

## ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE REDUCIR EL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LAS OBRAS DE EDIFICACIÓN MEDIANTE PINTURAS FOTOCATALÍTICAS

*M. Del Río Merino<sup>1</sup>, E. Ramos Fernández<sup>2</sup>, C. Calderón Gallo<sup>2</sup>, J. Sagüés González Estrada<sup>2</sup>, C. Esteban Herranz<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Escuela T. S. Edificación UPM, Madrid, España

<sup>2</sup> Arpada S.A., Alcorcón, España

### RESUMEN

En marzo del 2024, la United Nations Environment Programme, en su informe: “Not yet built for purpose: Global building sector emissions still high and rising” informaba de que en 2022 el sector de edificación y construcción representó aproximadamente el 37 % de las emisiones de dióxido de carbono por energía y procesos a nivel mundial.

Un año después, el Green Building Council señala que el sector de la edificación en España provoca el 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Por ello, en los últimos años, la búsqueda de soluciones sostenibles dentro del sector ha impulsado el desarrollo de materiales capaces de reducir el impacto ambiental de los edificios. Entre estas innovaciones destacan las pinturas fotocatalíticas, recubrimientos avanzados que incorporan principalmente dióxido de titanio capaces de desencadenar reacciones bajo la exposición a la luz solar que originan radicales libres altamente oxidantes capaces de descomponer contaminantes atmosféricos como óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles e incluso partículas de dióxido de carbono, transformándolos en compuestos más estables y menos dañinos, como carbonatos o agua y contribuyendo a mitigar la concentración de gases y contaminantes en entornos urbanos.

En este contexto, se plantea un proyecto de investigación con el objetivo de analizar la viabilidad de aplicar pinturas fotocatalíticas en las mallas corporativas colocadas en los vallados de obra y contribuir a la reducción de contaminantes, mejorar las condiciones de salubridad del entorno y disminuir el mantenimiento derivado de la suciedad o acumulación de polvo.

Para ello, se diseñó un plan experimental en dos fases:

- En una primera fase, se realizan en el laboratorio de la Escuela de Edificación ensayos comparativos de la capacidad adherente de dos pinturas fotocatalíticas, seleccionadas previamente por su disponibilidad en el mercado, en el tejido a prueba (malla ocultación tipo de obras), así como la capacidad de limpieza, la durabilidad al someter el tejido a ciclos de hielo y deshielo y la absorción por capilaridad.

Los resultados de los ensayos evidencian que el tratamiento superficial con ambas pinturas, mejora notablemente la resistencia a la suciedad, sin embargo, se selecciona para la segunda fase la pintura que obtiene mejores resultados.

- En la segunda fase, se aplica la pintura seleccionada sobre una muestra de gran tamaño de malla, en una obra de Arpada y se van tomando fotografías, cada 15 días.

A lo largo de seis meses se van comparando las muestras, pintadas con una y dos capas de pintura, con la de referencia, observando cómo a lo largo de los meses el tejido tratado con dos manos de pintura ha ido manteniendo su estructura y limpieza, frente a las zonas no tratadas o tratadas con una sola mano de pintura.

Estos resultados preliminares sugieren que la aplicación de pinturas fotocatalíticas en las mallas de vallado de obra no solo contribuye a la reducción de contaminantes, sino que también ofrecen ventajas significativas en términos de durabilidad y reducción de costos de mantenimiento a largo plazo.

**PALABRAS CLAVE:** gases de efecto invernadero, descarbonización, pintura fotocatalítica, luz solar, malla de vallado de obra.

## 1. INTRODUCCIÓN

En marzo del 2024, la United Nations Environment Programme, en su informe: “Not yet built for purpose: Global building sector emissions still high and rising” informaba de que en 2022 el sector de edificación y construcción representó aproximadamente el 37 % de las emisiones de dióxido de carbono por energía y procesos a nivel mundial [1].

Un año después, el Green Building Council señala que el sector de la edificación en España provoca el 40 % de las emisiones de gases de efecto invernadero [2].

Por ello, en los últimos años, la búsqueda de soluciones sostenibles dentro del sector como la búsqueda de materiales de construcción que no solo reduzcan su impacto pasivo (por ejemplo, mediante aislamiento o eficiencia energética), sino que interactúen activamente con el entorno para mitigar la contaminación y las emisiones de gases de efecto invernadero, es una realidad. Dentro de estas tecnologías emergentes se encuentran las pinturas fotocatalíticas. [3-6].

