

## Consulta Preliminar al Mercado

*Proyecto G-MOVE*



### ***Anexo I. Descripción de retos de la Consulta Preliminar al Mercado***

Código seguro de verificación: **FSCOQ3FQ04R009R1ERE3**

La autenticidad de este documento puede ser contrastada en la dirección <https://www.granada.org/cgi-bin/produccion/simcgi.exe/verifica.sim/root>

Firmado por **ROJAS MARTIN ISABEL**

/DIRECTORA TECNICA DE INNOVACION Y S 27-03-2025 12:12:12

Contiene 1 firma digital



Pag. 1 de 14



## Contenido

1	Reto I. Sistema inteligente de regulación del tráfico	3
1.1	Justificación de la necesidad pública	3
1.2	Estado del arte	4
1.3	Contenido innovador	5
1.4	Funcionalidades esperadas	8
2	Reto II. Pavimentos urbanos innovadores para una movilidad segura	10
2.1	Justificación de la necesidad pública	10
2.2	Estado del arte	11
2.3	Contenido innovador	13
2.4	Funcionalidades esperadas	14



## 1 Reto I. Sistema inteligente de regulación del tráfico

### 1.1 Justificación de la necesidad pública

El presente reto surge en un contexto de apuesta por la innovación y la mejora de la movilidad urbana por parte del Ayuntamiento de Granada, y representa una solución necesaria ante la persistencia de limitaciones significativas que afectan la seguridad vial, la eficiencia en la gestión del tráfico y la capacidad de respuesta ante determinadas condiciones adversas:

- **Riesgo y exposición en situaciones de riesgo para los agentes de tráfico:** Al operar en condiciones de baja visibilidad, los policías locales se exponen a un alto nivel de peligro. En intersecciones y pasos de peatones donde el deslumbramiento es intenso, la presencia de los agentes puede pasar desapercibida, aumentando la posibilidad de accidentes y reduciendo la efectividad de su labor.
- **Falta de un sistema proactivo:** El modelo actual de regulación del tráfico es reactivo en lugar de preventivo. Es decir, las soluciones se implementan una vez que el problema ya ha surgido, en lugar de anticiparse a los factores que lo desencadenan. La ausencia de herramientas tecnológicas capaces de analizar y prever patrones de tráfico en condiciones de baja visibilidad limita la capacidad del Ayuntamiento para abordar este problema de manera estructural.
- **Desconexión con otros espacios de datos compartidos:** A pesar de los avances en digitalización, la gestión del tráfico en situaciones de baja visibilidad sigue funcionando de manera aislada, sin integrarse con otros sistemas inteligentes de movilidad urbana. La falta de interconexión entre semáforos, sensores de tráfico y plataformas de datos impide una optimización eficiente de la circulación y dificulta la implementación de estrategias avanzadas de movilidad sostenible.
- **Impacto en la movilidad y sostenibilidad:** La falta de automatización y la dependencia de la intervención manual generan ineficiencias en la gestión del tráfico, lo que se traduce en un mayor consumo de combustible, un incremento de la huella de carbono y un aumento del ruido urbano. Granada busca posicionarse como una ciudad sostenible e innovadora dentro del marco de eCity Granada, un proyecto que promueve la digitalización y el uso de tecnologías limpias para mejorar la vida urbana. Sin embargo, la persistencia de métodos tradicionales en la regulación del tráfico supone un obstáculo para alcanzar estos objetivos.

Para abordar el reto, es imprescindible incorporar soluciones tecnológicas avanzadas que permitan gestionar el tráfico de manera autónoma e inteligente. La implementación de un sistema innovador de regulación del tráfico contribuirá a transformar la ciudad en un entorno más seguro, eficiente y sostenible, reduciendo la siniestralidad y optimizando el uso de los recursos disponibles.

Concretamente, este reto busca:

- **Reducir la siniestralidad vial**, mediante el uso de sensores, algoritmos predictivos y sistemas de alerta automatizados.



- **Adoptar un enfoque proactivo**, anticipándose a las condiciones adversas en lugar de sólo responder a ellas de manera reactiva.
- **Integrar la regulación del tráfico con otros espacios de datos compartidos**, asegurando una movilidad fluida, conectada y alineada con la transición energética y digital.
- **Reducir el impacto ambiental** del tráfico y huella del ruido.
- **Mejorar la experiencia del usuario**.

