

## **ECODISEÑO EN CERÁMICA TÉCNICA-AVANZADA**

**<sup>(1)</sup> F. Raya, <sup>(1)</sup> F. Sierra, <sup>(1)</sup> J. D. Pla, <sup>(2)</sup> R. Artigas,  
<sup>(3)</sup> H. García, <sup>(4)</sup> J. L. Palau, <sup>(4)</sup> M. Vázquez, <sup>(4)</sup> J. J. Dieguez,  
<sup>(5)</sup> J. Giner, <sup>(5)</sup> H. Pomar**

<sup>(1)</sup> CERACASA, S.A. - España, <sup>(2)</sup> FMC Foret - España

<sup>(3)</sup> ITQ CSIC-UPV España

<sup>(4)</sup> CEAM - España, <sup>(5)</sup> ReMa-MEDIO AMBIENTE, S.L. - España

fraya@ceracasa.com

info@rema.es

## 1. LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN LAS CIUDADES

**La atmósfera es un bien común** e indispensable para la vida del que todas las personas tienen el derecho a su uso, a su disfrute y a la obligación de su conservación. Por su condición de recurso vital y por los daños que de su contaminación pueden derivarse para la salud humana, la preservación de la calidad del aire debe ser una prioridad de cualquier política ambiental.

No obstante, a pesar de los logros, **la contaminación atmosférica continúa siendo motivo de seria preocupación en España y en el resto del mundo**. Todas las evaluaciones efectuadas ponen de manifiesto que, a pesar de las medidas puestas en marcha, tanto los niveles de contaminación como los efectos adversos asociados, siguen resultando muy significativos, particularmente en las aglomeraciones urbanas. Además, los más recientes estudios confirman que, de no adoptarse nuevas e inminentes medidas, los problemas ambientales y de salud se recrudecerán en el futuro.

En el caso concreto de España, estas evaluaciones demuestran que, en determinadas circunstancias, el problema puede verse incluso agravado por nuestras especiales condiciones meteorológicas y geográficas. La **emisión de óxidos de nitrógeno (NOx)** -que se forman inevitablemente en la combustión de combustibles fósiles- a la atmósfera produce una diversidad de problemas en la salud de la población así como efectos ambientales negativos sobre el planeta.

En España se dispone de una red pública de vigilancia y control de la contaminación atmosférica con estaciones de medición distribuidas por toda la geográfica nacional, en puntos representativos de la calidad de aire ambiental que respiramos.

## 2. ECODISEÑO EN CERAMICA TECNICA AVANZADA

En este contexto se ha desarrollado y patentado **BIONICTILE® by CERACASA**, una nueva gama de productos cerámicos con propiedades fotocatalíticas cuyo gran activo es que, colocados en las fachadas y envoltentes de los núcleos urbanos contaminados, reducen químicamente los NOx (óxidos de nitrógeno) producidos por vehículos e industrias a nitritos y nitratos inocuos, solubles en agua (o humedad ambiental), eliminándolos del aire de forma continuada. Se trata de una contribución significativa desde los Materiales de Construcción (MMCC) a la **SOSTENIBILIDAD EN LA CONSTRUCCION**.

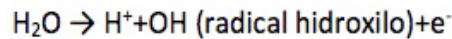
Este producto es el resultado de un decidido esfuerzo de ECOINNOVACION y ECODISEÑO de dos empresas como **CERACASA y FMC FORET**:

- **FMC FORET:** Tiene más de cien años de antigüedad en España y ocupa uno de los principales lugares entre los fabricantes de productos químicos del

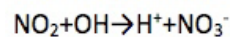
país. Realiza una importante actividad de Investigación y Desarrollo de la ha surgido el compuesto que, gracias al  $\text{TiO}_2$  y la adición de dopantes, logra un efecto fotocatalizador.

**Fotodegradación de  $\text{NO}_x$ , reduciendo las sustancias contaminantes presentes en el aire.**

**MECANISMO DE ACTUACIÓN. Fotólisis del agua:**



El radical hidróxido es un poderoso agente oxidante y puede oxidar dióxido de nitrógeno a iones nitrato:



El ión superóxido es capaz a su vez de transformar los iones nitrato a partir de monóxido de nitrógeno:

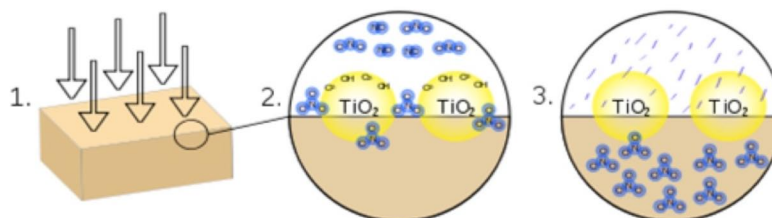
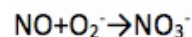


Figura 1.

- **CERACASA:** En su estrategia de innovación-especialización llega a un acuerdo con FMC FORET para trasladar estas cualidades fotocatalíticas del  $\text{TiO}_2$  a un soporte vítreo-inertizado de una pieza cerámica que, colocada en exteriores como fachadas y envolventes, sea capaz de reducir la contaminación ambiental a lo largo del ciclo de vida del edificio. CERACASA ha desarrollado la materia prima elaborada por FMC FORET para poderla hacer viable en aplicaciones cerámicas.

Igualmente ha realizado un ejercicio de ecodiseño que se centra en diseñar y ajustar a escala laboratorio e industrial las variables de diseño de superficie, de formulación de la capa de esmalte superficial y de las condiciones de proceso de fabricación para alcanzar la máxima actividad fotocatalítica de la pieza a lo largo del tiempo (ciclo de vida del edificio).