Las pinturas fotocatalíticas son recubrimientos funcionales avanzados diseñados para mejorar la durabilidad de las superficies y contribuir a la reducción de la contaminación ambiental. Estos sistemas incorporan materiales fotocatalizadores, principalmente dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), capaces de activar reacciones químicas al ser expuestos a la radiación ultravioleta presente en la luz solar. Su eficacia y limitaciones vienen determinados por la fotocatálisis heterogénea. Los radicales que generan cuando el dióxido de Titanio reacciona con la radiación UV son:  $\text{OH}$  y  $\text{O}_2^-$ . Estos radicales reaccionan con el agua y el oxígeno del aire formando: Radical hidroxilo ( $\cdot\text{OH}$ ); Radical superóxido ( $\text{O}_2^-$ ) y otros radicales secundarios que no representan riesgo por inhalación. Además, estos radicales son oxidantes muy potentes que atacan contaminantes atmosféricos inorgánicos, como el  $\text{NO}_x$  ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ) que se oxidan a nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ),  $\text{SO}_x$  y  $\text{CO}$  (parcialmente) y también atacan: compuestos orgánicos volátiles (COV); BTEX (benceno, tolueno, etc.); Formaldehído; Hidrocarburos y, por último, materia orgánica en general, confiriendo a estas pinturas una gran capacidad biocida.

La eficacia de las pinturas es menor en espacios abiertos que en el laboratorio, pero siempre será mejor en superficies cercanas a zonas de grandes emisiones y aunque la actividad disminuye por suciedad o envejecimiento del recubrimiento, el dióxido de Titanio no se consume, es un catalizador que puede funcionar indefinidamente, si el recubrimiento se mantiene limpio. [7].

Adicionalmente, estas pinturas confieren a los sustratos un carácter hidrofílico, favoreciendo un efecto autolimpiante en presencia de agua de lluvia, lo que reduce la acumulación de suciedad y la necesidad de mantenimiento.

Gracias a su funcionamiento pasivo y continuo, las pinturas fotocatalíticas representan una solución innovadora, con un impacto positivo en la calidad del aire urbano y en la conservación estética de los materiales de construcción, presentando un amplio potencial de aplicación en espacios exteriores, destacando:

- Fachadas y cerramientos de edificios, donde contribuyen a la reducción de contaminantes atmosféricos y al mantenimiento de la apariencia estética a largo plazo.
- Aceras y pavimentos urbanos, ayudando a disminuir la concentración de óxidos de nitrógeno (NOx) generados por el tráfico rodado y mejorando la higiene superficial.
- Sombrillas y elementos de mobiliario urbano, como bancos o pérgolas, donde facilitan la autolimpieza y reducen la proliferación de microorganismos.
- Muros, túneles y pasos subterráneos, zonas especialmente expuestas a la acumulación de suciedad y gases contaminantes.
- Cubiertas, tejas y elementos arquitectónicos exteriores, prolongando la vida útil de los materiales y reduciendo los costes de mantenimiento.
- Infraestructuras viales, como barreras acústicas y medianas, donde su acción pasiva contribuye a la mejora de la calidad del aire en áreas de tráfico intenso.

Estas aplicaciones evidencian el papel de las pinturas fotocatalíticas como una solución versátil y sostenible para el diseño y la rehabilitación de espacios exteriores, integrando funcionalidad ambiental y eficiencia en el mantenimiento [8].

En este contexto, la Cátedra Arpada decidió diseñar un proyecto de investigación para evaluar la viabilidad de aplicar pinturas fotocatalíticas en vallas de obra fabricadas con malla tipo Raschel de polietileno (PE), un elemento ampliamente utilizado en entornos de construcción y especialmente expuesto a la suciedad y al deterioro ambiental, con el objetivo de contribuir a la reducción de contaminantes, mejorar las condiciones de salubridad del entorno y sobre todo, disminuir el mantenimiento derivado de la suciedad o acumulación de polvo, dada su capacidad autolimpiante.

## 2. DESARROLLO / METODOLOGÍA

Para la consecución del objetivo, se diseñó un plan experimental en dos fases:

En una primera fase, se realizan en el laboratorio de la Escuela T.S. de Edificación ensayos comparativos en el tejido a prueba (malla ocultación tipo de obras) de la capacidad adherente de dos pinturas

fotocatalíticas, seleccionadas previamente, así como de la capacidad de limpieza, la durabilidad al someter el tejido a ciclos de hielo y deshielo y la absorción por capilaridad.