La implementación de este sistema contribuirá a que Granada sea un referente en movilidad inteligente y sostenible, con tecnologías replicables en otras ciudades, y su integración dentro de eCity Granada refuerza su impacto estratégico, convirtiéndolo en un modelo de innovación urbana a nivel nacional e internacional.

## 1.2 Estado del arte

A pesar de los avances en la digitalización y la movilidad inteligente, las soluciones actuales en regulación del tráfico presentan diversas limitaciones que impiden una gestión eficiente en entornos urbanos complejos. A continuación, se detallan estas limitaciones que, si bien ofrecen avances, no resuelven completamente el reto planteado.

### Falta de un enfoque proactivo en la regulación del tráfico

Los sistemas actuales de gestión del tráfico funcionan ajustando los tiempos de los semáforos en función del flujo vehicular en tiempo real. Sin embargo, estos modelos son reactivos, es decir, actúan una vez que la congestión ya se ha generado en lugar de anticiparse a ella.

Algunos ejemplos de soluciones existentes:

- **PTV Optima**: Simula escenarios de tráfico y ajusta las señales en tiempo real, pero no incorpora una predicción avanzada basada en análisis de patrones históricos y condiciones adversas.
- **DGT 3.0**: Plataforma que conecta vehículos con la infraestructura vial, pero su enfoque se centra en la recopilación de datos y no en la regulación activa del tráfico de manera autónoma.

### Desconexión entre infraestructuras y falta de integración con espacios de datos compartidos

Actualmente, los semáforos, sensores de tráfico y plataformas de datos urbanos operan de forma aislada en muchas ciudades. A pesar de la digitalización, no existe una red de comunicación integrada que permita la coordinación en tiempo real entre todos estos elementos.

Algunos ejemplos de soluciones existentes:

- **Siemens Sitrax**: Plataforma de gestión de tráfico con integración de semáforos y sensores, pero su grado de interconexión depende de la infraestructura existente en cada ciudad.



- **Google Traffic/Waze:** Ofrecen información en tiempo real sobre el tráfico, pero no están integrados con la regulación activa del tráfico, sino que solo proporcionan recomendaciones a los usuarios.

### Dependencia de la intervención manual y riesgo para los agentes de tráfico

Los policías locales y agentes de tráfico tienen un rol clave en la regulación del tráfico, especialmente en intersecciones conflictivas o en situaciones de baja visibilidad. Esto incrementa su exposición al riesgo y reduce la eficacia de la gestión del tráfico en condiciones adversas.

Algunos ejemplos de soluciones existentes:

- **Balizas V16 conectadas:** Mejoran la visibilidad de vehículos en carretera, pero no están diseñadas para proteger a los agentes de tráfico en entornos urbanos.
- **Cámaras de vigilancia con análisis de tráfico (Indra, Bosch, Hikvision):** Detectan incidentes en tiempo real, pero siguen siendo herramientas pasivas que no regulan activamente la circulación.

### Impacto ambiental y falta de soluciones sostenibles en la regulación del tráfico

Las tecnologías actuales de gestión del tráfico no priorizan la sostenibilidad como un criterio central. En muchas ciudades, la regulación sigue dependiendo de modelos tradicionales que generan congestión, aumentan el consumo de combustible y contribuyen a la contaminación acústica.

Algunos ejemplos de soluciones existentes:

- **Plataformas de movilidad eléctrica:** Reducen las emisiones, pero no están integradas con sistemas de tráfico inteligente.

A modo de conclusión, se observa que, a pesar de los avances en las tecnologías de sensores, algoritmos de inteligencia artificial, interconexión de datos y automatización de la gestión del tráfico, a día de hoy no existe una solución integrada que aborde todas las necesidades planteadas en el presente reto del Ayuntamiento de Granada. Las tecnologías actuales son, en su mayoría, reactivas y parciales, lo que significa que no permiten anticiparse a condiciones adversas, como la baja visibilidad, o la presencia de agentes de tráfico en intersecciones. La ausencia de integración entre sistemas de movilidad refuerza la idea de que aún no hay una solución que pueda abordar de manera integral y efectiva el reto planteado.

Por lo tanto, resulta innovador el desarrollo de un sistema que combine tecnologías avanzadas para mejorar la seguridad, eficiencia y sostenibilidad del tráfico en condiciones adversas.

## 1.3 Contenido innovador

El problema identificado requiere una solución innovadora, ya que no existe actualmente una tecnología comercial que resuelva el problema de manera integral.

