

LIFE MINOX-STREET: Medida y modelización de la eficiencia descontaminante de óxidos de nitrógeno de materiales fotocatalíticos y su empleo como estrategia para la gestión de la calidad del aire



R. Muñoz¹, M. Palacios², B. Cadavid³ y G. Caballero⁴



1 Ayuntamiento de Alcobendas, Plaza Mayor, 1, 28100 Alcobendas (Madrid); 2 CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas), Avenida Complutense, 40, 28040 Madrid; 3 CEDEX Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, Centro de Estudios del Transporte (CET), Laboratorio de Infraestructura Viaria, Autovía de Colmenar Viejo km. 18.2, 28760 El Goloso (Madrid); 4 INECO (Ingeniería y Economía del Transporte), Paseo de la Habana, 138, 28036 Madrid.

El proyecto LIFE MINOX-STREET, cofinanciado por el Instrumento Financiero para el Medio Ambiente de la Unión Europea, se desarrolla a lo largo de cuatro años (2013-2017). Tiene como objetivo principal evaluar las estrategias de reducción de las concentraciones de los óxidos de nitrógeno relacionados con el tráfico rodado en ciudades, ofreciendo a las autoridades locales soluciones eficaces, sostenibles e integrales para la gestión de la calidad del aire, tales como optimizar las condiciones de uso de materiales fotocatalíticos comerciales diseñados para la purificación del aire y evaluar el papel que estos materiales pueden jugar en combinación con otras tecnologías y estrategias. En la actualidad, se trabaja en proporcionar evidencias basadas en ensayos rigurosos sobre las propiedades físico-químicas y eficiencia de numerosos materiales fotocatalíticos comerciales, tanto en condiciones controladas como en ambiente real. Además, se ha diseñado y puesto a punto un sistema experimental para la caracterización del efecto sumidero de los óxidos de nitrógeno de distintas superficies fotocatalíticas en atmósfera urbana útil para la demostración a escala real de las capacidades descontaminantes de estos materiales implementados en diferentes escenarios urbanos reales. Asimismo, se está desarrollando y validando un modelo para simular la dispersión de contaminantes a escala urbana y analizar la eficacia individual y combinada de distintos materiales fotocatalíticos aplicados a diferentes elementos del entorno urbano a escala de distrito. Adicionalmente, se estudia la desactivación fotocatalítica de estos materiales en condiciones reales para recomendar a las autoridades las mejores prácticas de empleo. Se espera que los resultados del proyecto tengan impacto en los actores clave de la gestión de la calidad del aire, léase autoridades, industria y medios de comunicación, y preparen el terreno para futuras aplicaciones innovadoras de estos materiales.

Estudio de mercado y elección de materiales fotocatalíticos comerciales para su ensayo.

INECO, socio coordinador, estudia el estado del arte de los materiales fotocatalíticos comerciales potencialmente depuradores de la atmósfera y sus prestaciones para la aplicación en entornos urbanos.

Losetas y adoquines de cemento fotocatalíticos para pavimentación de acera



Fase de construcción de un acera de losetas aditivadas con TiO_2

Capas de rodadura de mezclas drenantes bituminosas percoladas con lechada de cemento fotocatalítica



Estado de la superficie de rodadura tras percolación de la lechada después del granallado

Percolación de lechada de cemento fotocatalítico

Sprays fotocatalíticos sobre mezclas bituminosas y hormigones para pavimentación de calles y aceras



Acabado de extendido de spray fotocatalítico en mezcla bituminosa de calzada y en acera

Productos fotocatalíticos para fachadas



Detalle de pinturas fotocatalíticas sobre ladrillo de cara vista

Pintura y revestimiento cerámico fotocatalíticos

Selección de materiales fotocatalíticos (Parte I): El CEDEX estudia las propiedades físicas, mecánicas y de durabilidad sobre mezclas bituminosas y hormigones.

