

PINTURAS FOTOCATALÍTICAS. DESCONTAMINACIÓN Y LIMPIEZA DE TÚNELES.

Pablo Caballero Peláez - Arquitecto.
Responsable de productos fotocatalíticos en MyPHor

Enrique Pina Mateo - Ingeniero de Minas
Director técnico en MyPHor

*Las pinturas y productos **fotocatalíticos** constituyen un sistema ecológico, pasivo y económico para eliminar contaminación, suciedad y ahorrar costes de mantenimiento y limpieza.*

***MyPHor Materiales Especiales, S.L.** distribuye y comercializa PhotoTunnel, pintura **fotocatalítica** especialmente diseñada para túneles.*

1. INTRODUCCIÓN

1.1. EL PROCESO FOTOCATALITICO

En la naturaleza existe un proceso natural denominado **fotocatálisis** en el cual una sustancia denominada **fotocatalizadora** usa la energía de la luz para eliminar compuestos contaminantes y nocivos. Este proceso es en realidad una reacción química de oxidación derivada de la acción conjunta del fotocatalizador, oxígeno y luz.

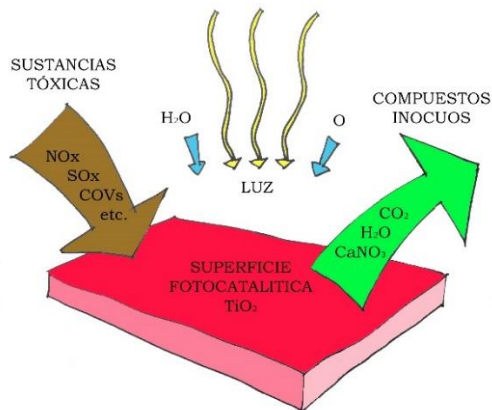
Los productos **fotocatalíticos** incorporan determinados compuestos catalizadores para aprovecharse de estas características. Por medio de esta reacción, estos productos, al activarse en presencia de la luz y entrar en contacto con el ambiente, descomponen las sustancias orgánicas e inorgánicas contaminantes.

Los compuestos inorgánicos incorporados a los productos **fotocatalíticos** son principalmente óxidos metálicos, generalmente dióxido de titanio (TiO₂), que son usados ampliamente en productos de aseo y limpieza de uso común.

La **fotocatálisis** es muy eficaz, entre otras, contra las siguientes sustancias tóxicas o perjudiciales:

- **Gases contaminantes**, como los Óxidos de Nitrógeno (NOx), Óxidos de Azufre (SOx), Monóxido de Carbono.
- **Sustancias tóxicas**, como Formaldehído, Metanol, Etanol, Benceno, Tolueno, etc.
- Sustancias orgánicas, como **microbios** y **bacterias**.
- **Partículas finas** PM2.5, PM5 y PM10.

Su uso en infraestructuras urbanas y túneles está especialmente indicado para la eliminación de contaminantes: los procesos químicos **fotocatalítico** de reacción y degradación de los óxidos de nitrógeno (NOx) convierten a estos en agua (en forma de vapor) y CO₂.



Esquema del proceso **fotocatalítico**



Diferencia entre superficie no tratada y tratada con productos **fotocatalíticos**.

El efecto **fotocatalítico** se activa con una luz casi ultravioleta al límite de lo visible, con una longitud de onda entre 385 y 390 nm.

1.2. NORMATIVA IMPLICADA

Al ser una tecnología esencialmente nueva no existe una normativa específica de este tipo de productos, aunque si se han establecido ensayos de laboratorio que pueden determinar la actividad **fotocatalítica** y si se puede considerar un producto **fotocatalítico** o no:

- **Ensayo ISO 22197-1**, que define el método para evaluar la eliminación de los óxidos de nitrógeno (NOx) en materiales **fotocatalíticos**. Este es el ensayo que comúnmente se usa como referencia en España, aunque no determina valores mínimos.