La actividad innovadora se centrará en los siguientes aspectos:



### 1. Sensores IoT

Se aprovechará el Internet de las Cosas (IoT) para desplegar una red de sensores inteligentes ubicados en puntos críticos de la ciudad. Estos sensores permitirán la monitorización constante del entorno y la recopilación de datos clave para la toma de decisiones automatizada.

- **Sensores de luz, acústicos, de temperatura y visibilidad:** Permitirán medir las condiciones atmosféricas y ambientales en intersecciones y zonas de alto riesgo, detectando niveles de visibilidad reducida, ruido urbano y cambios en la temperatura.
- **Medición de concentraciones de CO<sub>2</sub>:** Facilitará el análisis del impacto ambiental del tráfico y contribuirá a la adopción de estrategias de movilidad sostenible
- **Cámaras con visión computacional:** Equipadas con algoritmos de análisis de imágenes, estas cámaras identificarán la densidad del tráfico, patrones de circulación y comportamientos de los conductores en tiempo real.
- **Sistemas de detección de vehículos y peatones:** A través de sensores de movimiento y análisis de imágenes, el sistema podrá identificar la presencia y trayectoria de vehículos y peatones, optimizando la regulación del tráfico para prevenir accidentes.

### 2. Inteligencia Artificial y sistemas de detección en tiempo real

La Inteligencia Artificial (IA) será un pilar fundamental, permitiendo el análisis de grandes volúmenes de datos en tiempo real y la predicción de patrones de tráfico y posibles incidentes.

- **Sistemas de IA para análisis predictivo:** Algoritmos avanzados procesarán la información obtenida de los sensores y cámaras para anticiparse a situaciones de riesgo y ajustar dinámicamente la regulación del tráfico.
- **Blockchain para gestión segura de la información:** La integración de blockchain garantizará la privacidad y seguridad de los datos, además de mejorar la interoperabilidad con bases de datos municipales.
- **Red de comunicaciones 5G y Edge Computing:** Estas tecnologías permitirán un procesamiento de datos ultra rápido y descentralizado, reduciendo la latencia y garantizando respuestas inmediatas a eventos imprevistos.
- **Plataforma ITS (Intelligent Transport System):** Unificará los datos y protocolos municipales para gestionar la movilidad urbana de manera eficiente e interoperable.
- **Algoritmos de aprendizaje federado:** Permitirán mejorar el rendimiento de los sistemas de IA sin necesidad de transferir datos sensibles a servidores centrales, optimizando la privacidad y el rendimiento del sistema.

### 3. Automatización del tráfico

Uno de los aspectos más innovadores será su capacidad para automatizar la gestión del tráfico, adaptándose dinámicamente a las condiciones cambiantes del entorno.

- **Semáforos inteligentes adaptativos:** Ajustarán su tiempo de ciclo de forma dinámica en función del flujo vehicular, las condiciones de visibilidad y la presencia de peatones, optimizando la fluidez del tráfico y reduciendo tiempos de espera innecesarios.



- **Proyección lumínica en la calzada:** Durante momentos de baja visibilidad, se activarán luces proyectadas en la carretera para marcar carriles y trayectorias seguras, mejorando la percepción de los conductores.
- **Robots autónomos para señalización:** En intersecciones de alto riesgo, robots equipados con señalización luminosa podrán posicionarse automáticamente para alertar a los conductores y guiar el tráfico de manera segura.

#### 4. Comunicación con conductores

Contará con una infraestructura de comunicación avanzada para informar y alertar a los conductores de forma instantánea sobre las condiciones del tráfico y posibles peligros en la vía.

- **Paneles de Información Variable (PIVs):** Señalización electrónica dinámica que proporcionará información en tiempo real sobre condiciones del tráfico, accidentes y rutas alternativas.
- **Integración con sistemas V2X (Vehicle-to-Everything):** Permitirá la comunicación directa entre el sistema de tráfico y los vehículos conectados, enviando advertencias automáticas a los sistemas de navegación y asistentes de conducción.
- **Aplicaciones móviles y plataformas digitales:** Se desarrollará una interfaz de usuario para notificar a los ciudadanos sobre el estado de las vías, emergencias viales y cambios en la movilidad urbana, facilitando la toma de decisiones informada por parte de los conductores.

#### 5. Sostenibilidad energética en la gestión del tráfico

Un aspecto diferenciador será su compromiso con la eficiencia energética y la sostenibilidad, reduciendo el impacto ambiental de la infraestructura de tráfico mediante soluciones innovadoras.