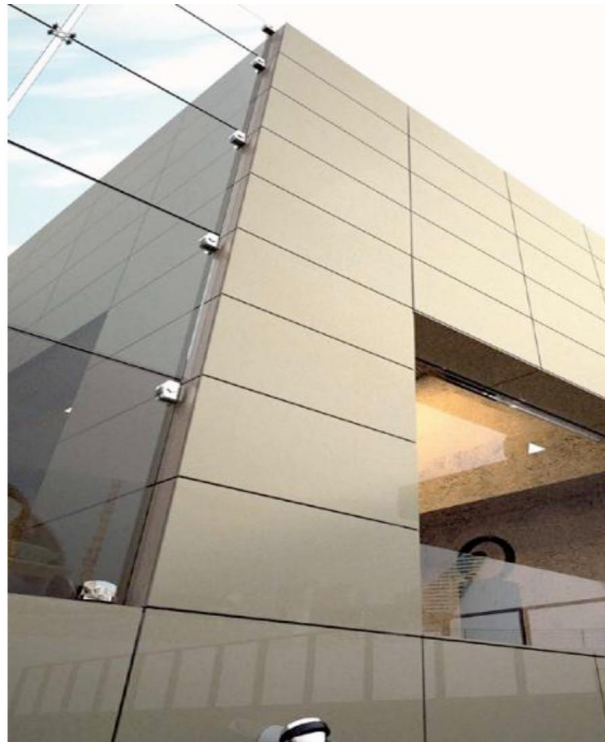


Figura 2.

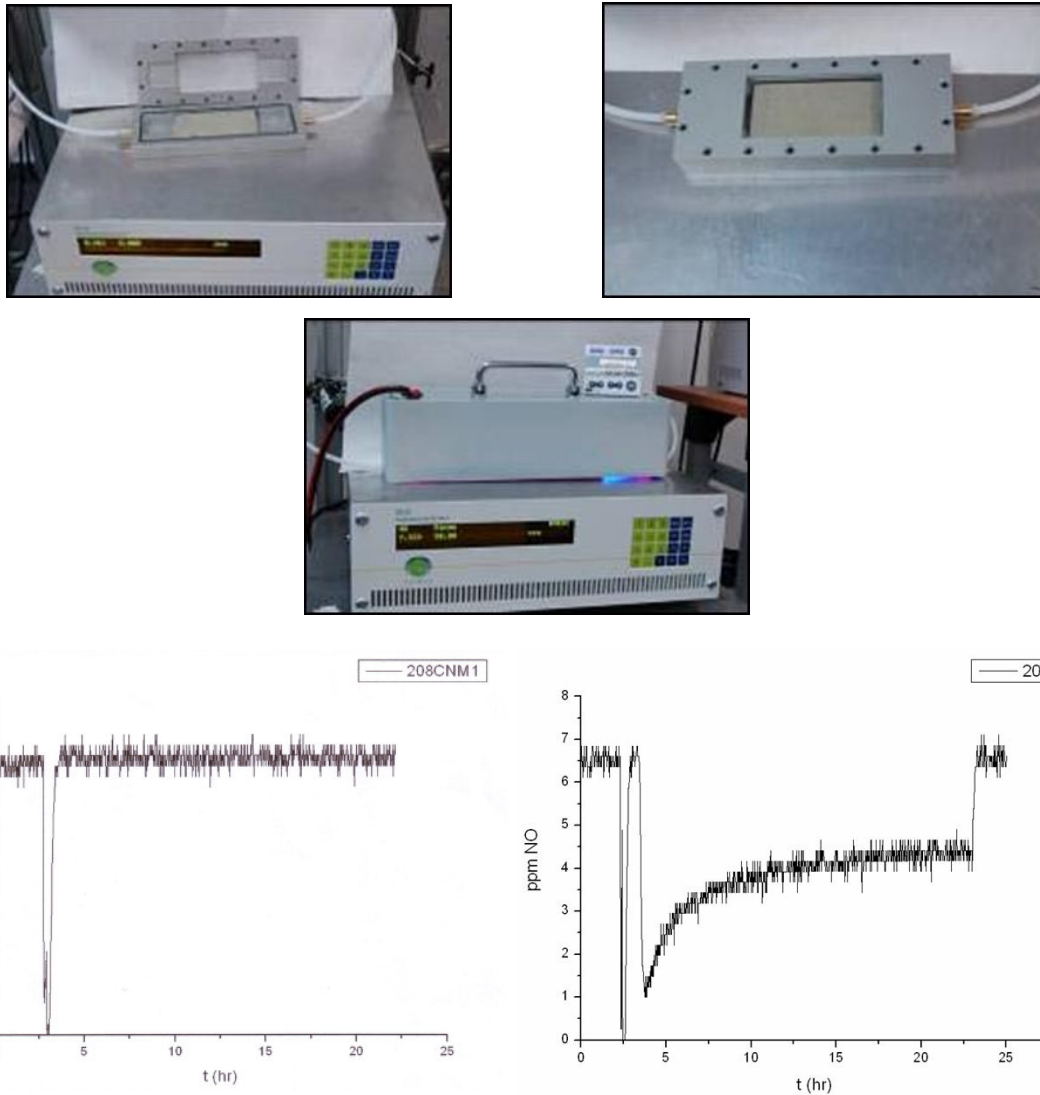
El proceso de PATENTE para este producto se encuentra actualmente en fase de solicitud del procedimiento unificado que permite solicitarla de manera centralizada (PCT).

