
PROYECTO

DE

PAVIMENTO FOTOCATALÍTICO
PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN
AMBIENTAL

Documento nº 1- **MEMORIA**

Autor	Aingeru Remiro Eguskiza
Fecha	<i>Junio, 2010</i>
Firma	

ÍNDICE

1. OBJETIVOS	1
2. INTRODUCCIÓN	3
2.1. Principios básicos de la fotocatalisis	3
2.2. Óxido de titanio como catalizador	6
3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	7
3.1. Método de eliminación de óxidos de nitrógeno (NO_x)	7
3.2. Preparación de las muestras	11
3.3. Diseño de experimentos	12
3.3.1. Discriminación de catalizadores	12
3.3.2. Optimación de la dosificación de fotocatalizador	13
3.3.3. Análisis exhaustivo del fotocatalizador elegido	13
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
4.1. Discriminación de fotocatalizadores	14
4.2. Optimación de la dosificación de fotocatalizador	16
4.3. Análisis exhaustivo del fotocatalizador elegido	17
4.3.1. Desactivación	17
4.3.2. Actividad fotocatalítica bajo concentraciones altas de contaminantes	20
5. RESUMEN Y CONCLUSIONES	21
6. BIBLIOGRAFÍA	23

1. OBJETIVOS

La eliminación de un gran número de contaminantes presentes en las atmósferas contaminadas de las áreas urbanas se ha convertido viable gracias al desarrollo en los últimos años de los procesos fotocatalíticos. La posibilidad de aplicar esta técnica sobre materiales de construcción, como es el caso de los pavimentos basados en cemento, abre una alternativa para reducir la contaminación ambiental contribuyendo a construir ciudades más respetuosas con el medio ambiente y con la salud de quienes viven en ellas.

La fotocatalisis es un proceso que consiste en acelerar la velocidad de descomposición de los compuestos contaminantes mediante la acción conjunta de la luz y un catalizador. Aplicando esta técnica podemos conseguir atmósferas más limpias con el consiguiente beneficio tanto para la salud humana como para el medio ambiente.

Los pavimentos hormigonados se han convertido en soportes idóneos para los fotocatalizadores por dos motivos principales. En primer lugar, es un material utilizado en grandes superficies de terreno para pavimentar las zonas urbanas. Esto permite un tratamiento extensivo de los contaminantes integrado en un material que ofrece una utilidad por sí solo. En segundo lugar, estos pavimentos se emplean en lugares donde las concentraciones de contaminantes son elevadas, permitiendo reducir notablemente la concentración de contaminantes que no son eliminados con ninguna otra tecnología.

Ante tal positivas expectativas Hermanos Eguskiza S.L. ha investigado la compatibilidad de sus pavimentos con las más modernas técnicas fotocatalíticas instauradas con el objetivo de ofertar un producto con el mismo uso y calidad que los actuales añadiéndole la capacidad de descontaminar el aire circundante del lugar donde sea colocado.

Los resultados obtenidos con Ecosit™ han sido muy satisfactorios al alcanzar rendimientos superiores al 65 % en eliminación de NO_x, contaminante habitual en las ciudades que procede de los gases de escape de los vehículos y es causante de la lluvia ácida así como de problemas respiratorios y cardiovasculares en las personas.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. Principios básicos de la fotocatalisis

En los últimos años la fotocatalisis aplicada hacia la descontaminación medioambiental se ha convertido en un área de creciente actividad tanto en investigación como a nivel industrial. Esto ha sido posible gracias a la potencialidad de la aplicación de catalizadores basados en óxido de titanio para la destrucción total de los compuestos orgánicos en aguas residuales y en aires contaminados (1).

En ausencia de fotocatalizador los procesos químicos de descomposición de los contaminantes se llevan a cabo de forma natural, aunque en periodos de tiempo muy largos. En cambio, el fotocatalizador al ser irradiado por la luz reduce la energía de activación de una reacción química provocando una aceleración en la velocidad de descomposición de un contaminante determinado.

En concreto, algunos compuestos semiconductores son capaces de activar reacciones Redox cuando un fotón que supera la energía del ancho de banda incide sobre ellos. En este instante, un electrón promociona desde la banda de valencia hasta la banda de conducción generando un llamado par electrón-hueco (Figura 1.1). El hueco puede oxidar moléculas de vapor de agua formando radicales hidroxilo y el electrón puede reducir el oxígeno formando radicales peróxido. Estos radicales son los causantes de desencadenar reacciones de tipo Redox. En concreto, los radicales hidroxilo tienen un gran poder oxidante, siendo estos los que permiten la descomposición por oxidación de la mayor parte de los contaminantes orgánicos obteniendo como productos tan sólo dióxido de carbono en pequeñas cantidades y agua en la mayoría de los casos.

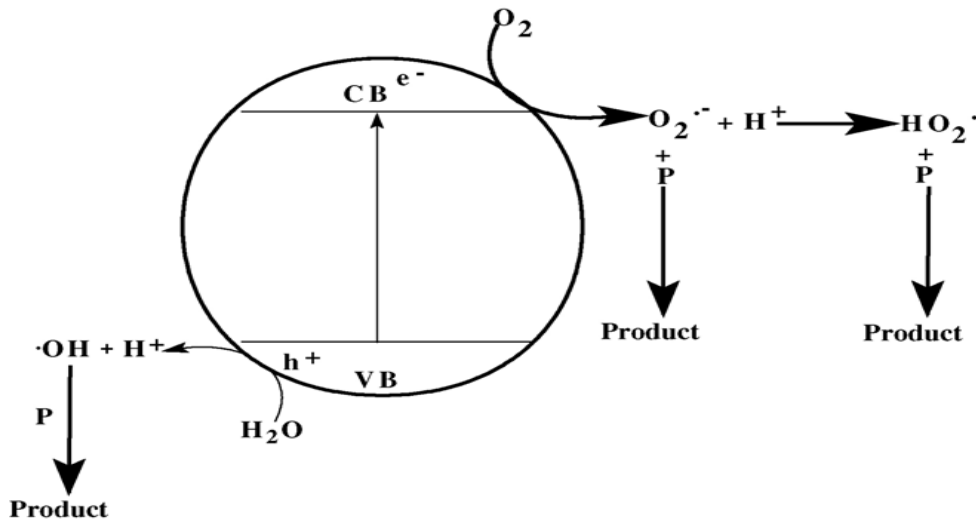


Figura 1.1. Mecanismo de eliminación de contaminantes mediante un proceso fotocatalítico.