El valor mínimo para considerar a un producto como **fotocatalítico** no está normalizado, pero se utiliza el de Japón, donde se descubrió este proceso. El valor mínimo de eliminación de NOx que se establece para la prueba ISO es de 0.5 µmoles. Los productos distribuidos por **MyPHor Materiales Especiales, S.L.** oscilan entre 2,39 y 8,02 µmoles.

- **Ensayo UNI 11259**, de la Unificación Italiana Nacional, que determina la actividad **fotocatalítica** mediante el método colorimétrico de la Rodamina.

Como en el ensayo ISO, éste tampoco establece un valor normativo mínimo de efectividad para considerarse **fotocatalítico**. Según la

experiencia de los fabricantes de estos productos se suele establecer un valor mínimo del 15% de reducción de NOx.

2. PINTURAS FOTOCATALÍTICAS

2.1. COMPOSICIÓN

Los productos **fotocatalíticos** se presentan en varias formas dependiendo de cómo vaya a ser su aplicación:

- **Pinturas**, ya sea para interiores, exteriores, infraestructuras, etc...
- **Dispersiones** transparentes o translúcidas, utilizadas para aplicar en todo tipo de superficies.
- **Materiales fotocatalíticos**, que incluyen catalizadores en su fabricación, como morteros, pavimentos prefabricados e incluso cerámicas.

La base de las pinturas **fotocatalíticas** de **MyPHor Materiales Especiales, S.L.** es una pintura plástica de base al agua de gran calidad, a la que se le añade un aditivo. El catalizador más habitual es en base a dióxido de titanio, y se utiliza en su forma anatasa (estructura cristalina octaédrica).

Se aplican como cualquier otra pintura y admiten cualquier color. En ausencia de luz se comportan como pinturas de gran calidad, y en presencia de ésta se activan y proporcionan las prestaciones adicionales mencionadas anteriormente. Por lo tanto, estas pinturas **fotocatalíticas** son completamente estándares y no contienen ningún compuesto tóxico en su formulación.

En el caso de túneles, especialmente de tráfico rodado, se aplican pinturas plásticas y/o pinturas transpirables en toda su sección, excepto en la calzada, donde se aplican tratamientos **fotocatalíticos** para pavimento o asfalto.

Como el efecto **fotocatalítico** necesita de la luz para activarse es necesario, si no existe luz natural en el túnel, instalar luminarias en el espectro ultravioleta. Estas luminarias podrán ser tipo LED, fluorescentes, de bajo consumo, etcétera.

2.2. DATOS TÉCNICOS

MyPHor Materiales Especiales, S.L. distribuye y comercializa diversos productos **fotocatalíticos**, entre ellos, uno especialmente indicado para túneles: **PhotoTunnel**. Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, este producto se ha diseñado para mantener el efecto **fotocatalítico** en las condiciones agresivas de un túnel de carretera, con poca luz y con suciedad

y contaminación. Este producto en base a agua y composición de resinas acrílicas tiene las siguientes características técnicas:

- La densidad es de 1,57 Kg/l
- El rendimiento es de 7-8 m²/l, en función de la superficie.
- Es un material no inflamable.
- El contenido de sustancias tóxicas cumple con los requisitos del GBC Green.
- Mark Test (LEED), de acuerdo con los criterios 4.4.1. b, c, d y 4.4.2.
- El producto es permeable al vapor de agua según ISO 7783-2 V1 (>150 g/m². j) lo que evita condensaciones no deseadas.
- Impermeabilidad al agua líquida según ISO 1062-3 W2 (0,1<W< 0,5 Kg/m².h0.5).
- Secado al tacto a 25°C: 30-40 min.
- Al producto se le puede aplicar color solo con pigmentos inorgánicos, porque los compuestos orgánicos acaban desapareciendo por la acción **fotocatalítica**.
- La temperatura de aplicación se recomienda entre 5° C y 35° C.

Para el pavimento o calzada del túnel existen otras soluciones de tratamiento superficial **fotocatalítico**, dependiendo de la base, ya sea hormigón, asfalto, etcétera.

3. VENTAJAS

3.1. ELIMINACIÓN DE GASES CONTAMINANTES

Una de las grandes preocupaciones en las ciudades es la contaminación atmosférica. Los gases contaminantes producidos por el tráfico, industrias, calefacciones, productos industriales, etcétera, tienen un alto nivel de toxicidad.