### 3. METODOLOGIA DE EVALUACIÓN DE LA REDUCCION DE CONTAMINACION (NO<sub>x</sub>)

#### 3.1. Ensayos laboratorio.

Las propiedades de reducción de la contaminación (NO<sub>x</sub> y otros contaminantes atmosféricos) ha de cuantificarse mediante ensayos normalizados internacionalmente: ***ISO 22197-1:2007 Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) -- Test method for air-purification performance of semiconducting photocatalytic materials -- Part 1: Removal of nitric oxide.***

- **ITQ CSIC-UPV**: Instituto de Tecnología Química – Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) - Universidad Politécnica Valencia (UPV) es un centro de investigación especializado en el campo de procesos catalíticos de eliminación de contaminantes. Posee un equipo investigador con experiencia e instrumentación para la aplicación de la norma internacional **ISO 22197-1:2007** para evaluar la actividad fotocatalítica de los experimentos realizados por CERACASA durante el desarrollo del producto.

*Figura 3.*

El sistema de testado consiste en un caudalímetro que suministrará la mezcla de gases, un motorreactor, una lámpara de UV y un analizador de NO<sub>x</sub>. El equipo está diseñado para medir bajas concentraciones de NO<sub>x</sub> y construido con materiales de baja adsorción y resistencia a la radiación UV. Las piezas testadas se activan fotocatalíticamente por la iluminación UV, y hace que oxide la fase gas NO en ácido nítrico (o nitrato) en su superficie.

Las condiciones del test son:

- NO = 6 ppm.
- Flujo de 200 ml/min.
- Humedad relativa: 50%.
- Tamaño piezas: 50 x 100 mm.
- 480 Wm<sup>2</sup>.

### 3.2. Escenarios climáticos/contaminación y ensayos a escala real.

La constatación de las propiedades descontaminantes de este recubrimiento fotocatalítico requiere justificarse con el estado actual del arte y la técnica, simulando, por una parte, escenarios geográficos y climáticos representativos de las ciudades donde pueda incorporarse en fachadas de edificios y, por otra, la escala temporal de vida útil de referencia para el edificio: 50-80 años.

- **CEAM:** Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo. Fue creada en 1991 por la Generalitat Valenciana y Bancaja con el apoyo de la Secretaría de Estado de Universidades e Investigación y de la Comisión Europea (DG XII). Es un Centro de Investigación Aplicada, reconocido como Centro de Innovación Tecnológica por la CICYT, y opera como Unidad Asociada del CSIC.

**Posee una LÍNEA II.** Operación de una gran instalación europea (Cámaras de simulación EUPHORE), y sus equipos accesorios, con los objetivos de utilizar los conocimientos y experiencias adquiridos para potenciar el desarrollo tecnológico en instrumentos de medición y control en procesos industriales.

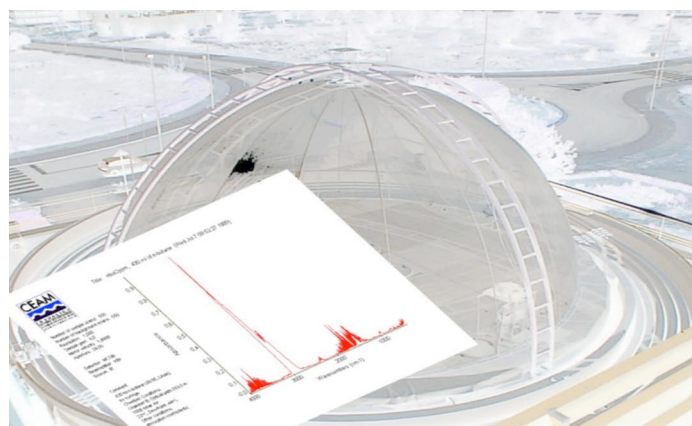


Figura 4.

### 3.3. Análisis de ciclo de vida (ACV), declaración ambiental de producto de la construcción (DAPc).

Finalmente, si consideramos los impactos positivos y negativos a lo largo de todo el ciclo de vida de nuestro recubrimiento cerámico fotocatalítico: desde la extracción de las materias primas hasta el final de su vida útil en la demolición del edificio, pasando por la fabricación, el transporte, la colocación en fachada durante la construcción del edificio y la etapa de uso, estaremos proporcionando a las partes interesadas información relevante para la evaluación de la **SOSTENIBILIDAD EN LA EDIFICACIÓN**.

Es en este contexto cuando, a nivel internacional, ISO (International Standard Organization) y CEN (Comité Europeo de Normalización), por mandato 350 de la CE, están completando un cuerpo de normas que permitirán evaluar "Sustainability of construction Works".

- **ReMa-MEDIO AMBIENTE, S.L.:** Ingeniería y Consultoría Ambiental con amplia experiencia en Análisis de Ciclo de Vida (ACV), Ecodiseño y Declaración Ambiental de Producto de la construcción (EPDc), que utilizando el cuerpo de normas ISO/CEN, evalúa el comportamiento ambiental del recubrimiento cerámico fotocatalítico de CERACASA con el fin de cuantificar su aportación en la SOSTENIBILIDAD EN LA EDIFICACIÓN.