La luz utilizada para excitar el semiconductor es un aspecto a tener en consideración. El espectro de luz óptima para llevar a cabo el proceso de fotocatalisis es función del ancho de banda del material utilizado como semiconductor (fotocatalizador). El material más ampliamente utilizado es el TiO_2 ya que posee las propiedades más adecuadas. El ancho de banda es de 3,2 eV, lo cual permite ser inducido por radiación con longitud de onda menor de 388nm. Esto indica que la luz ultravioleta es la más adecuada para llevar a cabo el proceso. Tan sólo el 5 % de la radiación solar pertenece a este espectro, aunque es suficiente para activar el fotocatalizador. Para aumentar los rendimientos de reacción bajo luz visible se han investigado nuevos fotocatalizadores que han mejorado los resultados bajo condiciones de radiación de luz solar.

Los contaminantes más habituales en las ciudades son los procedentes de los gases de combustión de los vehículos y de la industria (Figura 1.2).

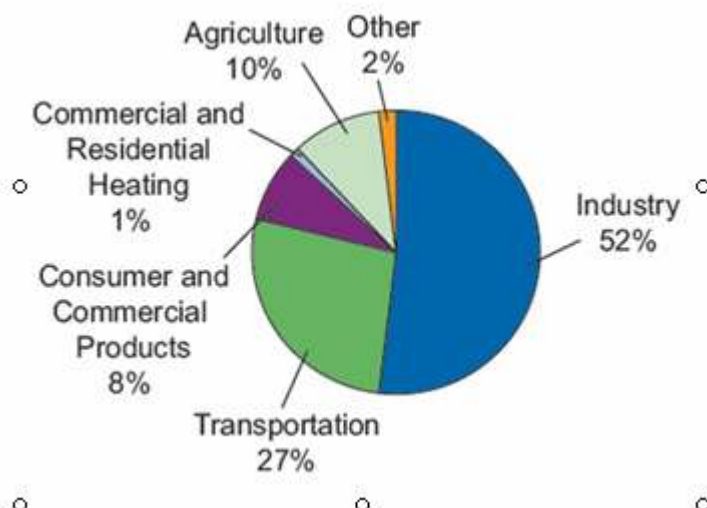


Figura 1.2. Principales fuentes de emisión de los contaminantes del aire.

Entre estos destacan por concentración y toxicidad los óxidos de nitrógeno y azufre que son precursores de la lluvia ácida y provocan problemas respiratorios y cardiovasculares, el monóxido de carbono que provoca problemas relacionados con la fatiga, compuestos orgánicos volátiles (VOC) de los cuales un número elevado son cancerígenos, compuestos aromáticos como el benceno y el tolueno provenientes de los hidrocarburos y también con un alto nivel cancerígeno.

Teóricamente, todos estos compuestos se pueden eliminar o reducir con el uso de técnicas fotocatalíticas obteniendo como únicos subproductos iones inertes en el caso de los NO_x y SO_x y CO_2 y agua en el caso de los contaminantes orgánicos. La capacidad de eliminar cada compuesto contaminante dependerá de la selectividad del fotocatalizador.

El mecanismo de eliminación de cualquier contaminante se desarrolla en tres etapas. En una primera etapa, el contaminante gaseoso contacta con la superficie del pavimento y se adsorbe en un centro activo de fotocatalizador. A continuación, se lleva a cabo la reacción o reacciones de oxidación eliminando el compuesto contaminante y produciendo agua y dióxido de carbono o iones nitrato o sulfato.

Finalmente estos compuestos se desorben del centro activo siendo liberados a la atmósfera o a la superficie de la baldosa.

La fotocatalisis a pesar de ser un campo moderno cuenta con más de 40 años de prolífera investigación (2,3) que ha permitido comenzar en la última década a aplicar esta técnica a escala industrial. En la actualidad numerosos científicos (4) apuntan a que se puede convertir en el método más apropiado para la descomposición de compuestos contaminantes en productos inocuos, en lugar de los procesos convencionales de oxidación.

Las principales ventajas de la fotocatalisis son (5):

- Opera a temperatura y presión atmosférica lo que simplifica y economiza el proceso.
- Posee un alto poder oxidativo y baja selectividad por lo que permite eliminar un gran número de contaminantes simultáneamente.
- Tiene efectos paralelos como la autolimpieza y desinfección del producto donde sea soportado el fotocatalizador confiriéndole un valor añadido.
- La activación puede realizarse mediante luz solar lo cual reduce en un 90 % el impacto ambiental de esta técnica, teniendo en consideración el ciclo de vida.
- Es una técnica versátil que puede adaptarse a condiciones de operación variables.

2.2. Óxido de Titanio como fotocatalizador

El óxido de Titanio (TiO_2) se presenta en la naturaleza en tres formas diferentes: rutilo, anatasa y brookita. De estas, la anatasa es la que posee mejores características para su uso como fotocatalizador, siendo también utilizado en menores proporciones el rutilo.

El óxido de titanio tiene diferentes aplicaciones diferenciándose las de uso como fotocatalizador y las de uso para blanquear, aportar opacidad y protección. En este segundo grupo, destacan las aplicaciones en pinturas, plásticos, alimentos, papel, medicinas, dentífricos, cosméticos y bronceadores. Estos usos confirman la no toxicidad del material.

Las aplicaciones del óxido de titanio como fotocatalizador se diferencian en cinco grandes áreas: la descontaminación de aires, la descontaminación de aguas, la desodorización de espacios cerrados, las superficies impermeabilizantes y la esterilización. Entre estas áreas destacan la comercialización de aires acondicionados que limpian el aire en espacios cerrados como casas o aviones, aparatos que esterilizan el aire de quirófanos para evitar infecciones, lunas de coches en las que no se depositan las gotas de lluvia, materiales autolimpiables, reactores que eliminan contaminantes de corrientes acuosas o gaseosas y materiales de construcción como pinturas, vidrios, paneles de aluminio y baldosas que descontaminan el aire.

3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.1 Método de eliminación de óxidos de nitrógeno

En los últimos 10 años han proliferado la producción de materiales, reactores y diferentes aplicaciones en las que se utiliza un fotocatalizador con el objetivo de descontaminar aires o aguas contaminadas. Por ello, la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) ha comenzado a emitir normas para la regulación y normalización de los experimentos en los que se indica la capacidad fotocatalítica de diferentes materiales.

En concreto, este estudio se ha ceñido a la norma ISO 22197 en su parte primera donde se especifica el método de análisis para la determinación del comportamiento sobre la purificación del aire de un material que contiene un fotocatalizador o se le ha aplicado en forma de film sobre su superficie. Para cuantificar la actividad descontaminadora del material, se le somete a la exposición continua de un compuesto contaminante modelo (óxido de nitrógeno) bajo iluminación con luz ultravioleta.