- **Paneles solares fotovoltaicos en semáforos y señalización LED:** Generarán energía renovable para el funcionamiento de los dispositivos de control del tráfico, reduciendo el consumo energético de la ciudad.
- **Sistemas de almacenamiento energético:** Se implementarán baterías para garantizar el suministro eléctrico continuo en semáforos y dispositivos críticos, incluso en condiciones meteorológicas adversas.
- **Microrredes inteligentes:** Redistribuirán la energía generada entre los distintos dispositivos, optimizando su consumo y mejorando la eficiencia del sistema.

Gracias a la integración de IoT, Big Data, IA, blockchain, comunicaciones 5G y energías renovables, este sistema permitirá a Granada convertirse en un referente internacional en movilidad inteligente y sostenible. No solo mejorará la seguridad vial y la eficiencia del tráfico, sino que también impulsará la interoperabilidad con otras iniciativas Smart City, contribuyendo a la modernización del ecosistema urbano y estableciendo un modelo replicable para otras ciudades. Con este proyecto, Granada da un paso firme hacia el futuro de la movilidad, apostando por una ciudad más segura, conectada y sostenible.



## 1.4 Funcionalidades esperadas

La solución propuesta para el reto de **Sistema Inteligente y Autónomo de Regulación del Tráfico** deberá tener en cuenta:

OBJETIVOS	FUNCIONALIDADES ESPERADAS
<b>SEGURIDAD VIAL</b>	Detección automática de infracciones y situaciones críticas
	Detección de velocidad, flujo y circulación indebida
	Ajustar la prioridad semafórica en intersecciones
	Identificación biométrica y de matrículas
	Mejorar la transparencia en sanciones y gestión de la información, con privacidad y seguridad, conectado con bases de datos municipales y protocolos.
	Maquinaria robótica autónoma.
	Respuesta en tiempo real a incidentes y alerta a servicios de emergencia.
	Integración con sistemas de gestión del tráfico y respuesta predictiva.
<b>ESPACIO DE DATOS DE MOVILIDAD URBANA</b>	Unificación de protocolos y gestión del dato unificada a nivel municipal con los servicios municipales (policía, bomberos, asistencia médica)
	Ajuste dinámico del tráfico según estado de carreteras y vías, proporcionando <i>dashboards</i> intuitivos para la toma de decisiones.
	Mecanismos avanzados de seguridad, cifrado y anonimización.
	Entrenar modelos de datos sin necesidad de centralizar la información sensible, compartiendo los parámetros de forma anónima y agregada.
<b>REDUCCIÓN DEL IMPACTO SOSTENIBLE DEL TRÁFICO Y HUELLA DEL RUIDO</b>	Energía renovable para sistemas robóticos de tráfico: paneles solares, baterías de litio.
	Reducción de la contaminación acústica, concentraciones de CO <sub>2</sub> , partículas en suspensión y el flujo de la movilidad unificando la información proveniente de sensores integrados en diversas infraestructuras de gestión del tráfico (por ejemplo, semáforos).
	Anticipar la congestión y redistribuir recursos de forma proactiva, mejorando la movilidad urbana y reduciendo las emisiones contaminantes, detectando patrones y tendencias en los indicadores ambientales y de movilidad e identificando áreas críticas de contaminación-congestión.
	Evaluar estado y flujo de las vías en tiempo real y evitar situaciones de congestión, capaces de identificar la cantidad y velocidad, transmitiendo datos a la plataforma centralizada, permitiendo un monitoreo continuo y la generación de informes sobre el uso y la ocupación.
<b>MEJORA DE LA EXPERIENCIA DEL USUARIO</b>	Aplicación móvil que ofrezca a los usuarios en tiempo real información del estado de las vías, avisos de emergencias y movilidad urbana, reduciendo así el desgaste del estado vial y mejorando la experiencia del usuario. La interfaz permitirá vincular la información de navegación a los procesos de innovación de interfaz de usuario del proyecto eCity Granada (estacionamiento).
	Posibilidad de que los propios usuarios activen alertas a través de una aplicación móvil, proporcionando información adicional sobre la naturaleza para que el ciudadano pueda notificar rápidamente su situación y recibir información en tiempo real, avisos generados integrados según rutas planificadas que mejoren la experiencia del usuario y ubicación de la incidencia

Tabla 1. Funcionalidades esperadas para el reto "Sistema inteligente de regulación del tráfico".