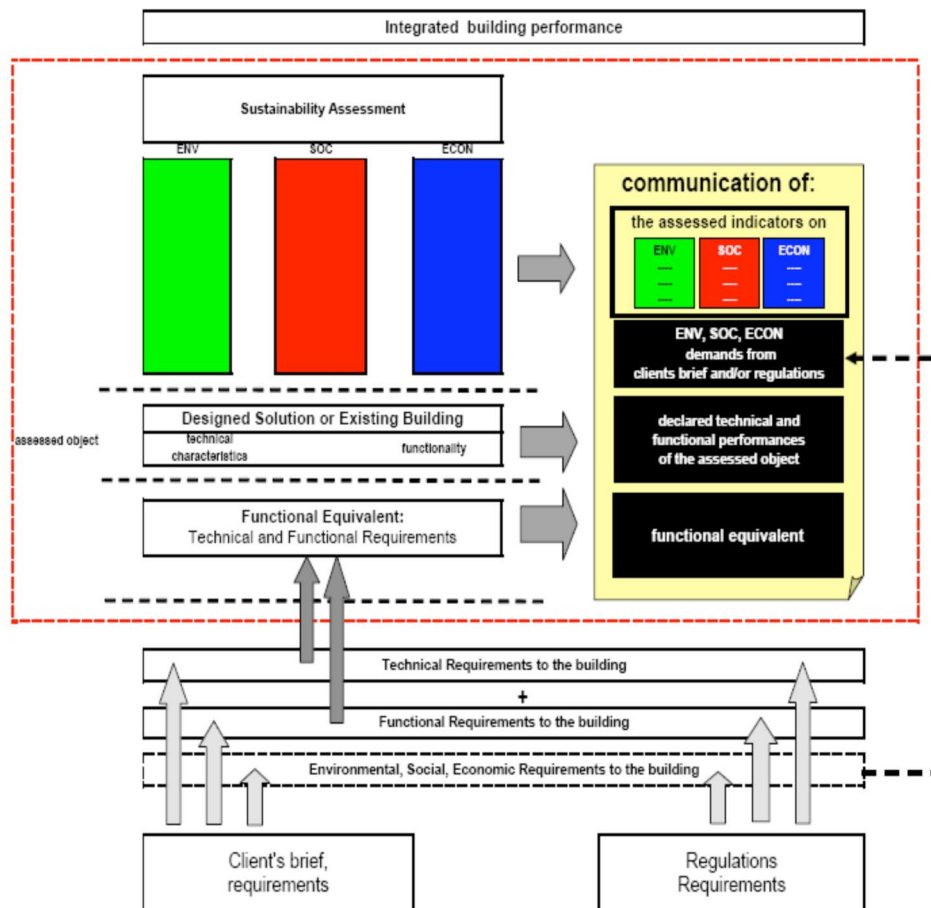


Figura 5.

#### 4. DEL DISEÑO AL ECODISEÑO

El diseño de productos cerámicos ha evolucionado en los últimos años hasta un nivel óptimo de realización, posibilidades, recursos técnicos y múltiples aplicaciones... pero sin tener en cuenta, en la mayoría de casos, el factor ECODISEÑO.

El producto descrito en esta memoria tiene en consideración, desde su diseño, un solo objetivo: la protección del medioambiente y la salud de las personas, durante su fabricación y vida útil o fase de uso del producto.

El diseño de la superficie de estas piezas cerámicas ha sido especialmente importante. Para ello hemos realizado el estudio y la observación de la naturaleza

para intentar imitarla no sólo en su forma sino también estudiando por qué tiene esa forma y qué ventajas nos ofrece.

Analizando la estructura macro y microscópica de distintas hojas de plantas hemos determinado interesantes conclusiones de cómo debía ser el diseño final de la superficie de la pieza cerámica y de las funciones que condicionaban el mismo.

- Observamos que, en las plantas, existe una armonía general entre las distintas hojas que la componen.
- Prestamos atención a la repetición de texturas y a la perfecta simetría que reproducen sus formas.
- La rugosidad superficial era un aspecto importante en el diseño exterior de las hojas de las plantas y árboles, normalmente es una superficie estriada.
- Una superficie que provoca formas irregulares microscópicas que aumentan la superficie específica de contacto con el aire.
- Este aspecto es importante para que reaccionen los rayos ultravioleta del sol en la mayor cantidad de superficie de la planta.



*Figura 6.*

El producto resultante de este trabajo imita el diseño de los microrelieves de las texturas que observamos en las hojas para reproducir y aumentar así la superficie específica de contacto con el aire, favoreciendo el proceso de fotocatalisis.

El diseño superficial cumple unos patrones que aumentan su superficie de contacto. Es uniforme pero irregular, sutilmente texturizado. Tras numerosas pruebas, ensayos y correcciones de diseño llegamos a una serie de conclusiones.

El producto debe cumplir unos requisitos de grosores e irregularidades. Pero también ha de ser un patrón repetitivo.

La imagen aumentada reproduce los aspectos que más favorecen la interactividad y función del esmalte de  $\text{TiO}_2$ . Nos permite aumentar la superficie de contacto con los  $\text{NO}_x$ , el oxígeno, la humedad y los rayos de sol.



*Figura 7.*

Piezas cocidas a 1200°C. Preparadas para su instalación como fachada. Su función en una ciudad será parecida a la de “bosques de azulejos”.

## 5. DE LA INNOVACIÓN A LA ECOINNOVACIÓN

El **ECODISEÑO** nos aporta funciones y aplicaciones de gran valor. Pero si, además, realizamos un ejercicio de innovación aportando una función a dicho diseño, logramos aumentar la **ECOEficiencia** del producto.

El concepto de **ECOEficiencia** fue acuñado en 1992 por las compañías pertenecientes al Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible.