Los experimentos para determinar la capacidad descontaminadora de Ecosit™ se han realizado en los laboratorios de análisis y ensayos de la Fundación Cartif. El método utilizado consiste básicamente en hacer circular una corriente de aire con una concentración controlada de óxido de nitrógeno (NO) por la superficie de las probetas del material a analizar y analizar la composición de los gases a la salida para determinar la eficacia fotocatalítica de las probetas.

Para determinar la concentración de los óxidos de nitrógeno se utiliza un analizador calefactado de óxidos de nitrógenos por método de referencia, CLD-700-AL – NO / NOx marca ECO PHYSICS. Utiliza el principio de la medida de la quimiluminiscencia proveniente de la reacción que ocurre cuando NO y Ozono se ponen en contacto en un cámara de reacción mantenida a vacío parcial.

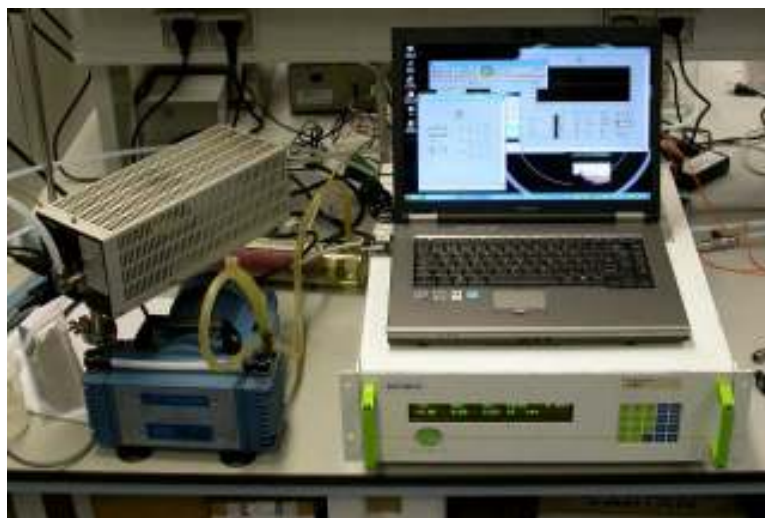


Figura 3.1. Analizador de óxidos de nitrógeno.

En la figura 3.1 se muestra la imagen del equipo y de la *interface* que muestra los resultados de los análisis y un esquema del funcionamiento del dispositivo.

En cuanto a la instalación experimental diseñada para realizar los ensayos, está compuesta principalmente de la cámara en la que se situará la probeta, y en la se realizará el test fotocatalítico, y una serie de dispositivos que se muestran en la figura 3.2.

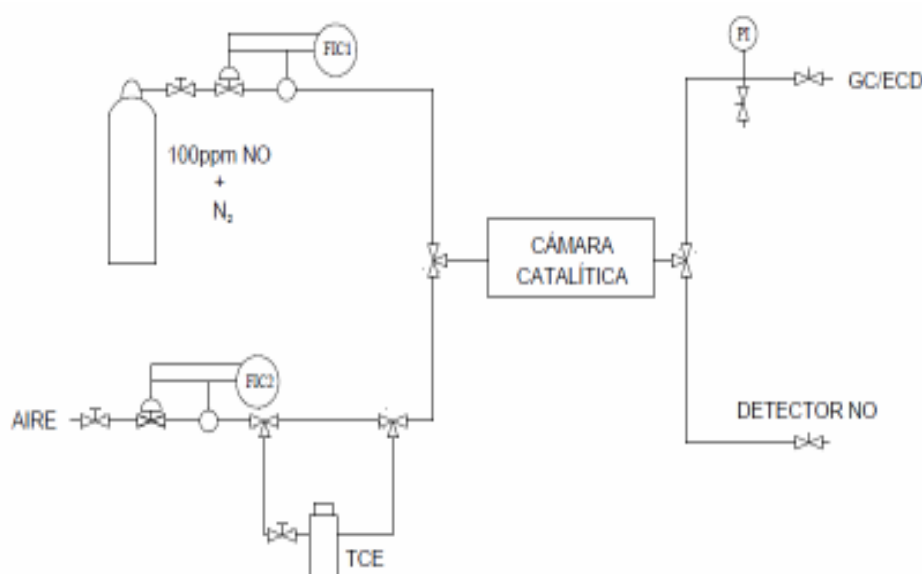


Figura 3.2. Esquema de la instalación para determinar la actividad fotocatalítica de superficies frente a la eliminación de óxidos de nitrógeno.

El suministro de NO a la instalación se realiza mediante botellas a presión con NO en N₂. El NO es inestable en atmósferas de aire y las botellas sólo serían estables durante unos pocos días. Por ello la corriente que proviene de la botella se mezcla con una corriente de aire para generar la corriente que se hace pasar por la cámara.

En cuanto a la cámara catalítica (Figura 3.3) se ha diseñado y construido para contener las probetas normalizadas de dimensiones 100x300x20 mm y dejar un espacio prismático de 1 cm de altura por el que circulará el aire contaminado que tendrá que depurar la probeta.

Asimismo dispone de una ventana de vidrio en la parte superior para poder introducir la radiación UV necesaria para activar el catalizador.



Figura 3.3. Cámara fotocatalítica de radiación UV.

En cuanto a las condiciones experimentales que se utilizan para llevar a cabo los ensayos normalizados son:

- Caudal de aire 1 l/min.
- Concentración de NO a la entrada 1 ppm.
- Superficie de las probetas 300 cm²
- Tiempo de residencia 18 segundos
- Intensidad de radiación 1 mW/cm².
- Humedad ensayo estándar 5-25-50-75 %.

Para llevar a cabo los ensayos en primer lugar se estabilizan la concentración de NO y la humedad del aire a la entrada del reactor y a continuación se enciende la lámpara UV y se mantiene circulando esa corriente contaminada con NO por la cámara de reacción durante 30 minutos, en un solo paso. En cuanto se enciende la lámpara, si la probeta tiene actividad fotocatalítica, la concentración de NO a la salida baja y una vez que se estabilice (tarda unos 50 segundos) alcanza una concentración de NO de salida estable. El medidor de

óxidos de nitrógeno mide concentración de NO, NO₂ y NO_x y con estos valores se determinan los rendimientos de eliminación de óxidos de nitrógeno (Ec. 3.1) y de oxidación de NO a NO₂ (Ec. 3.2), que es un paso previo.

$$R_{\text{eliminación NO}_x} = \frac{[NO_x]_{in} - [NO_x]_{out}}{[NO_x]_{in}} \times 100 \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

$$R_{\text{oxidación a NO}_2} = \frac{[NO_2]_{out}}{[NO]_{in}} \times 100 \quad (\text{Ecuación 3.2})$$

A modo de ejemplo en la figura 3.4 se muestra una representación gráfica de un ensayo tipo de eliminación de NO_x para una de las muestras analizadas.