Tras la fase de ensayos, se seleccionó la pintura que presentó mejores resultados globales (Photo Activa S), procediéndose a su aplicación in situ sobre la malla de obra, tanto en una como en dos capas.

La malla, utilizada es una malla tipo Raschel (PE), fabricada comúnmente a partir de polietileno de alta densidad. Este textil técnico es ampliamente utilizado en el sector de la construcción como elemento de cerramiento y protección, lo cual lo expone de forma constante a condiciones climáticas adversas.

Las pinturas que se aplicaron a la malla se seleccionaron, considerando la información técnica y los resultados de ensayos proporcionados por el fabricante, en colaboración con la empresa especializada Myphor, quien facilitó los datos correspondientes a la eficacia antimicrobiana de los productos seleccionados: PhotoActiva TB y PhotoActiva S. Ambos recubrimientos están basados en tecnología de semiconductores activos capaces de generar especies reactivas de oxígeno bajo la acción de la luz, lo que les confiere propiedades descontaminantes y biocidas.

- PhotoActiva TB, es un recubrimiento transparente diseñado para superficies exteriores minerales, como piedra natural u hormigón. El comportamiento antimicrobiano del producto fue evaluado mediante el ensayo de cobertura con lámina, conforme a los criterios definidos por la norma ISO 27447:2019. Además, tiene una alta eficacia antimicrobiana bajo radiación UV, logrando una reducción significativa de microorganismos en las superficies tratadas, lo que representa una disminución de aproximadamente el 99,2% [9].
- PhotoActiva S, es una pintura de gran capacidad fotocatalítica que se emplea en superficies claras de piedra, hormigón, etc., apropiada para aplicaciones exteriores e interiores, según el método de cobertura con lámina. (Norma ISO 27447: 2019), aunque su actividad antimicrobiana solo se activa bajo exposición a radiación UV (reducción del 99,3% de microorganismos) [9].

El rendimiento de la pintura es de 5 a 10 m<sup>2</sup>/litro, dependiendo de la porosidad de la superficie.

Respecto a ensayos de laboratorio sobre la capacidad de descontaminación, dichas pinturas han obtenido un resultado del 38% de degradación de NO<sub>x</sub> (una eliminación de al menos el 8% de NO<sub>x</sub> se considera producto de Clase 3), según el fabricante.

En la segunda fase, se aplica la pintura que obtiene los mejores resultados en la fase 1 sobre una muestra de gran tamaño de malla, en una obra de la constructora Arpada y se van tomando fotografías, cada mes. Se decide, además, aplicar la pintura en dos zonas diferenciadas para determinar si la orientación afecta a los resultados.

Zona 1:

- Orientación Este; Superficie aplicada: 8 m<sup>2</sup>; Cantidad aplicada: 2 capas pulverizadas sin imprimación previa.
- Preparación de la superficie: se elige una superficie limpia, eliminando previamente las partículas de polvo que pudiera haber.

Zona 2:

- Orientación Sur y vientos dominantes, por lo que se prepara la malla con aberturas para evitar el efecto vela; Superficie aplicada: 6 m<sup>2</sup>; Cantidad aplicada: 1 capa pulverizada; sin imprimación previa.
- Preparación de la superficie: se elige una superficie limpia, eliminando previamente las partículas de polvo que pudiera haber.
















A lo largo de seis meses se realizan fotografías de las dos zonas pintadas, analizando la adherencia de la pintura, así como la suciedad, para poder comparar los resultados con los obtenidos en la parte del tejido adyacente que no se ha pintado.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Resultados fase 1:

La Figura 1, muestra el comportamiento de la Malla Raschel frente a cinco tipos de ensayos: intemperie, moho, congelamiento, absorción y fuego.

Se comparan tres condiciones del material: sin tratamiento, con tratamiento de pintura PhotoActiva (TB) y con pintura PhotoActiva (S). Las imágenes evidencian que el tratamiento superficial TB y S, mejora notablemente la resistencia a la suciedad, moho y absorción, destacando su potencial como superficie activa en entornos constructivos.