“La **ECOEficiencia** pretende la creación del **mayor valor con el menor impacto ambiental**. Es en definitiva una filosofía de gestión que permite guiar y medir el desempeño ambiental de las empresas y otros agentes en su actividad económica. La **ECOINNOVACIÓN** lleva al progreso de la ecoeficiencia. Consistente en nuevos (o modificados) procesos, técnicas, sistemas, productos y servicios que evitan o reducen el daño ambiental.”

El diseño del recubrimiento cerámico fotocatalítico desarrollado por CERA-CASA tiene argumentos notables (investigación en composiciones, aplicaciones y procesos) que lo diferencian de aquello que podemos encontrar actualmente en el mercado. Tanto en cerámica convencional, como en otros productos con propiedades fotocatalíticas. Una estudiada composición de la capa superficial de la cerámica, totalmente interactiva con el medio y que aumenta las propiedades fotocatalíticas, junto con el diseño apropiado ofrecen un **conjunto de gran valor**. Resultado: un producto ecoeficiente que transmite expectativa e ilusión porque aporta soluciones concretas y un beneficio a la sociedad **directo, cuantificable, inmediato y continuo**.

¿Qué novedad aportamos que no aporten otros productos similares?:

- El ecodiseño es el **eje para el desarrollo de productos cerámicos** con funciones descontaminantes.
- La **incorporación de sustancias que actúan como potenciadores del  $\text{TiO}_2$**  ha mejorado también la actividad fotocatalítica que de otro modo decaería con el tiempo.
- **Los aditivos potenciadores, reducen la carga de  $\text{TiO}_2$**  ajustando la ecoeficiencia del producto cerámico.
- **La alta capacidad fotocatalizadora** se une a las altas prestaciones de la cerámica (durabilidad, dureza, resistencia y absorción nula).

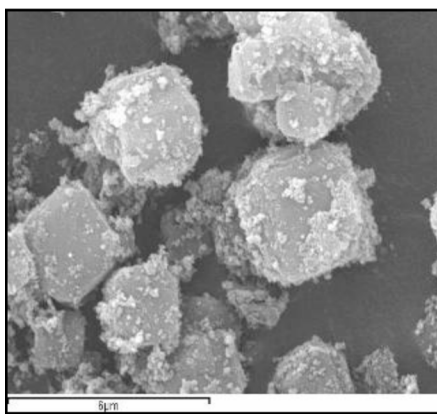
Todos los desarrollos de esta gama de productos cerámicos se han verificado según ensayos normalizados, norma **ISO-22197-1 2007** (E), determinados por el Instituto de Tecnología Química de la Universidad Politécnica de Valencia (España).

### **Fotocatalizador ( $\text{TiO}_2$ )**

- Absorbe la luz y la convierte en energía química.
- Sufre desactivación debido a los productos resultantes.
- El nitrato anula y desactiva las propiedades del  $\text{TiO}_2$ .

### **Promotor**

- No tiene actividad fotocatalítica.
- Absorbe los productos resultantes de forma prioritaria.
- Evita la desactivación del  $\text{TiO}_2$ .
- Similar a minerales naturales.
- No tóxico e inocuo.
- Inerte.



*Figura 8.*

### **5.1. Productos resultantes de la reacción fotocatalítica.**

- Los únicos productos observados por cromatografía iónica han sido nitratos (98 %) y nitritos (2 %).

- Suponemos que el agua es también un producto de reacción.
- El pH de las aguas de lavado es 5.2, ligeramente ácido, pero mucho menos que el vinagre (2,9).

### **Efectos positivos del Nitrato sobre el Medio Ambiente**

- Necesarios para las plantas.
- Ayuda a la fijación de  $N_2$ .
- Ingesta de nitratos previene botulismo.
- Aumenta las defensas contra patógenos intestinales.

### **Efectos negativos del Nitrato sobre el Medio Ambiente**

- Exceso eutrofización de aguas.
- Límite en aguas de consumo 50 mg/l<sup>-1</sup>.
- Intoxicación >3.7 mg/Kg corporal y día.

**Directiva EU 91/676/CEE (Real Decreto 140/2003):** Red distribución consumo humano: 50 mg/l de nitratos y 0.5 mg/l de nitritos.

- Las cantidades que se generan son menores que los valores indicados, además de ser INOCUOS para las personas y el medioambiente.

## **5.2. Durabilidad y permanencia en el tiempo.**

**Los fotocatalizadores son resistentes y no sufren corrosión.** Estos óxidos metálicos se encuentran fácilmente en la naturaleza.

**Los promotores son duraderos y no sufren corrosión.** Estos promotores se encuentran en la naturaleza.

Los ensayos a **concentraciones de NOx de 500 ppms equivalen a un envejecimiento prolongado** de la superficie. **No se observan problemas.**

**El lavado con agua (lluvia) permite** detectar nitritos y nitratos, **recuperando parcial o totalmente la actividad** de descomposición de NOx de la superficie.

## **6. PROYECCION DE LOS RESULTADOS DE DESCONTAMINACION**

Nos enfrentamos a un reto científico importante para evaluar y cuantificar la capacidad descontaminante de este recubrimiento porcelánico una vez instalado en la fachada de un edificio. El rigor científico y los mejores medios técnicos y humanos se han puesto al servicio de este reto. En ello nos va la responsabilidad y credibilidad del proyecto.