Cofinanciado por la Unión Europea



Fondos Europeos



Código seguro de verificación: **FSCOQ3FQ04R009R1ERE3**

La autenticidad de este documento puede ser contrastada en la dirección <https://www.granada.org/cgi-bin/produccion/simcgi.exe/verifica.sim/root>

Firmado por ROJAS MARTIN ISABEL

/DIRECTORA TECNICA DE INNOVACION Y S 27-03-2025 12:12:12

Contiene l firma digital



## 2 Reto II. Pavimentos urbanos innovadores para una movilidad segura

### 2.1 Justificación de la necesidad pública

La infraestructura vial es el soporte de las actividades diarias en las ciudades, siendo responsable de garantizar la fluidez del tráfico, la seguridad de los peatones y la longevidad de los vehículos. En particular, el pavimento urbano, esencial para la movilidad de peatones y vehículos, enfrenta una serie de problemas estructurales y de seguridad que requieren una solución innovadora y sostenible.

A continuación, se presentan las principales razones y necesidades que justifican la necesidad de un pavimento inteligente, conectado y capaz de analizar el estado del material:

- **Desgaste acelerado del pavimento por tráfico y condiciones climática:** Las superficies de carreteras y caminos urbanos son sometidas a una presión constante debido al tránsito vehicular, especialmente en áreas de alta densidad de tráfico. Este fenómeno, agravado por las condiciones climáticas extremas, acelera el desgaste y la reducción de la funcionalidad de las infraestructuras, con impacto directo en la seguridad de la movilidad urbana. La falta de una detección temprana del estado del pavimento dificulta la programación de intervenciones de mantenimiento, lo que genera un ciclo de deterioro acelerado y costoso.
- **Impacto ambiental de los materiales convencionales:** El uso de materiales convencionales en la construcción y mantenimiento del pavimento tiene un alto impacto ambiental debido a su proceso de fabricación, transporte e instalación. La implementación de pavimentos inteligentes, que incorporen sensores y materiales reciclables o de bajo impacto, puede contribuir de manera significativa a reducir la huella ambiental de las ciudades y avanzar hacia la sostenibilidad urbana.

En ese sentido, esta solución no solo transformará la manera en que las ciudades gestionan sus pavimentos, sino que también sentará las bases para un futuro más inteligente, sostenible y seguro en la movilidad urbana.

Concretamente, este reto busca:

- **Mejorar la seguridad vial y peatonal** empleando materiales antideslizantes para el pavimento y de características que reduzcan su desgaste.
- **Análisis predictivo** para la optimización y apoyo a intervenciones de mantenimiento del pavimento antes de que se conviertan en problemas graves contribuyendo a la anticipación del desgaste del material.
- **Uso de materiales sostenibles y de bajo impacto ambiental.**
- **Conexión con el Espacio de Datos de Movilidad Urbana**, lo que permite una gestión integral de la movilidad a nivel municipal, donde los datos sobre el estado del pavimento se incorporarían al análisis general de la infraestructura urbana, facilitando una planificación más eficiente.



## 2.2 Estado del arte

A pesar de los avances en tecnologías de materiales inteligentes y sostenibles, actualmente no existe una solución integrada que responda completamente a la necesidad de un pavimento seguro, conectado y capaz de analizar su estado en tiempo real. Las tecnologías existentes aún no permiten una solución autónoma para la detección temprana de problemas, la programación eficiente del mantenimiento, ni la integración de datos con otros sistemas de movilidad urbana.

A continuación, se reflexiona sobre el estado del arte de algunas de las tecnologías planteadas para este reto:

### Sensores y sistemas de monitoreo integrado en pavimentos y gestión integrada de la información

Los pavimentos inteligentes actuales incorporan sensores embebidos en pavimentos que permiten monitorear su estado antes de que aparezcan daños visibles para monitorear la temperatura, humedad, vibraciones y estado del material. Algunos proyectos incluyen sensores que detectan grietas o deformaciones en sus primeras fases, permitiendo intervenciones preventivas y mejorar la gestión del mantenimiento. Sin embargo, la mayoría de estas soluciones se centran en carreteras interurbanas y no en pavimentos urbanos, donde el desgaste es diferente. Además, la integración con plataformas de análisis de datos de movilidad urbana es limitada, lo que reduce su capacidad para formar parte de un ecosistema de movilidad inteligente, ya que requiere un sistema robusto de conectividad que garantice el acceso y almacenamiento de datos. Por otro lado, las soluciones basadas en sensores y materiales avanzados requieren una inversión inicial elevada que dificulta su adopción masiva.