Ensayos de mezclas bituminosas realizados en el Centro de Estudios del Transporte (CEDEX)



Pista de Ensayo de firmes del CEDEX

Secciones con productos fotocatalíticos en Pista de Ensayo

Ensayos de desgaste de productos fotocatalíticos sobre mezcla discontinua



Extracción y corte de testigos y catas para ensayos de laboratorio:

- Densidad y contenido de huecos de cada sección al principio y final del ensayo de desgaste
- Rigidez a diferentes temperaturas de cada sección
- Pérdida de partículas de cada sección
- Deformaciones plásticas de cada sección

Otros ensayos realizados en Pista han sido:

- Permeabilidad
- Evaluación de la macrotextura del pavimento: Texturómetro láser
- Evaluación de la capacidad portante: Deflectómetro de impacto
- Inspección visual para la evaluación de la fisuración
- Evaluación de la estabilidad del producto a través del análisis de imágenes



Medida del coeficiente e resistencia al deslizamiento con el Péndulo del TRRL, ensayo del círculo de arena para la medida de la profundidad media de textura y ensayo para evaluar la regularidad transversal de las secciones

Ensayos de hormigones realizados en el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX



Algunos productos prefabricados de hormigón ensayados en el proyecto

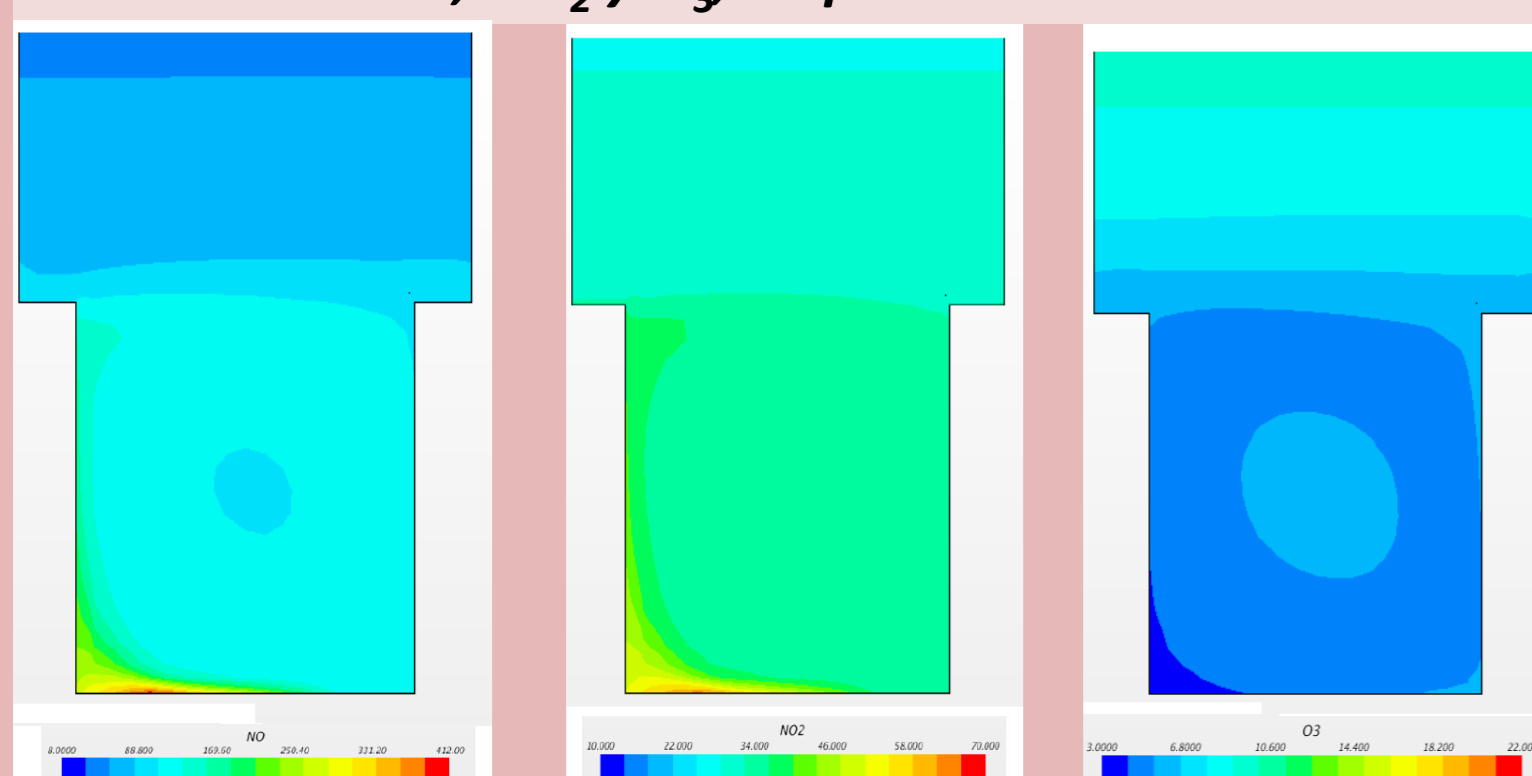
Ensayo de resistencia al desgaste

Ensayos de deslizamiento y resistencia climática (resistencia al hielo-deshielo con sales fundentes)

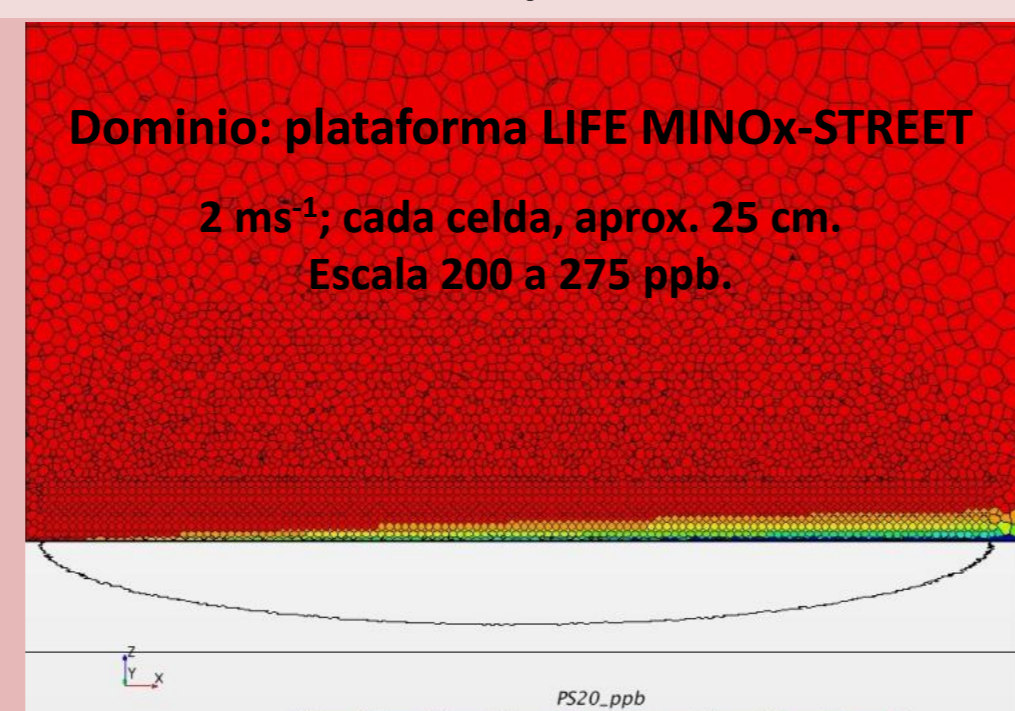
Ensayo de resistencia a flexión en baldosas y carga de rotura en adoquines

El Departamento de Medio Ambiente del CIEMAT pone a punto un prototipo numérico para simular la dispersión de contaminantes gaseosos a escala urbana y evaluar el efecto de la implementación de los materiales fotocatalíticos.