### 6.1. Ensayos de laboratorio.

El Instituto de Tecnología Química de la **Universidad Politécnica de Valencia-CSIC** ha realizado los ensayos de laboratorio durante las fases de desarrollo del producto y acabados finales según norma:

- ISO 22197-1:2007 Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) -- Test method for air-purification performance of semiconducting photocatalytic materials -- Part 1: Removal of nitric oxide.

Resultado: BIONICTILE® es capaz de descomponer la cantidad de 3.630  $\mu\text{g}$  de NOx por  $\text{m}^2$  y hora (ISO 22197-1:2007), usando una luz 64 veces más potente que la luz solar.

En una ESTIMACIÓN sobre un núcleo urbano con **200 edificios** revestidos con esta gama de productos (30 m x 40 m x 4 caras = 4.800  $\text{m}^2$  de cerámica por edificio), en un atmósfera 5 veces más contaminada que los valores máximos permitidos y asumiendo idéntica insolación los 365 días del año (media de 12 horas/día), se descompondrían... 238.491 g de NOx al año. Equivalente a una reducción de un 18.8 % de la concentración de NOx en la atmósfera.



Figura 9.

### 6.2. Modelo cinético de fotocatalisis.

La cinética de la reacción fotocatalítica del NOx está influida por diversas variables como:

- Intensidad lumínica.
- Humedad relativa.
- Concentración de NOx.

Es pues necesario definir y verificar un modelo cinético que permita predecir y calcular el potencial de descontaminación en el tiempo y en las distintas condiciones reales que encontraremos en las ciudades donde se instale.

El Instituto de Tecnología Química de la **Universidad Politécnica de Valencia-CSIC** ha trabajado en esta dirección y se ha obtenido la expresión cinética que corresponde al modelo de **Langmuir-Hinshelwood**.

$$r_{\text{NO}} = -\frac{kK_{\text{NO}}C_{\text{NO}}}{1 + K_{\text{NO}}C_{\text{NO}} + K_wC_w} \quad k = k'(-1 + \sqrt{1 + \alpha E})$$

$$v_{\text{air}} \frac{dC_{\text{NO}}}{dx} = a_v r_{\text{NO}} \quad C_{\text{NO}}(x=0) = C_{\text{NO},\text{in}}$$

| Parameter                                             | Value                  |
|-------------------------------------------------------|------------------------|
| $K'$ (mole dm <sup>-2</sup> min <sup>-1</sup> )       | $7.24 \times 10^{-10}$ |
| $\alpha$ (dm <sup>2</sup> W <sup>-1</sup> )           | $1.40 \times 10^6$     |
| $K_{\text{NO}}$ (dm <sup>3</sup> mole <sup>-1</sup> ) | $2.50 \times 10^{10}$  |
| $K_w$ (dm <sup>3</sup> mole <sup>-1</sup> )           | $7.67 \times 10^5$     |

Table 2. Non linear parameters optimization (based on 36 experimental results) employing the Excel Solver tool and the numerical solution of the NO differential mass balance performing a forward discretization.

### 6.3. Validación del modelo predictivo y ensayos a escala real.

La proyección de los resultados de reducción de la contaminación debería ser validada y, en todo caso, estamos obligados a ajustar el modelo mediante ensayos a escala real. Para ello, se buscó el organismo experto y las instalaciones capaces de realizar estos ensayos, el resultado fue:

- **Organismo experto: CEAM** Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo.
- **Instalación de laboratorio con esta capacidad: (Cámaras de simulación EUPHORE).** Una de las tres que existen en el mundo que realiza investigación básica y aplicada a tres áreas de investigación: Química Atmosférica, I + D en dinámica de contaminantes y aplicaciones de la Dinámica de contaminantes.



Figura 10.

Se han programado experimentos para realizar en Noviembre, resultados previsiblemente disponibles para las fechas de QUALICER 2010.

#### Diseño del Experimento:

- Ciudad: Valencia.
- Escenario climático: periodo invernal mediterráneo.

- Duración: 4 días.
- Condiciones atmosféricas: día raso con elevada intensidad lumínica.
- Variables atmosféricas: Concentración de contaminantes de una estación tipo de Valencia ciudad.

#### 6.4. Evaluación de impacto de la solución constructiva durante el ciclo de vida del edificio.

Los resultados declarados utilizando el conocimiento, instalaciones, experimentos y expertos disponibles, certificados por organismos independientes para un material de construcción o solución constructiva no es útil aisladamente sino que ha de integrarse en el marco internacional de evaluación de SOSTENIBILIDAD EN LA EDIFICACIÓN

Es en este contexto, donde ISO (International Standard Organization) y CEN (Comité Europeo de Normalización) están completando un cuerpo de normas que permitirán evaluar "Sustainability of construction Works".

Se está en fase avanzada de evaluación del comportamiento de esta gama de recubrimientos porcelánicos fotocatalíticos como unidad funcional dentro del ciclo de vida del edificio. Completando:

- a) **Estudio Análisis de Ciclo de Vida (ACV)** según las Reglas de Categoría de Producto (RCP).
- b) Elaboración de un **Informe de Proyecto** para verificación por entidad acreditada.
- c) Elaboración de una **Declaración Ambiental de Producto de la construcción (DAPc)** en el marco de un programa nacional o internacional.
- d) **Verificación de la DAPc** por organismo verificador acreditado.
- e) Obtención del **registro y etiqueta para BIONICTILE®** que permita ser utilizado y valorado por los operadores y partes interesadas en la SOSTENIBILIDAD EN LA EDIFICACIÓN. El diseño de productos cerámicos ha evolucionado en los últimos años hasta un nivel óptimo de realización, posibilidades, recursos técnicos y múltiples aplicaciones... pero sin tener en cuenta, en la mayoría de casos, el factor ECODISEÑO.