La principal ventaja del uso de las pinturas **fotocatalíticas**, no solo en túneles sino en cualquier superficie exterior o interior, es la reducción de la contaminación (NOx), de las concentraciones de COVs (compuestos orgánicos volátiles), malos olores y la suciedad.

Las superficies **fotocatalíticas** muestran unos resultados espectaculares en la reducción de la carga contaminante causados por automóviles e industrias. Estas acciones anticontaminantes están validadas por ensayos de laboratorio realizados según la norma ISO 22197-1:07.

Se han realizado multitud de estudios que demuestran la capacidad del TiO₂ para la degradación de determinados elementos contaminantes, como herbicidas, nitrobenzeno, compuestos orgánicos volátiles (COVs) y bisfenol.

Existe un informe técnico emitido por el CNR (Consejo Nacional de Investigación Italiano) en el que se describe la degradación de contaminantes, como los óxidos de nitrógeno (NOx), al entrar en contacto con superficies que contienen TiO₂ (30 t/año por km² de revestimiento de paredes). Las estimaciones de CNR indican que este proceso podría reducir los óxidos de nitrógeno del escape del vehículo en un 10%.

Todos estos datos e informes están disponibles para las empresas interesadas mediante petición a **MyPHor Materiales Especiales**.

Los experimentos de laboratorio y las estimaciones teóricas han demostrado, por lo tanto, los posibles usos prácticos de las propiedades del dióxido de titanio para reducir las concentraciones ambientales de muchos contaminantes. Asimismo, conviene extender estos resultados no solo a los contaminantes, especialmente NOx, sino también a los COVs, ya que ciertos estudios experimentales han indicado la posibilidad de una reducción eficiente de los mismos.

Al utilizar productos **fotocatalíticos**, es muy importante tomar en cuenta que hay variables que dependen de la zona de la ubicación de la infraestructura. Estas variables son los niveles y características de la radiación solar, temperatura y otros factores climáticos, así como la calidad del aire local y los niveles de concentración de las sustancias encontradas.

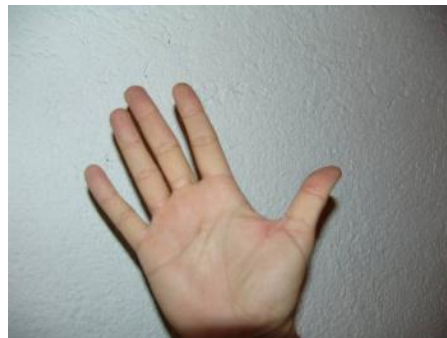
Es conveniente recalcar que el uso de este tipo de productos requiere de la utilización de los revestimientos y la iluminación adecuadas, ya que es de particular interés tanto por su naturaleza pasiva como por su simplicidad.

3.2. AUTOLIMPIEZA Y MANTENIMIENTO

Al eliminar por medio del proceso **fotocatalítico** las micropartículas, estos productos reducen la capacidad de adherencia de partículas extrañas, polvo o impurezas sobre las superficies donde se aplican. De esta manera, permanecen limpias por más tiempo que si utilizáramos un producto estándar, sin necesidad de lavarlas ni repintarlas.



Pared de túnel después de un mes pintada con pintura estándar.



Pared de túnel después de un mes pintada con **PhotoTunnel**

Por lo expuesto con anterioridad, al aplicar cualquier producto con efecto **fotocatalítico** se reducen gastos, tanto de limpieza de superficies, repintado de paramentos o eliminación de suciedad. **Su coste, similar al de una pintura de calidad media-alta, al aplicarla en este tipo de infraestructuras, no supone ningún esfuerzo económico adicional.**

3.3. OTRAS VENTAJAS

Otras ventajas no menos importantes del uso de productos **fotocatalíticos** serían las siguientes:

- Se reduce la presencia de **microorganismos** (bacterias, hongos, etc.) al destruir las sustancias de las que se nutren: las superficies **fotocatalíticas** impiden el crecimiento de microorganismos y no permiten que se acumulen las sustancias de las que se alimentan. Estos resultados vienen avalados por las numerosas mediciones realizadas en construcciones e infraestructuras y por los resultados obtenidos en laboratorios especializados. Por ello, son muy eficaces frente a las agresiones de bacterias, hongos y microorganismos en general.