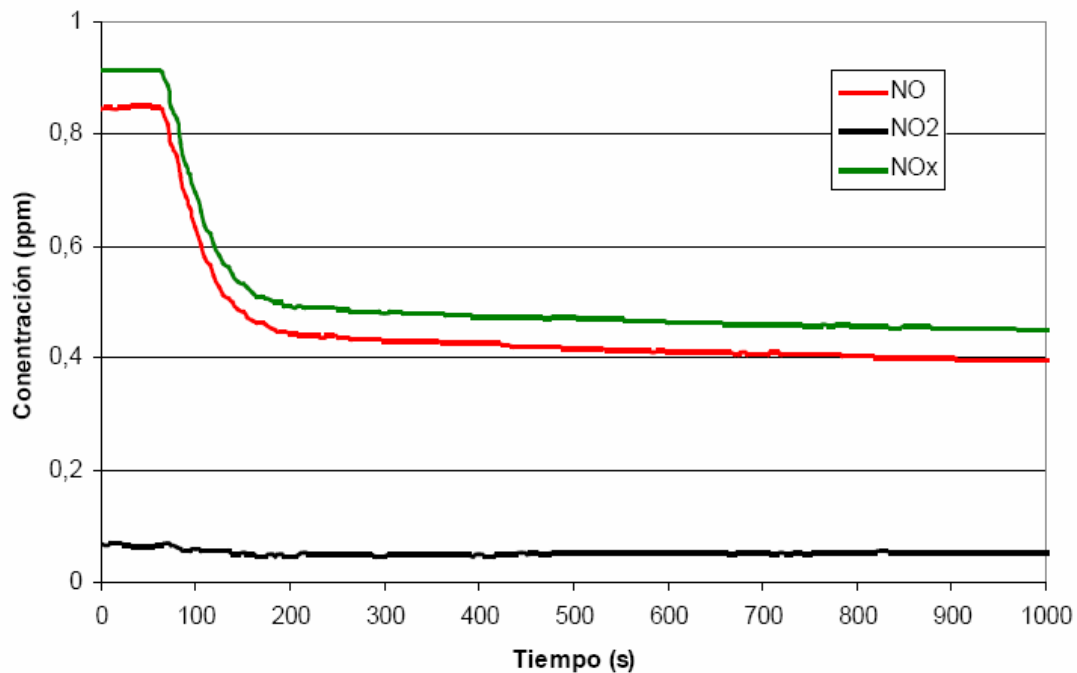


Figura 3.4. Eliminación de NO_x mediante fotocatalisis.

3.2. Preparación de las muestras

Los diferentes fotocatalizadores utilizados se han aplicado durante la etapa de mezclado de finos que se lleva a cabo en el proceso convencional de producción del pavimento. El fotocatalizador se ha aplicado en forma de polvo nanoparticulado quedando distribuido por

la totalidad del volumen de la baldosa con el objetivo de mantener intacta la capacidad fotocatalítica con el paso del tiempo. De esta forma, el desgaste por la abrasión y el rozamiento originado por el paso de vehículos o personas no reducirá el efecto fotocatalítico.

Como el tamaño de partícula del fotocatalizador está en el rango de 10-20 nm, se ha ajustado la relación de tamaños de partículas del resto de materias primas que forman el producto para mantener intactas las propiedades mecánicas del material acabado.

Una vez concluido el proceso de producción se ha prolongado el fraguado durante 15 días a temperatura y presión atmosférica. A continuación, las muestras se han lavado con agua y se han enviado a los laboratorios cortadas a las medidas requeridas (100x300x20 mm).

3.3. Diseño de experimentos

La experimentación ha estado dirigida a obtener un producto final con la máxima capacidad fotocatalítica basada en el rendimiento de eliminación del compuesto modelo (NO). Para ello se han diferenciado 3 fases:

- Discriminación de catalizadores en base a maximizar la eficacia fotocatalítica y minimizar la influencia de la humedad relativa.
- Optimación de la dosificación de fotocatalizador.
- Estudio exhaustivo del catalizador elegido (ensayo de larga duración y ensayo con alto tiempo espacial).

3.3.1. Discriminación de catalizadores

Se han utilizado un total de 5 catalizadores comerciales suministrados por diferentes compañías internacionales especializadas en su producción como TitanPE Technologies y Degussa. Todos ellos son

específicos en eliminación de contaminantes gaseosos y su eficacia está probada de antemano. Las diferencias entre ellos radican en las proporciones de las especies de TiO_2 (anatasa y rutilo) y en el dopado con metales del soporte de TiO_2 .

Se han llevado a cabo experimentos de corta duración (15min), estudiando simultáneamente la influencia de la humedad al ser una variable importante en las condiciones reales que será utilizado el pavimento. De esta forma se estudiará el comportamiento de la probeta bajo atmósferas a cuatro humedades relativas diferentes entre 5 y 75 %.

3.3.2. Optimación de la dosificación de fotocatalizador

Las cantidades de catalizador utilizadas para optimizar su dosificación han sido del 1 y 5 % en peso en base al cemento que contiene la muestra.

3.3.3. Análisis exhaustivo del fotocatalizador elegido

Tras la selección del catalizador y la optimización de su dosificación se han realizado dos ensayos para conocer más en profundidad el comportamiento del pavimento fotocatalítico que va a ser comercializado (Ecosit™).

En primer lugar, se ha procedido al estudio del tiempo de saturación del material con ión nitrato ya que es una variable a tener en cuenta debido a su influencia en la desactivación reversible del producto. Esta desactivación en todo caso es reversible y regenerable mediante simple lavado con agua, bien sea de la propia lluvia o de la limpieza de las calles. Para ello se ha realizado un experimento de eliminación de óxido de nitrógeno al igual que en los ensayos anteriores. La humedad relativa ambiental es muy variable según el lugar, la época del año, el día e incluso la hora. Teniendo en cuenta las humedades relativas medias diurnas de lugares dispares como Bilbao (60 %) y

Dubai (39 %), se ha tomando un criterio intermedio por el cual se ha elegido una humedad relativa del 50 % para llevar a cabo el experimento.