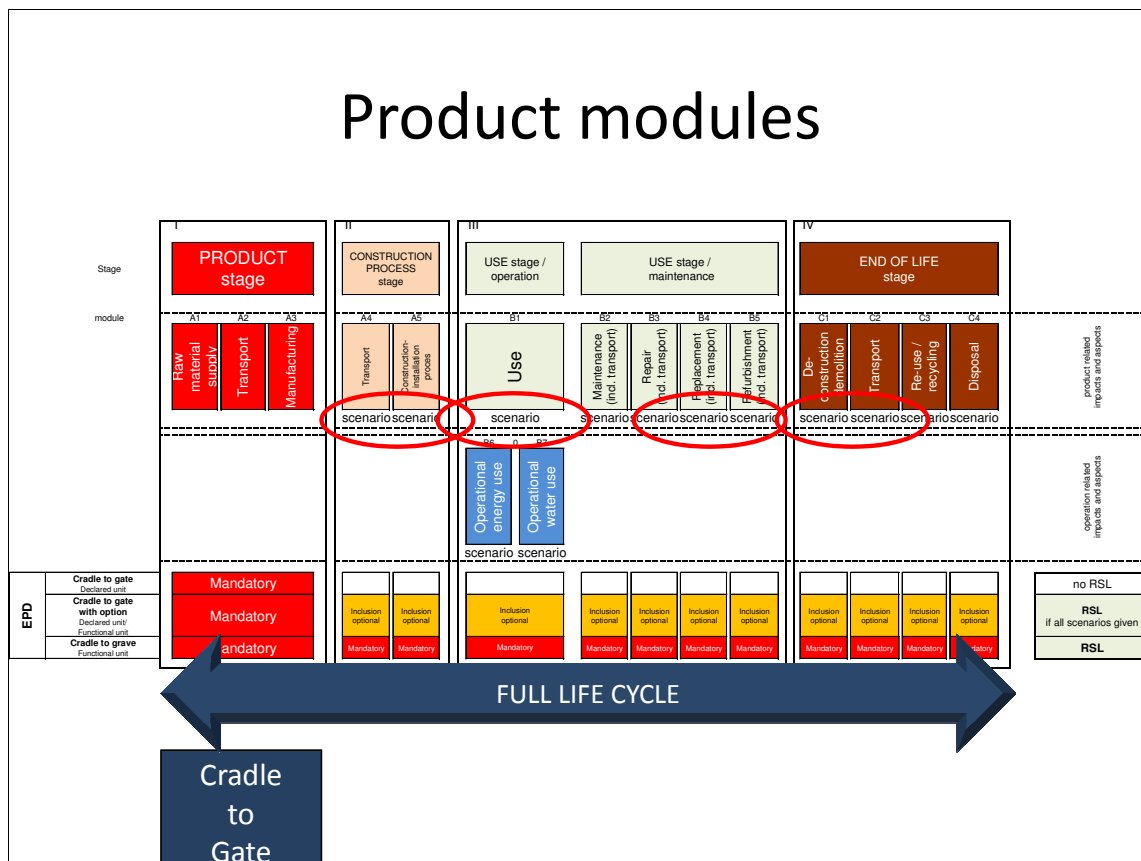


Figura 11.

## 7. PROPIEDADES POR INVESTIGAR - BENEFICIOS POR CUANTIFICAR

El estado del arte de las propiedades fotocatalíticas del  $\text{TiO}_2$  indica que éstas van más allá de la reducción de los  $\text{NO}_x$ ; se menciona en la bibliografía propiedades de reducción de otros contaminantes como los compuestos orgánicos volátiles (COVs), así como propiedades bactericidas y fungicidas.

Desde el equipo del proyecto se realiza un seguimiento de los documentos de trabajo del ISO-TC 206 "Fine ceramics" que está elaborando métodos de ensayo internacionales para:

- **ISO/CD 22197-2:** Test method for air purification performance of semiconducting photocatalytic materials – **Part 2: Removal of acetaldehyde.**
- **ISO/CD 22197-3:** Test method for air purification performance of semiconducting photocatalytic materials – **Part 3: Removal of toluene.**
- **ISO/WD 22197-4:** Test method for air purification performance of semiconducting photocatalytic materials – **Part 4: Removal of formaldehyde.**
- **ISO/WD 22197-5:** Test method for air purification performance of semi-

conducting photocatalytic materials - **Part 5: Removal of methylmercaptane.**

- **ISO/FDIS 27447:** Test method for **antibacterial activity** of semiconducting photocatalytic materials.
- **ISO/WD 13125:** Test method for **antifungal activity** of semiconducting photocatalytic materials.

En un medio urbano, este producto es capaz de **eliminar hidrocarburos** presentes en el aire.

También **degrada los compuestos orgánicos volátiles** contenidos en pinturas y plásticos del mobiliario urbano.

En aplicaciones interiores, viviendas y oficinas, se puede utilizar como **tratamiento y desinfección del aire.**

Posee un **efecto bactericida** por su pH ácido superficial.

## 8. CONCLUSIONES

La cerámica no deja de ser un elemento estático, pero pensemos en la reflexión hecha anteriormente de poder **convertir los edificios en árboles y las ciudades en bosques de azulejos** que hagan una función continua de descontaminación. Esto supone un cambio, una revolución a favor del medioambiente y de la mejora de la calidad de vida.