Pared sin tratamiento afectada por suciedad y moho.



Pared después de solo 10 días aplicado el producto **fotocatalítico**

- Al aplicar el producto fotocatalítico sobre pavimento, especialmente el asfáltico, la tonalidad de esta superficie se vuelve más clara. Por lo tanto, por medio del llamado **efecto albedo**, disminuye la temperatura del pavimento, no se sobrecalienta la zona y produce así mismo una mayor claridad.
- Capacidad de **reducción de olores**, precisamente debido a la resistencia a la adherencia de partículas o sustancias orgánicas sobre las superficies de aplicación de estos productos.

4. EJEMPLOS PRÁCTICOS

4.1. PLAN FEDER EN VILLAVERDE, MADRID

A finales de 2014 el Ayuntamiento de Madrid realizó en el barrio madrileño de Villaverde el proyecto denominado “Proyecto de innovación y desarrollo tecnológico en materia de **fotocatálisis** para la descontaminación del aire ambiente en Villaverde”

Este proyecto consistió en la aplicación de pavimentos y revestimientos sostenibles para la descontaminación del aire mediante la eliminación de óxidos de nitrógeno, y fue cofinanciado en un 50% por el FEDER.

El objetivo general fue verificar la idoneidad de la utilización de materiales **fotocatalíticos** en espacios públicos, aplicándolos en las siguientes formas:

- Emulsión acuosa sobre pavimento existente
- En prefabricados de hormigón renovando el pavimento de una calle
- En forma de pintura en los paramentos de un túnel, en este caso el túnel del Espinillo.

El ámbito de actuación fue el barrio de Villaverde y la pintura utilizada para los paramentos del túnel fueron los productos **PhotoDeco** y **PhotoActiva S** comercializados por **MyPHor Materiales Especiales, S.L.** El requerimiento del Ayuntamiento de Madrid era disponer de una emulsión en base acuosa con una cantidad neta de NOx eliminada por la probeta de al menos 2,5 micromoles, según ensayo ISO 22107-1, dato que cumplen de sobra estos productos.

Los objetivos que se buscaban eran evaluar la eficacia descontaminante y autolimpiante de los materiales implantados, así como la duración del efecto descontaminante y evaluar la incidencia real de la aplicación sobre la calidad del aire ambiente. Para llevar a cabo estos objetivos se establecieron varias líneas de actuación, entre ellas estas dos:

- Evaluación de la actividad descontaminante y autolimpiante de materiales **fotocatalíticos**.
- Evaluación de la incidencia en la calidad del aire ambiente midiendo y monitorizando NOx, O₃ y NO₂



Túnel del Espinillo



Luz UV instalada en túnel



Limpieza y aplicación de las pinturas

Una vez realizado el estudio se presentaron las siguientes conclusiones, tanto con respecto a la aplicación de productos **fotocatalíticos** en pavimentos, como en túneles:

- En aceras poco transitadas, transcurridos 10 meses desde la aplicación con emulsión acuosa, donde visiblemente se aprecia el recubrimiento con TiO₂, se puede llegar a mantener el rendimiento de la purificación del aire para NOx.
- En calzada con prefabricados la durabilidad de la actividad **fotocatalítica** de los adoquines de hormigón se mantiene más tiempo que con la emulsión.
- En el túnel la durabilidad de la actividad **fotocatalítica** de la pintura se mantiene constante transcurridos 3 meses desde la aplicación.
- Se encontraron reducciones significativas en la concentración de NOx durante los 3 meses posteriores a la aplicación del tratamiento **fotocatalítico**.

Por lo tanto, en un entorno real urbano se pudo comprobar que más allá de los estudios de laboratorio, existe realmente una reducción de los NOx contaminantes presentes en todas nuestras ciudades.