En segundo lugar, se ha analizado el efecto del tiempo espacial sobre el proceso. Para ello se ha aumentado la concentración de contaminante hasta 55 ppm y se ha medido la eficacia del material en condiciones de altos índices de contaminación, superiores a los límites que marcan las diferentes legislaciones. En este caso se ha analizado conjuntamente la influencia de la humedad.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Discriminación de catalizadores.

Los resultados obtenidos por el pavimento fotocatalítico utilizando 5 tipos de catalizadores diferentes se muestran recogidos en la tabla 4.1. En esta tabla se representan el rendimiento de eliminación de NO y el de oxidación a NO₂ para cada muestra a cuatro humedades relativas diferentes.

Tabla 4.1. Resultados en base a rendimiento de eliminación de NO_x y oxidación a NO₂ para pavimentos con diferentes fotocatalizadores.

Muestra		Humedad relativa			
		5%	25%	50%	75%
BE1	R eliminación NO _x (%)	64,3	62,2	56,5	52,3
	R oxidación a NO ₂ (%)	0	0	4,5	0
BE2	R eliminación NO _x (%)	67,4	59,1	52,8	37,4
	R oxidación a NO ₂ (%)	0	0	3,6	5,8
BE3	R eliminación NO _x (%)	63	53,4	45,5	24,4
	R oxidación a NO ₂ (%)	0	1,2	6,1	9,4
BE4	R eliminación NO _x (%)	66,3	60	50	41,5
	R oxidación a NO ₂ (%)	0	0	4,4	4,5
BE5	R eliminación NO _x (%)	36,1	23,8	12,2	8,5
	R oxidación a NO ₂ (%)	0	0	0	0

En primer lugar se observa que los rendimientos de eliminación de NO son elevados para las muestras BE1, BE2, BE3 y BE4, alcanzando valores en torno al 65 % bajo humedades relativas bajas. La muestra BE5, si bien muestra actividad fotocatalítica, alcanza rendimientos inferiores por lo que queda descartada para su utilización como catalizador para el producto final.

En segundo lugar, se observan rendimientos bajos de oxidación a NO₂ en todas las muestras, no superando en ningún caso el 10 %. Esto se considera un dato positivo ya que la práctica totalidad del contaminante que se elimina se oxida al compuesto inerte (ión nitrato).

Atendiendo a la baja influencia de la humedad relativa sobre la muestra preparada con el catalizador BE1 (Figura 4.1), se elige éste como catalizador óptimo para aplicar en el pavimento fotocatalítico Ecosit™. Bajo condiciones atmosféricas con humedades elevadas (75 %) mantiene una eficacia alta del 52,3 %. Además, la oxidación incompleta a NO₂ es nula, excepto a humedad del 50 % donde es muy baja (4,5 %).

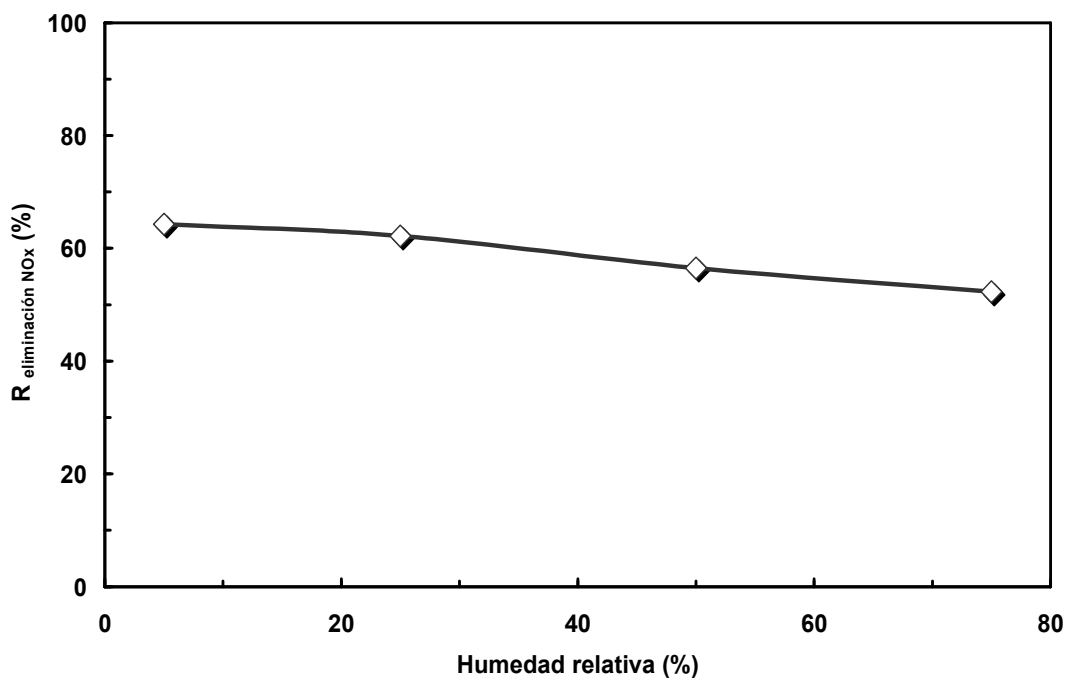


Figura 4.1. Influencia de la humedad relativa sobre la actividad de eliminación de NO_x utilizando Ecosit™.

4.2. Optimización de la dosificación de fotocatalizador

Una vez elegido el fotocatalizador BE1 se ha procedido a ajustar la dosificación de éste en el pavimento con el objetivo de alcanzar los mayores rendimientos de eliminación de contaminantes gaseosos.

En la figura 4.2 se muestran dos muestras de pavimento fotocatalítico a las cuales se les ha añadido 1 % y 5 % en peso de catalizador respecto al cemento utilizado.