Los productos **BIONICTILE®** by CERACASA abren una nueva forma de proyectar la arquitectura sostenible del siglo XXI con el uso de materiales **ecodiseñados y ecoeficientes**, puesto que nuestra responsabilidad con el medio ambiente debe adquirir, cada día, una mayor importancia.

**La especialización, la investigación y la innovación son parte importante de nuestra filosofía de empresa, pero el adquirir un serio compromiso con el Medio, diseñando y desarrollando materiales sostenibles, prevalece por encima de todo.**



Figura 12.

## 9. CERTIFICADOS

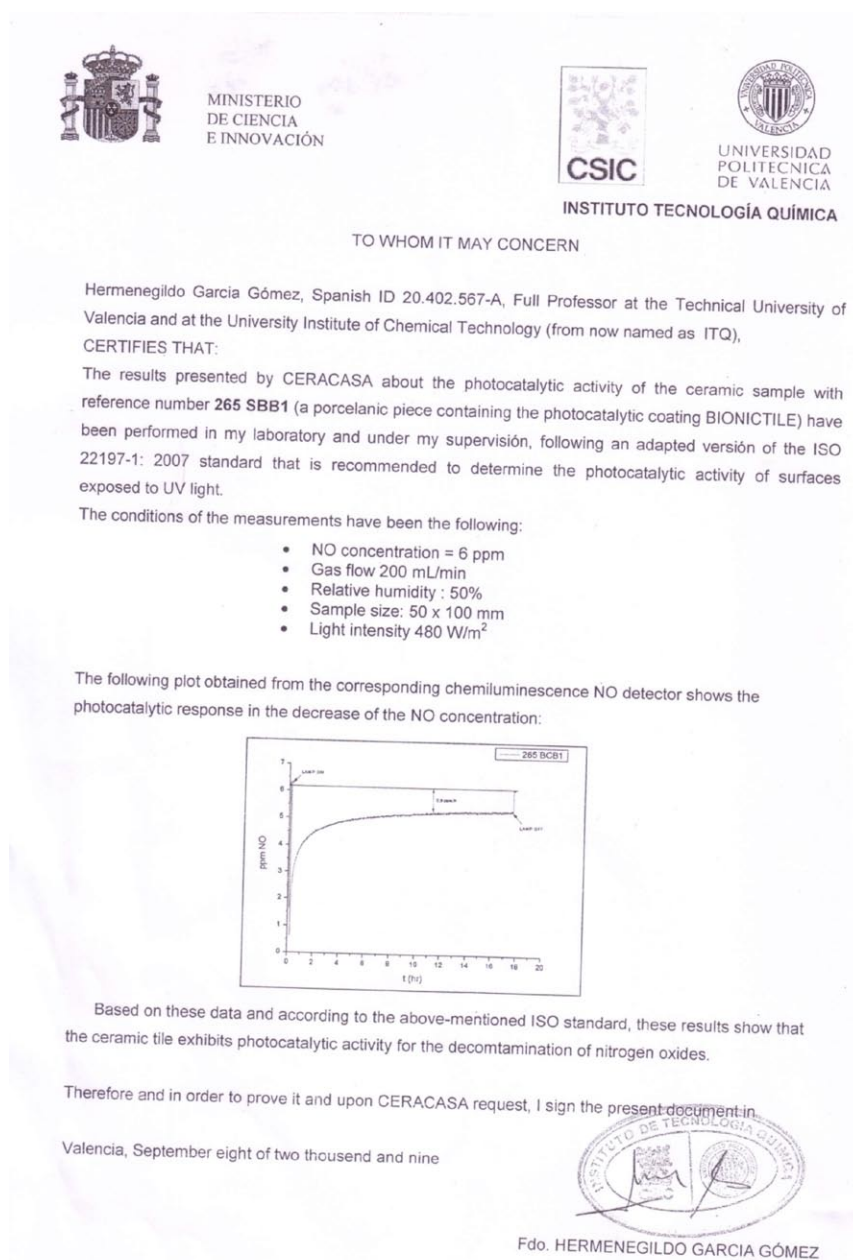


Figura 13.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] "Reducción Catalítica de NO<sub>x</sub> con PT soportado sobre zeolitas MFI Modificadas con Cu, CO, Fe, Mn" **Sarah Briceño y Héctor del Castillo 2008.**
- [2] **Canfield A.C. "Efectos de Diesel Emulsión de agua de combustión del motor diesel en emisiones de NO<sub>x</sub>" Universidad de Florida 1999.**
- [3] **H. Shelton Environmental Engineering World 27 nov 1996.**
- [4] **H. Bosch and F. Jannssen Catal Today 2 , 369 1988.**

- [5] "Plantas amigas de interior. 50 plantas de interior que purifican el aire del hogar y la oficina" **B.C. WOLVERTON.**
- [6] Hojas de datos EPA. **Técnicas de control de contaminantes de datos. Óxidos de Nitrógeno.**
- [7] "Process Anylycer Technology" **de Kenneth J. Clevett Cap 13-10.**
- [8] **www.ison21.es "Una ciudad Holandesa pone a prueba un adoquín que purifica el aire".**
- [9] Sustainability of construction works – Assessment of environmental performance of buildings – Calculation methods **(CEN/TC 350 WG1).**
- [10] Sustainability of construction works – Assessment of environmental performance of buildings – Calculation methods **(CEN/TC 350 WG1).**
- [11] Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Product ategory rules **(CEN/TC 350 WG3).**
- [12] Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Communication formats **(CEN/TC 350 WG3).**
- [13] Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Methodology and data for generic data .