Algunos ejemplos desarrollados:

- **Pavimentos inteligentes en Reino Unido "Smart Roads Project":** Se están instalando sensores en pavimentos urbanos que permiten monitorear las condiciones del pavimento en tiempo real. Este tipo de sensores proporcionan datos de temperatura, presión y otras variables, ayudando a predecir el desgaste y la necesidad de mantenimiento.
- **Proyecto Re-Road (H2020):** Este proyecto europeo se centra en el reciclaje y la reutilización de materiales de pavimentación, particularmente el asfalto, integrando materiales reciclados para reducir la huella de carbono. La integración de sensores para monitorear el comportamiento y el desgaste del pavimento es parte esencial de la investigación.

El reto actual propone dar un paso más al integrar estos sensores con tecnología de análisis predictivo no solo para detectar fallos, sino también para automatizar las decisiones sobre cuándo y cómo realizar el mantenimiento, y al mismo tiempo ajustar la seguridad vial. Este enfoque puede reducir considerablemente la intervención manual y proporcionar una respuesta más rápida y precisa a los problemas de seguridad vial, como una gestión más eficiente de los recursos. Este tipo de integración no está presente en la mayoría de los



proyectos actuales, que tienden a centrarse únicamente en los pavimentos o la gestión del tráfico de forma aislada.

### Materiales avanzados y sostenibles

El desarrollo de materiales sostenibles e inteligentes para pavimentos busca mejorar la durabilidad, la seguridad y la huella ambiental. Algunos ejemplos incluyen asfaltos reciclados y materiales que incorporan características como mayor resistencia al desgaste y propiedades antideslizantes. Investigaciones recientes también están explorando el uso de materiales magnéticos que interactúan con vehículos autónomos y de movilidad personal, así como el desarrollo de materiales sostenibles, como asfaltos con componentes reciclados o mejorados para mayor durabilidad, pero su implementación enfrenta desafíos relacionados con la resistencia y el costo de producción.

Algunos ejemplos:

- **Proyectos de la Asociación Española de la Carretera:** Se investiga el desarrollo de nuevos materiales para pavimentos sostenibles que reduzcan la huella de carbono sin comprometer el rendimiento.
- **Pavimento fotovoltaico – Solar Roadways (Francia):** Este proyecto busca integrar paneles solares directamente en los pavimentos de las carreteras. Aunque en fase de pruebas, estos pavimentos no solo producen energía, sino que también están equipados con sensores que permiten monitorear el estado del pavimento y la seguridad vial.

El reto propuesto puede aprovechar la investigación sobre asfaltos reciclados y materiales avanzados para desarrollar una solución aún más sostenible y resistente, así como la posibilidad de incorporar nanotecnología en los asfaltos reciclados para mejorar la resistencia a factores climáticos extremos, prolongando la vida útil del pavimento y aumentando la eficiencia del mantenimiento, o la generación de energía con materiales fotocatalíticos.

Si bien algunos proyectos aportan soluciones similares, el reto propuesto se enfoca de manera más holística en el uso de materiales de bajo impacto ambiental y la combinación de estos con tecnologías de monitoreo en tiempo real. Este enfoque más integral tiene el potencial de mejorar tanto la sostenibilidad como la seguridad vial, superando la aplicación aislada de una sola tecnología o material.

### Seguridad vial y pavimentos antideslizantes

Existen investigaciones centradas en pavimentos asfálticos modificados que mejoran la resistencia al deslizamiento. Estos pavimentos incorporan técnicas como la modificación funcional de materiales para obtener superficies con mayor fricción, lo que mejora la seguridad vial. La aplicación de estos materiales ha mostrado resultados prometedores para aumentar la durabilidad y la seguridad en carreteras urbanas y rurales.

