Fomento de la Innovación desde la Demanda (FID) del Programa Plurirregional de España FEDER 2021-2027, cuya convocatoria se lanzó en febrero de 2024 desde el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, previendo iniciar el contrato durante el año 2026.

Como aspecto novedoso, también cabe destacar que la modalidad de contratación será la propia de un contrato mixto de Proyecto y Obra (artículos 18 y 234 de la Ley de Contratos del Sector Público), donde el adjudicatario deberá redactar el proyecto constructivo y ejecutar las obras consecuentes. Además, en el caso del programa ReCOPaves, se adaptarán los pliegos a la modalidad de Compra Pública de Tecnología Innovadora (CPTI), orientados en mayor medida hacia el cumplimiento de una serie de prestaciones funcionales y no tanto hacia las prescripciones técnicas convencionales.

Con todo ello se espera explotar al máximo las posibilidades que ofrece cada técnica en términos de reducción de la huella de carbono, mejora de la eficiencia energética, durabilidad y potenciación de la economía circular, implicando al empresario desde el momento inicial del diseño para alcanzar los objetivos establecidos a la par que se garantiza la viabilidad de cada solución.

Dirección y seguimiento de los trabajos

Desde la fase inicial de diseño de ambos programas, tanto para la solicitud de financiación como para la redacción de anteproyectos y la elaboración de pliegos, se ha contado con varios especialistas en firmes y en Compra Pública de Innovación

(CPI) de la Dirección Técnica y la Subdirección General de Sostenibilidad e Innovación de la DGC, con la asistencia técnica de INECO y PARMA ingeniería, además de la colaboración de las Demarcaciones de Carreteras del Estado y diversos efectivos de los sectores de conservación a la hora de recabar la información disponible en los tramos seleccionados, completándola en su caso con las inspecciones visuales y reconocimientos necesarios.

Para dirigir la ejecución de estos contratos se ha planificado una actuación coordinada entre los servicios periféricos y centrales de la DGC a fin de establecer unos objetivos comunes, unificar criterios y lograr con ello unos resultados equiparables en todos los casos. Entre las asistencias con las que se contará durante el desarrollo de los contratos (coordinación, supervisión de proyectos, control y vigilancia de obras...), cabe destacar la del Centro de Estudios del Transporte (CET) del CEDEX, que iniciará su participación con el apoyo a la evaluación técnica de las ofertas presentadas durante la fase de licitación, llegando hasta el asesoramiento especializado durante la fase de redacción de proyectos, y el seguimiento de las obras mediante los ensayos de contraste y las auscultaciones pertinentes. Así mismo, una vez finalizados los contratos de proyecto y obra, se prevé continuar con su colaboración para observar la evolución real de las soluciones aplicadas y analizar así las potenciales regulaciones normativas que se puedan derivar de estas experiencias.

Conclusiones

Con los dos programas aquí presentados, desde la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, se pretende avanzar en el conoci-

miento y desarrollo de diferentes soluciones que permitan la ejecución de firmes de un modo más eficiente y sostenible, evolucionando los procedimientos que se han venido empleando tradicionalmente hacia las necesidades y estándares actuales.

La consecución de los objetivos marcados supondrá, no sólo una mejora en la gestión de la infraestructura y de los recursos administrados por la DGC, sino también un impacto positivo en otros aspectos como, por ejemplo:

- Las condiciones de seguridad y comodidad de los usuarios de la RCE, con la mejora de las prestaciones funcionales de los pavimentos y la prolongación de su vida útil.
- La capacitación e impulso del sector empresarial para abordar la ejecución de firmes con soluciones más eficientes, sostenibles e innovadoras.
- La reducción del impacto ambiental causado a lo largo de todo el ciclo de vida de los firmes de carreteras, mediante la racionalización del consumo de recursos, su sustitución por otros menos lesivos y la valorización de residuos.

Las conclusiones alcanzadas como consecuencia de la ejecución de estos dos programas y sus evaluaciones *ex post*, serán difundidas mediante las publicaciones técnicas y regulaciones normativas pertinentes, con lo que se espera que el conocimiento adquirido también se pueda hacer extensivo a la práctica de otros gestores de infraestructuras, logrando con ello un despliegue mucho más amplio de las ventajas conseguidas. ♦