Distribución espacial a $t=30$ min. en perfil de calle de NO , NO_2 y O_3 , respectivamente



Simulación de concentración de NO_x correspondiente a corte vertical de plataforma experimental: ejemplo con velocidad de depósito de 0.01 m s^{-1}



Dominio: plataforma LIFE MINOX-STREET
2 m²; cada celda, aprox. 25 cm.
Escala 200 a 275 ppb.

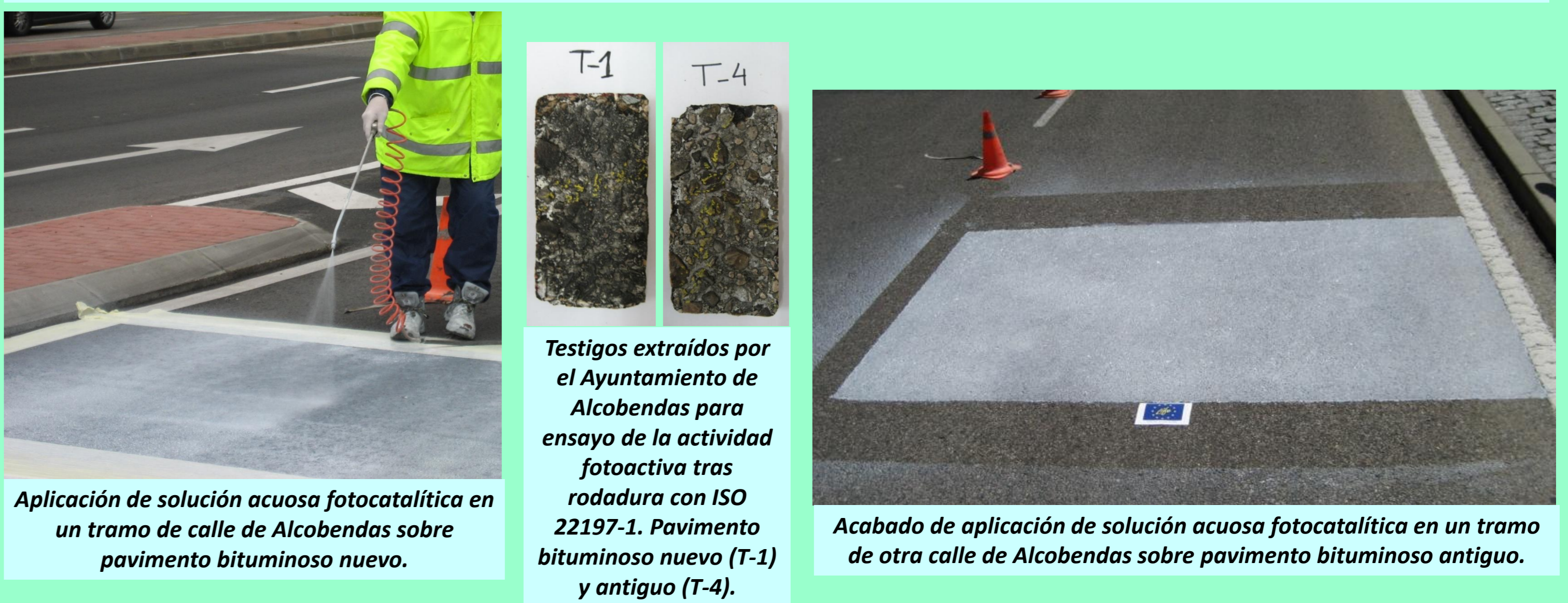
Selección de materiales fotocatalíticos (Parte II): El Departamento de la Energía del CIEMAT ensaya la actividad fotocatalítica de mezclas bituminosas, hormigones y pinturas.