		ENSAYO 1		ENSAYO 2		ENSAYO 3	ENSAYO 4	ENSAYO 5
		S5	S6	S-10	S-11	S-11	S-11	
		Intemperie y suciedad		Intemperie + suciedad inducida (Moho)		Congelamiento controlado	Absorción y capilaridad	Comportamiento frente al fuego
MUESTRA 7	MALLA RASHEL	Sin						
		TB						
		S						

**Figura 1.** Resultados obtenidos en los ensayos tras la aplicación de las pinturas seleccionadas en la malla

1. Suciedad por intemperie: Tras 10 semanas de exposición ambiental directa, las muestras tratadas con pintura fotocatalítica especialmente PhotoActiva TB presentaron una notable reducción en la acumulación de partículas y suciedad superficial respecto a las muestras sin tratamiento. Se observó una mayor uniformidad superficial y mejor estética en las muestras con recubrimiento, lo cual evidencia la eficacia auto limpiante del sistema aplicado.

2. Suciedad inducida (moho): La malla Raschel mostró una escasa adhesión de moho incluso sin pintura, lo que sugiere un comportamiento intrínsecamente favorable frente a la colonización

biológica. No obstante, ambas pinturas (TB y S) mejoraron aún más este desempeño, siendo PhotoActiva TB la más eficaz al limitar prácticamente toda la adhesión del hongo.

3. Ensayo de congelamiento controlado: Después de 48 horas a  $-1.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , la malla Raschel mantuvo una estructura estable, sin degradación morfológica apreciable ni pérdida de cohesión en las fibras. Tanto con, como sin recubrimiento, evidenció buena resistencia térmica. Las muestras con PhotoActiva S conservaron una superficie más limpia y homogénea en la semana 11.

4. Absorción y capilaridad: La malla Raschel mostró un comportamiento poco absorbente, sin ascenso capilar significativo ni rápida retención de agua. El recubrimiento fotocatalítico no alteró negativamente estas propiedades, manteniendo su resistencia al paso de líquidos y por tanto su idoneidad para entornos exteriores húmedos.

5. Comportamiento frente al fuego: Todas las muestras de la malla Raschel, incluidas las tratadas, presentaron fusión del material bajo exposición directa a llama. Sin embargo, los recubrimientos redujeron la carbonización superficial y generaron menor residuo de combustión que la muestra sin pintura, aunque no modificaron su resistencia estructural.

Los resultados obtenidos confirman que, al incorporar recubrimientos fotocatalíticos (especialmente PhotoActiva S), la malla Raschel mejora notablemente su respuesta frente a factores ambientales, microbiológicos y térmicos, además de adquirir cualidades auto limpiantes sin comprometer su estética.

### Resultados fase 2:

A continuación, se muestran las fotografías obtenidas a lo largo del ensayo.



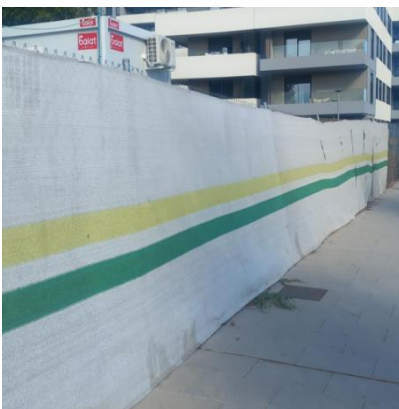
(a)



(b)



(c)



(d)

(e)

(f)

**Figura 2** Fotografías tomadas de la rafia colocada en la zona 1, en julio (a), agosto (b), septiembre (c), octubre (d), noviembre (e) y diciembre (f), del 2025. Fuente: propia.

#### Características de la zona 1

- Orientación: este
- Exposición directa al sol: menor (sol solo por la mañana, menos intensidad total)
- Exposición frontal al viento: menor
- Nº de capas de pintura: 2 capas



(a)



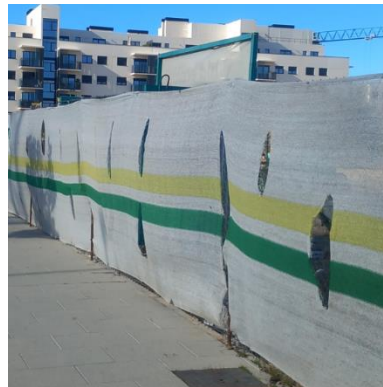
(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

**Figura 3** Fotografías tomadas en la rafia de la zona 2, en julio (a), agosto (b), septiembre (c), octubre (d), noviembre (e) y diciembre (f), del 2025. Fuente: propia.