Algunos ejemplos desarrollados:



- **Proyecto Meon-UK:** Ha desarrollado soluciones de pavimentos antideslizantes utilizando una mezcla de bauxita calcinada y termoplástico. Este tipo de revestimiento se utiliza especialmente en áreas donde el deslizamiento es más probable, como curvas pronunciadas, entradas y salidas de autopistas, intersecciones y carriles bici.
- **Proyecto "Highways England":** En el marco de este proyecto, se desarrollaron pavimentos antideslizantes en puntos clave de la red vial, especialmente en áreas de alta frecuencia de accidentes o riesgo de deslizamiento. Estos pavimentos se aplican en intersecciones y zonas propensas a la acumulación de agua o hielo, utilizando materiales que aumentan la fricción y mejoran la estabilidad de los vehículos, reduciendo así el riesgo de accidentes durante condiciones meteorológicas difíciles.

Al integrar materiales inteligentes antideslizantes el proyecto ofrece mejoras significativas en la seguridad vial para peatones y vehículos. Propone introducir una combinación de tecnologías que no solo optimizan la seguridad vial mediante el uso de materiales antideslizantes avanzados, sino que también incluir capacidades de análisis predictivo para el monitoreo continuo del estado del pavimento. La incorporación de sensores y su conexión con sistemas de datos de movilidad urbana permitirá realizar un mantenimiento proactivo, antes de que los problemas se conviertan en riesgos, lo que representa un avance importante en la gestión y sostenibilidad de la infraestructura vial. Además, como se plantea la integración de materiales reciclables o de bajo impacto ambiental, también contribuirá a la reducción de la huella de carbono.

### 2.3 Contenido innovador

El problema identificado requiere una solución innovadora, ya que **no existe actualmente una tecnología comercial que resuelva el problema de manera integral**. La actividad innovadora se centrará en los siguientes aspectos:

#### 1. Pavimentos inteligentes:

- **Inteligencia Artificial para análisis predictivo y optimización de mantenimiento.** Los algoritmos de IA son capaces de hacer predicciones sobre el desgaste del pavimento y condiciones críticas antes de que se conviertan en un problema, optimizando así las intervenciones de mantenimiento.
- **Sensores IoT para monitoreo de condiciones ambientales y estado de conservación del pavimento.** La implementación de sensores IoT en el pavimento permite monitorear continuamente las condiciones ambientales y el estado físico de las superficies de la ciudad. Estos sensores incluyen dispositivos para medir la temperatura, humedad, material resbaladizo y el desgaste del pavimento. Además, permiten hacer un seguimiento de la durabilidad de los materiales sostenibles utilizados, lo que optimiza el ciclo de vida del pavimento.
- **Pavimentos fotovoltaicos y autogeneradores de energía,** que aprovechan la energía solar para producir electricidad y el uso eficiente de los recursos, contribuyendo a la autosuficiencia energética de la ciudad.



- **Sistema inteligente de gestión de activos y análisis de datos integrados en tiempo real.** Herramientas y sistemas de gestión del dato para la planificación y monitorización del estado del pavimento, que permita el seguimiento y la gestión de los activos de la infraestructura, incluyendo el mantenimiento y la planificación de la inversión, sujeto a otros procesos de gestión y planificación urbana municipal.

## **2. Materiales eficientes y sostenibles para la seguridad vial:**

- La utilización de **materiales sostenibles** en la construcción de la pavimentación urbana es clave para reducir la huella ambiental de las infraestructuras viales y ampliar la gestión de recursos y la durabilidad de los materiales empleados para la construcción del pavimento.
- Uso de **materiales antideslizantes y/o materiales reciclados** (caucho, residuos de construcción...): Pavimentos con resinas naturales y polímeros reciclados que mejoran la fricción.

### **2.4 Funcionalidades esperadas**

La solución propuesta para el reto deberá incorporar las siguientes funcionalidades:

OBJETIVOS	FUNCIONALIDADES ESPERADAS
<b>PAVIMENTOS INTELIGENTES</b>	Recopilación de datos sobre tráfico, temperatura y desgaste.
	Superficies que generan electricidad aprovechando la luz solar
	Planificación y gestión de la infraestructura viaria e información de daños en tiempo real
	Seguimiento y la gestión de los activos de la infraestructura, incluyendo el mantenimiento y la planificación de la inversión
<b>MATERIALES EFICIENTES Y SOSTENIBLES PARA LA SEGURIDAD VIAL</b>	Materiales de construcción de pavimentos que mejoren la durabilidad y reducir mantenimiento, así como para mejorar la adherencia.
	Mejorar la gestión del agua de lluvia y reducir encharcamientos en los materiales usados en la construcción del pavimento e infraestructuras viarias.

Tabla 2. Funcionalidades esperadas para el reto "Pavimentos urbanos innovadores para una movilidad segura"