4.2. TÚNELES INTERNACIONALES

El efecto **fotocatalítico** se descubrió en Japón a principios de los años 70. En Europa, sin embargo, empezaron a emplearse de manera común desde hace poco tiempo con excepción de Italia. Allí son especialmente utilizados y tiene una tecnología e industria importante. De esta manera en la Región de Lombardía por medio de su Agencia Regional para la protección del Medio Ambiente empezó un análisis experimental del uso y consecuencias de los productos **fotocatalíticos** que es de particular importancia.

Por lo tanto, la mayor cantidad de infraestructuras de túneles en Europa donde se han utilizado este proceso son en Italia, y en gran cantidad de ellos se han utilizado los productos **fotocatalíticos** que distribuye **MyPHor Materiales Especiales, S.L.**

Se han utilizado pinturas en Trento en el túnel DOSS y en Taio, el túnel Val D'Ega en Bolzano, el de Citeria en la A1 FI-MI), en Mila en el túnel de Via Porpora y en Saronno, y en Parma los túneles Cremonesi 1 y 2.



Túnel Cremonesi en Parma



Túnel Via Porpora en Milan

5. CONCLUSIONES

Al aplicar pinturas y productos **fotocatalíticos** en túneles, se consiguen **visibles beneficios** frente a las soluciones convencionales:

- Purifican los ambientes contaminados, por lo tanto, favorecen el medio ambiente y mejoran la salud de las personas al ser también destructoras de bacterias, gérmenes, etc., minorando los malos olores.
- Su efecto anticontaminante es permanente.
- Ahorran costes de mantenimiento y limpieza al mantenerse limpias más tiempo y eliminar suciedad e impurezas.

Además, conviene indicar que las pinturas **fotocatalíticas** de **MyPHor** son pinturas estándar, por lo que su aplicación es idéntica al del resto de pinturas, y es en presencia de la luz (natural o artificial) cuando se activa el proceso **fotocatalítico**.

www.myphor.com

ANEXO I - BIBLIOGRAFÍA

- Allegrini, I. (2003). "Relazione Tecnica: Malte cementizie fotocatalizzate (ecorivestimento) per la riduzione dell'inquinamento atmosferico"; vol. no. 393/2003; Istituto Inquinamento Atmosferico, CNR, Rome.
- Bhatkhande D.S., Pangakar V.G., Beenackers A.A. (2003). "Photocatalytic degradation of nitrobenzene using titanium dioxide and concentrated solar radiation: chemical effects and scale-up"; *Water Res.*, 37(6): 1223-1230.
- Fukashori S., Ichiura H., Kitaoka T., Tanak H. (2003). "Photocatalytic decomposition of bisphenol A in water using composite TiO₂-zeolite sheets prepared by a paper technique"; *Env. Sci. Tech.*, 37(5): 1048-1051.
- Singh H.K., Muneer M., Bahnemann D. (2003). "Photocatalytic degradation of a herbicide derivative, bromacil, in aqueous suspensions of titanium dioxide"; *Photochem. Photobiol. Sci.*, 2(2): 15-16.
- Wu Y. and Chen L. (2002). "Photocatalytic oxidation of airborne VOCs on TiO₂"; *Wei Sheng Yon Jiu*, 31(5): 384-5
- Informe de la evaluación del Método ACTIVA en el departamento de infección de la clínica de emergencia del Hospital Universitario Karolinska en Solna ESTOCOLMO, mayo 2015.
- "A number of considerations regarding the photocatalytic properties of titanium dioxide (TiO₂) and its applications for the degradation of a variety of chemical substances", Giovanni Alfresco Zaponni, 2015
- Guía Práctica de la Fotocatálisis Aplicada a Infraestructuras Urbanas, CONAMA 2012
- Equipo multiensayo para la determinación del poder descontaminante de productos fotocatalíticos, CONAMA 2014
- PROYECTO FEDER EN VILLAVERDE para la descontaminación del aire ambiente a través de la fotocatálisis aplicada a pavimentos urbanos. Área de gobierno de desarrollo urbano sostenible del Ayuntamiento de Madrid, nov. 2015.