#### Características de la zona 2

- Orientación: sur
- Exposición directa al sol: mayor (más horas de sol y sol más directo)
- Exposición frontal al viento: mayor
- Nº de capas de pintura: 1 capa

Por lo que se puede ver en la Figura 2, la rafia de la zona 1 se mantiene en mejores condiciones que la rafia de la zona 2 (Figura 3), de lo cual se puede deducir que:

1. La orientación, a priori no afecta, siempre y cuando haya la cantidad de luz suficiente, la pintura fotocatalítica actúa correctamente.
2. La mayor exposición al viento podría afectar, puesto que la zona 2, más expuesta, se mantiene en peor estado, menos limpia.
3. El nº de capas de pintura, podría afectar. En la zona 1 que se mantiene en mejor estado (más limpia), se aplicaron 2 capas (aunque el manual recomienda una única aplicación en una única mano de 100-200 gr/m<sup>2</sup>).
4. Durante el tiempo que ha estado aplicada la pintura, no se observa una reducción de la capacidad autolimpiante. Por tanto, en el tiempo que se prevé estará la pintura en la malla, 18 meses, que es la duración de las obras, en general, no habrá problemas de durabilidad

Los resultados obtenidos confirman que la aplicación de pinturas fotocatalíticas permite mantener la malla más limpia a lo largo del tiempo, siendo especialmente eficaz la aplicación en dos capas, y que contribuye de forma significativa a mejorar la durabilidad del material.

#### 4. CONCLUSIONES

Las pruebas realizadas confirman que, al incorporar recubrimientos fotocatalíticos (especialmente pinturas como PhotoActiva S), la Malla Raschel mejora notablemente su respuesta frente a factores ambientales y microbiológicos, gracias a sus cualidades autolimpiantes, sin comprometer su estética.

Por tanto, la aplicación de la pintura mejora la durabilidad y el mantenimiento de las mallas y de esta manera, colabora en la sostenibilidad de la obra, dado que no se tendrá que cambiar a lo largo de la duración de la obra (generalmente se cambian dos veces como mínimo), y, por tanto, se reducirá el gasto de materiales para fabricar la malla, la mano de obra para colocarla y cambiarla y obviamente se generaran menos residuos.

También, se aprovecha la capacidad de las pinturas para absorber contaminantes, demostrada en la literatura y por los fabricantes, como otra estrategia de mejora de la sostenibilidad de la obra.

Por último, se pone de manifiesto el potencial de las pinturas fotocatalíticas como una solución innovadora, sostenible y funcional para su integración en elementos temporales y permanentes del entorno urbano, capaces de contribuir a la mejora del entorno mediante propiedades descontaminantes.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

[1]. United Nations Environment Programme (7, marzo, 2024). Not yet built for purpose: Global building sector emissions still high and rising. [Online] Available: <https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/not-yet-built-purpose-global-building-sector-emissions-still-high>

[2] Green Building Council (marzo, 2025). El sector de la edificación debe acelerar la eficiencia energética para cumplir con los objetivos climáticos de 2050 [Online] Available: <https://gbce.es/el-sector-de-la-edificacion-debe-acelerar-la-eficiencia-energetica-para-cumplir-con-los-objetivos-climaticos-de-2050/>

- [3] P. Ganguli y S. Chaudhuri. "Nanomaterials in antimicrobial paints and coatings to prevent biodegradation of man-made surfaces: A review". *Materials Today: Proceedings*, vol 45, no. 3. pp. 3769–3777. 2020.
- [4] T. Maggos.et al. "Improvement of Buildings' Air Quality and Energy Consumption Using Air Purifying Paints". *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 14. 2024.
- [5]. S. Sreenath, y A.A. Sam. "Hybrid membrane-cryogenic CO2 capture technologies: A mini-review". In *Frontiers in Energy Research*. vol. 11.2023.
- [6]. M. Baudys et al. "Weathering tests of photocatalytic facade paints containing ZnO and TiO2". *Chemical Engineering Journal*, 261, pp. 83–87. 2015
- [7]. M.A. Oliva et al. "2D/2D NiTi-LDH/BiOBr photocatalyst with extraordinary NOx removal under visible light". *Chemical Engineering Journal*. Vol. 470 pp:144088. 2023
- [8]. Y. Franco, G. Centeno–Bordones y J. Pereira "Estado del arte. Pinturas fotocatalíticas para la descontaminación del aire" *Revista Ingeniería UC*, vol 29, nº3. 233-253. Marzo 2023.
- [9]. Myphor (enero 2026) [Online] Available: <https://www.myphor.com/pinturasfotocataliticas/>