- CALZADA (mezcla bituminosa):** 5 productos (sobre mezclas abierta y cerrada).
 - FACHADA (pinturas):** 6 productos (sobre hormigón y ladrillo cara vista).
 - ACERA (hormigón):** 6 productos aditivados (en losetas y adoquines), 1 solución acuosa.
- ENSAYOS bajo norma ISO 22197-1:** muestras originales, desgaste tras rodadura (mezclas bituminosas), resistencia al desgaste (hormigones), cámara de envejecimiento acelerado, exposición en intemperie.



Muestras de productos prefabricados de hormigón, mezclas bituminosas y pinturas ensayados bajo ISO 22197-1 por "FOTOAIR-Tratamiento Fotocatalítico de Contaminantes en Aire" del CIEMAT

El Ayuntamiento de Alcobendas y el CIEMAT coordinan la aplicación de una solución acuosa fotocatalítica sobre dos tramos distintos de calzada de Alcobendas para el ensayo de su actividad fotocatalítica tras rodadura.



Aplicación de solución acuosa fotocatalítica en un tramo de calle de Alcobendas sobre pavimento bituminoso nuevo.

Testigos extraídos por el Ayuntamiento de Alcobendas para ensayo de la actividad fotocatalítica tras rodadura con ISO 22197-1. Pavimento bituminoso nuevo (T-1) y antiguo (T-4).

Acabado de aplicación de solución acuosa fotocatalítica en un tramo de otra calle de Alcobendas sobre pavimento bituminoso antiguo.

El Departamento de Medio Ambiente del CIEMAT desarrolla un sistema experimental para la medida de la velocidad de depósito de NO_x sobre superficies fotocatalíticas en ambiente exterior y caracteriza el efecto descontaminante de los materiales fotocatalíticos en escenarios urbanos.



Aplicación de solución acuosa fotocatalítica sobre cubierta mineral para su uso en plataforma experimental del CIEMAT.

Mástil con sensores para la estimación de velocidad de depósito en CIEMAT.

Medida de gases contaminantes con DOAS en camino abierto en calle. Puesta a punto para implementación en Alcobendas.

Plataforma experimental para caracterización del efecto descontaminante de los materiales fotocatalíticos en CIEMAT

Detalle del sistema de control, adquisición y tratamiento de datos del mástil en CIEMAT

Medida de gases contaminantes con DOAS en camino abierto en CIEMAT

Seguimiento, difusión y gestión del proyecto



Acciones de seguimiento:

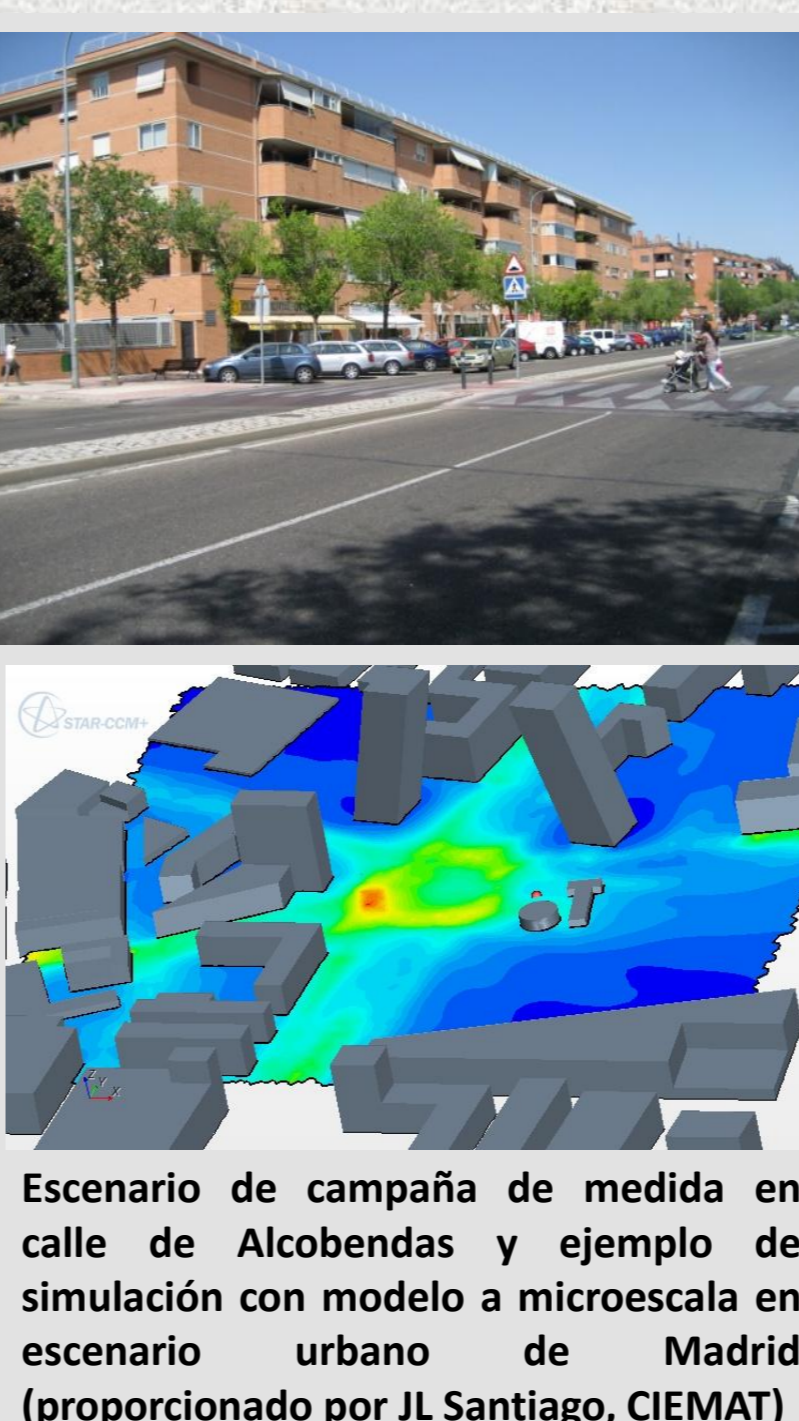
- Impacto del proyecto sobre el problema ambiental abordado
- Impacto socioeconómico del proyecto
- Impacto del proyecto sobre los materiales ensayados

Acciones de difusión:

- "Plan de Comunicación y Difusión del proyecto"
- Página Web del proyecto.
- Paneles informativos (Alcobendas)
- Informes oficiales ("Inception Report" se ha aprobado)
- Otras tareas de comunicación: reportes físico y electrónico, congresos y conferencias, cursos y sesiones informativas

Gestión del proyecto

Creación de redes con otros proyectos



Escenario de campaña de medida en calle de Alcobendas y ejemplo de simulación con modelo a microescala en escenario urbano de Madrid (proporcionado por J.L. Santiago, CIEMAT)

Acciones futuras

Las futuras acciones comprometidas se refieren a dos pilares de actuación fundamentales interconectados:

- La caracterización del efecto descontaminante de los materiales fotocatalíticos seleccionados en ambiente real con los sistemas de medida y procedimientos desarrollados y optimizados en las fases anteriores del proyecto. Las campañas de medida se desarrollarán en Alcobendas.
- La modelización de los contaminantes atmosféricos a escala urbana teniendo en cuenta la presencia de estos materiales con el prototipo numérico desarrollado y validado en las fases anteriores del proyecto. Como producto final del proyecto se elaborará y distribuirá una "Guía para el uso de materiales fotocatalíticos". Asimismo, se continuará la labor de seguimiento, difusión y gestión del proyecto.

Agradecimientos: Con la contribución del instrumento financiero LIFE de la UE.