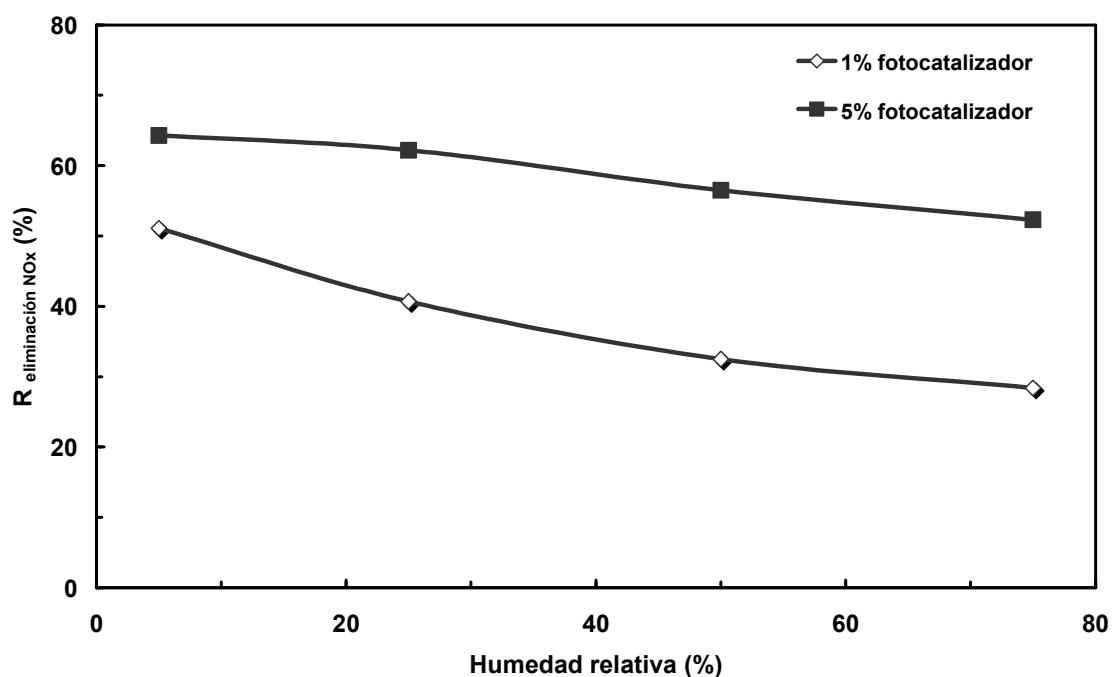


Figura 4.2. Influencia de la dosificación de fotocatalizador sobre el $R_{\text{eliminación NO}_x}$ (%) a diferentes condiciones de humedad.

En base a los resultados obtenidos se ha fijado una dosificación del 5 % de fotocatalizador para maximizar los rendimientos de eliminación de NO_x , situados en torno al 60 % bajo un rango amplio de humedad.

4.3. Análisis exhaustivo del fotocatalizador elegido

Después de elegir el tipo de catalizador y la dosificación empleada para confeccionar el pavimento fotocatalítico Ecosit™, se ha procedido a estudiarlo más detalladamente para conocer el comportamiento del pavimento fotocatalítico en diferentes condiciones. Para ello, se ha estudiado la desactivación del catalizador realizando un experimento de larga duración y la eficacia fotocatalítica bajo concentraciones altas de contaminante.

4.3.1. Desactivación

Para determinar la desactivación del pavimento fotocatalítico se ha realizado un ensayo de larga duración (81 h) bajo condiciones de operación de 1 ppm de NO y 50 % de humedad relativa. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 4.3.

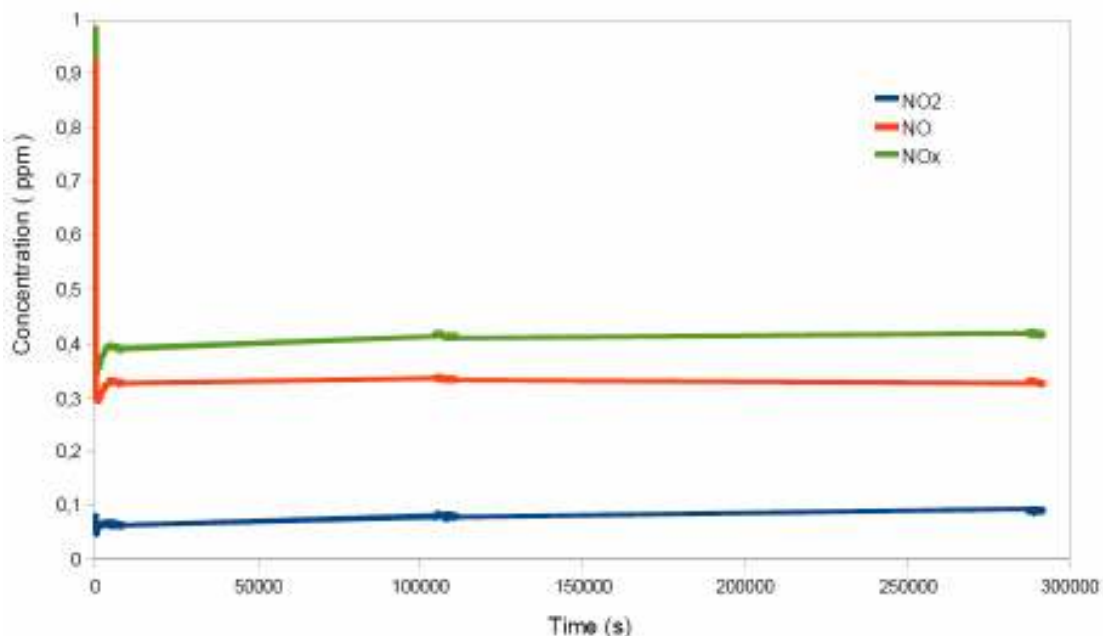


Figura 4.3. Influencia de la saturación por ión nitrato del pavimento fotocatalítico a largos tiempos de reacción (81 h).

Estos resultados no muestran apenas desactivación manteniendo una actividad casi constante del pavimento fotocatalítico durante 81 h. En

concreto, el rendimiento de eliminación de NO_x tan sólo desciende del 64,6 % al 57,6 % durante 81 horas de exposición al contaminante. En otros materiales fotocatalíticos suele suceder que al aumentar la concentración en la superficie del producto de reacción, el ión nitrato procedente de la reacción de descomposición del óxido de nitrógeno, la actividad fotocatalítica se reduce hasta llegar a cero.

Este excelente resultado puede estar justificado por la alta porosidad del pavimento favoreciendo la difusión del ión nitrato hacia el interior de la baldosa dejando libres los centros activos del fotocatalizador (Figura 4.4). De esta forma, se alarga el tiempo de saturación del material permitiendo descontaminar la atmósfera colindante durante más de 8 días (10 horas de sol al día) con rendimientos superiores al 57 %.

Para corroborar la alta porosidad del pavimento se ha analizado la porosidad en superficie y su estructura microscópica por medio de microscopía electrónica de barrido (SEM). En la Figura 4.5 Se han mostrado las imágenes a diferentes ampliaciones (1mm, 100 μm , 100 μm y 10 μm).

Estas imágenes también muestran la elevada área superficial debido a la alta rugosidad del material lo cual puede aumentar la actividad fotocatalítica al aumentar la superficie de contacto entre las partículas de fotocatalizador y los contaminantes gaseosos.

Por tanto, se ha demostrado que el uso combinado de un soporte poroso y el catalizador utilizado permite mantener alta actividad catalítica también en climas donde las lluvias sean escasas. No obstante, la saturación del material fotocatalítico no es un problema relevante para el uso del pavimento ya que el ión nitrato es muy soluble en agua, siendo la lluvia capaz de restaurar al 100 % la actividad catalítica del material.

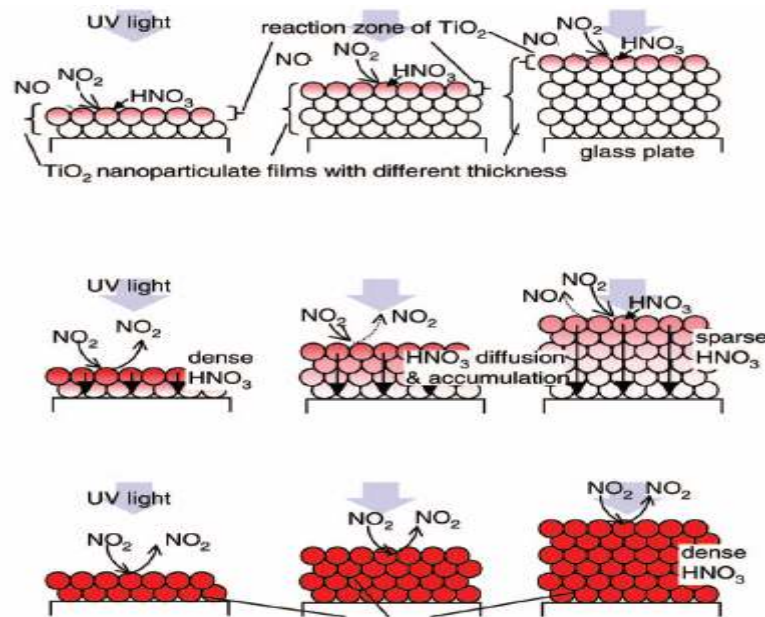


Figura 4.4. Influencia de la porosidad y del grosor de capa del fotocatalizador.

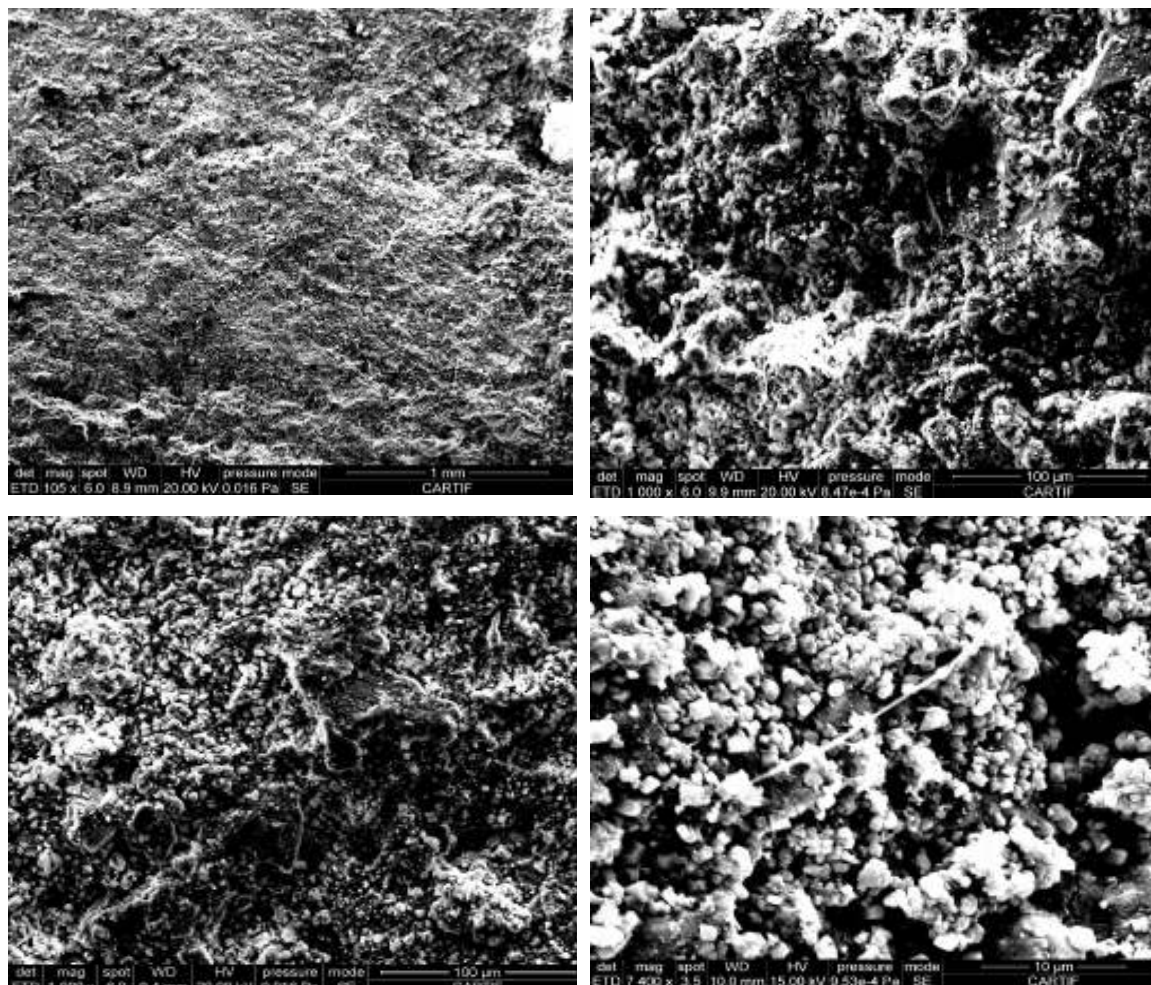


Figura 4.5. Imágenes obtenidas en microscopio electrónico de barrido (SEM) del pavimento fotocatalítico Ecosit™.

4.3.2. Actividad fotocatalítica bajo concentraciones altas de contaminante

En la figura 4.6 se muestra el comportamiento del pavimento fotocatalítico bajo condiciones de concentración de contaminante muy elevadas (55 ppm). De esta forma, se simula un caso real donde la fuente emisora del contaminante está muy cercana al pavimento (bordes de carreteras en condiciones de mucho tráfico y mala dispersión de los contaminantes gaseosos).

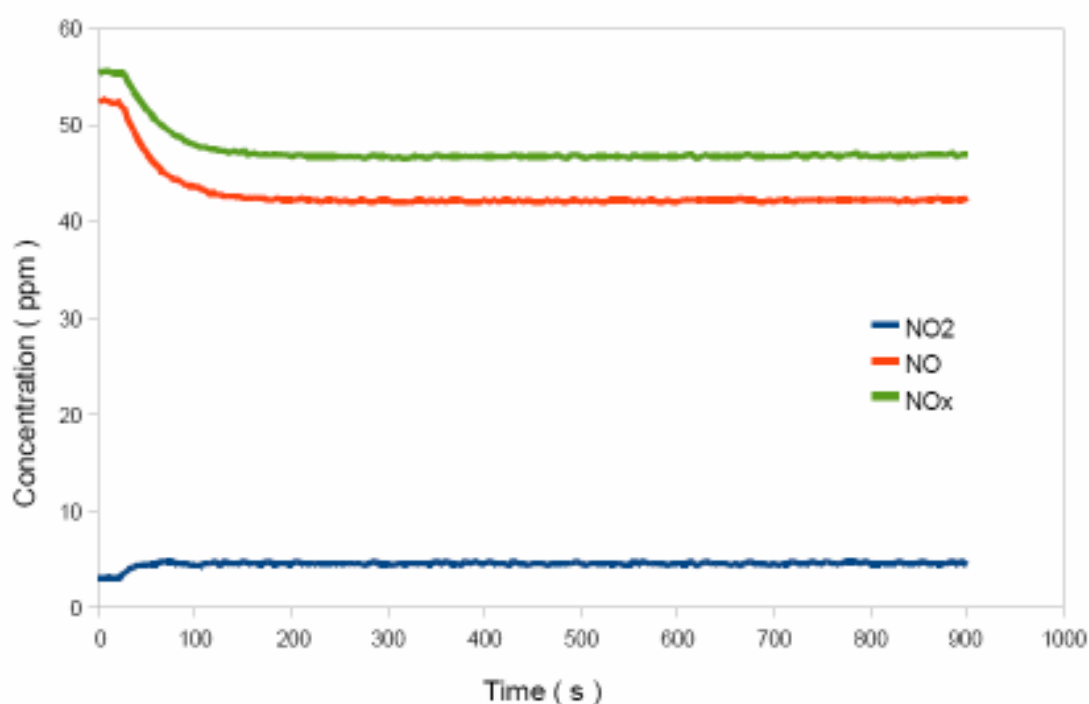


Figura 4.6. Actividad catalítica en atmósferas muy contaminadas.

Aunque los rendimientos de eliminación de NO descienden al trabajar con concentraciones elevadas de contaminante, la actividad catalítica no desaparece y alcanza rendimientos del 27,8 % a humedades relativas bajas y 15,5 % a humedades intermedias.

Si extrapolamos estos resultados, suponiendo tan sólo una superficie de 1 hectárea de terreno pavimentado con este material, se podrían retirar de la atmósfera 1,14 t CO/año suponiendo 300 días de sol al año y 10 h al día.

5. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Hermanos Eguskiza S.L. valiéndose de las técnicas emergentes de fotocatalisis ha fabricado Ecosit™, un pavimento capaz de reducir la contaminación ambiental en los lugares donde sea utilizado, manteniendo intactas las propiedades estéticas y mecánicas del material.

Los ensayos fotocatalíticos realizados para medir la eficacia de eliminación de contaminantes en base al contaminante modelo de óxido de nitrógeno han permitido elegir el tipo de fotocatalizador más apropiado (BE1) para su uso sobre pavimentos hormigonados. Los resultados con dosificaciones del 5 % en peso respecto al cemento muestran una alta eficacia fotocatalítica eliminando el 65 % del contaminante bajo condiciones de humedad relativa inferior al 50 %. Además, este fotocatalizador presenta mayor estabilidad a humedades relativas diferentes, manteniendo siempre una eficacia de eliminación de NO_x superior al 50 %.

El comportamiento del producto frente a la desactivación por saturación de ión nitrato de los centros activos del fotocatalizador se ha analizado mediante un ensayo de 81 h de duración. Los resultados han mostrado una alta estabilidad de la eficacia fotocatalítica permitiendo descontaminar a pleno rendimiento durante al menos 8 días sin que el material requiera ser lavado. La razón se basa en la alta porosidad del material, favoreciendo la adsorción del producto de reacción (ión nitrato) hacia el interior. Por tanto, se mantienen libres la capa en contacto con la atmósfera y los centros activos del fotocatalizador, permitiendo operar largos tiempos sin pérdida de eficacia.

Los resultados obtenidos bajo condiciones de altas concentraciones de contaminante muestran que el fotocatalizador continua mostrando actividad catalítica. Sin embargo, el rendimiento de eliminación de NO

disminuye hasta el 27,8 %. Desde un punto de vista cuantitativo, si extrapolamos estos resultados a una superficie de una hectárea de terreno pavimentado con Ecosit™, se podría conseguir la eliminación de 1,14 t NO durante un año en un lugar relativamente soleado.

Otro aspecto fundamental de Ecosit™ es el mantenimiento de la actividad fotocatalítica durante la vida útil del material. Esto se debe a la aplicación de fotocatalizador a todo el volumen de la capa superior de la baldosa. De esta forma, las propiedades descontaminadoras del material no están a expensas del desgaste debido al rozamiento o la abrasión. Es decir, aunque las baldosas sufran un desgaste notable y se desprendan las capas superiores del material, las capas inferiores mantendrán las propiedades fotocatalíticas intactas.

6. BIBLIOGRAFÍA

- (1) Ollis D. F., Al-Ekabi H. *Photocatalytic Purification and Treatment of Water and Air*. Elsevier: Amsterdam, 1993.
- (2) Linsebigler A.L., Lu G., Yates J.T. *Photocatalysis on TiO₂ Surfaces: Principles, Mechanism, and Selected Results*. Chem. Rev. 95, 735-758, 1995.
- (3) Mills A., Le Hunte S. *An overview of semiconductor photocatalysis*. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry 108 1-35, 1997.
- (2) Chatterjee D., Dasgupta D. *Visible light induced photocatalytic degradation of organic pollutants*. Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews 186-205 , 2005.
- (3) Portela R. *Eliminación fotocatalítica de H₂S en aire mediante TiO₂ soportado sobre sustratos transparentes en el UV-A*. Tesis Doctoral, 2008.