

Incorporación de nanomateriales en el concreto fotocatalítico para la reducción de NOX y CO₂

FUENTES, Teresa*†, VAZQUEZ, Cristofer y VAZQUEZ, Kevin

Recibido Julio 20, 2016; Aceptado Septiembre 24, 2016

Resumen

En el presente estudio se aborda la incorporación de los materiales nanométricos de dióxido de titanio en una matriz de concreto, estos nanomateriales se adicionaron de manera superficial y como ingrediente activo en el concreto, es decir como aditivo para evaluar sus propiedades autolimpiantes. Dado lo anterior, para comprobar las propiedades autolimpiantes y resistentes que aporta el dióxido de titanio (TiO₂) se realizaron pruebas de difracción por (DRX) y microscopía electrónica de barrido (MEB), se realizaron pruebas de resistencia a la compresión y favoreciendo la degradación de los materiales contaminantes.

Concreto fotocatalítico, contaminación, fotoquímica y dióxido de titanio

Abstract

This work is about nanometric materials incorporation in concrete using titanium dioxide, this materials has been incorporated like additive and on the concrete mix to evaluate his autocleaning properties.

Due to, the techniques used were X-ray diffraction XRD, scanning electron microscopy SEM, strength resistance compressive and analyse degradation of contaminants on air.

Concrete photocatalytic, pollutions, photochemistry and titanium dioxide

Citación: FUENTES, Teresa, VAZQUEZ, Cristofer y VAZQUEZ, Kevin. Incorporación de nanomateriales en el concreto fotocatalítico para la reducción de NOX y CO₂. Revista de Energía Química y Física 2016, 3-8: 50-56.

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: mayte_fr@yahoo.com.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

El proceso de fotocatalisis es de gran interés para los procesos biológicos y ambientales.

Debido a que este proceso es comparado de manera directa con la fotosíntesis, sin embargo, existe una diferencia específica que consiste en que la fotosíntesis de las plantas transforma el dióxido de carbono en oxígeno.

Mientras que la fotocatalisis gracias a la energía procedente de la luz, descomponen más rápidamente los agentes contaminantes por lo que acelera los procesos de oxidación que naturalmente son más lentos (Nuñez et al).

La Figura 1 (a) y (b) muestra claramente la diferencia entre ambos procesos.

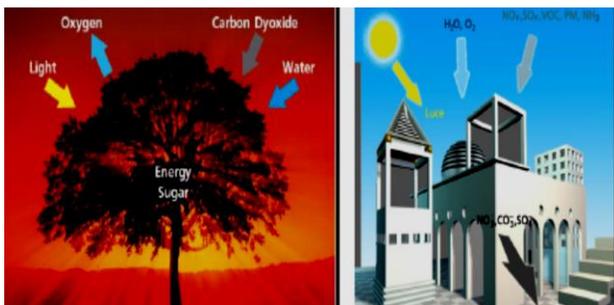


Figura 1 (a) Fotosíntesis y (b) fotocatalisis (Nuñez)

La fotocatalisis ha desempeñado un papel muy importante para estos procesos, en un equilibrio ambiental.

Actualmente, la industria de la construcción ha tenido desarrollos innovadores y tecnológicos en las dos últimas décadas, buscando un beneficio para mejorar la calidad de vida del ser humano.

Los efectos autolimpiantes gracias a la fotocatalisis están suficientemente documentados y probados, pero se hace necesario mejorar su efectividad, para ello se hace necesario el estudio de distintos parámetros que se puedan modificar, como mejorar la activación del óxido de titanio, aproximándola más a la radiación visible, mejorando el material de soporte, en este caso cemento, por ello se probaran las propiedades autolimpiantes en distintos morteros de cemento, así como acabados superficiales (Cortés, et al).

Lo que se pretende en la construcción, con este tipo de materiales fotocatalíticos, es conseguir sistemas de acabado a los edificios y accesos viales, por ejemplo; suelos, fachadas o banquetas etc.

Con capacidades autolimpiantes y si puede ser descontaminantes, de manera que el mantenimiento de las mismas se reduzca en gran medida, manteniendo su aspecto prácticamente inalterado a lo largo del tiempo, consiguiendo ahorrar gran cantidad de dinero en costes de conservación y reposición.

Por otro lado también se ha demostrado con diferentes estudios que la utilización del TiO_2 , consigue reducir en parte la concentración de ciertos contaminantes contenidos en el aire, por los que en grandes ciudades muy industrializadas y con gran cantidad de tráfico, los niveles de NO_x , VOC , CO_2 , SO_2 , O_3 .

Desarrollo Experimental

Se realizaron síntesis por el método sol-gel de dióxido de titanio nanométrica y con área superficial modificada con el Pluronic F-127.

Posteriormente se realizaron especímenes de forma cubica con dimensiones de 50 x 50 mm, de acuerdo con la norma NMX – ONCCE-414. A los cuales se les incorporaron cada una de las síntesis de dióxido de titanio. Las técnicas de caracterización que se realizaron a las síntesis y los especímenes cúbicos fueron microscopia electrónica de barrido y difracción de rayos X y solo para los especímenes cúbicos resistencia a la compresión y pruebas de degradación utilizando azul de metileno.

Resultados

Caracterización de la síntesis de TiO₂

El análisis de Difracción de Rayos X (DRX o XRD) general para de identificación de fase/composición distingue los compuestos mayores, menores, y de traza presentes en una muestra. Los resultados comúnmente incluyen el nombre (común) de la sustancia, su fórmula química, sistema cristalino, y numero de patrón de referencia de la Base de Datos ICDD. A continuación se presenta los datos y un difractograma con marcadores de patrones de referencia para la comparación visual.

A continuación se muestra en la Gráfico 1 el patrón de difracción del dióxido de titanio TiO₂ cuyas características son significativas son en el ángulo 25, 37, 48, 54,56, 63, 69,72 y 80 2θ el pico característico a la fase mineralógica anatasa con estructura cristalina ortorrómbica.

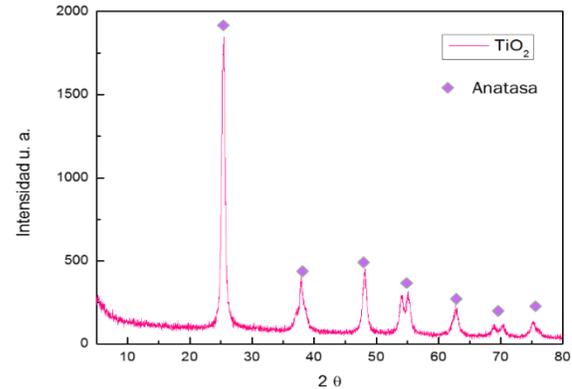


Gráfico 1 Difractograma del dióxido de titanio

En la Figura 2, se observa la morfología de la síntesis de dióxido de titanio, mostrando nanopartículas semiesféricas aglomeradas, dada su naturaleza, se unen de esa manera por ser un material nanoestructurado.

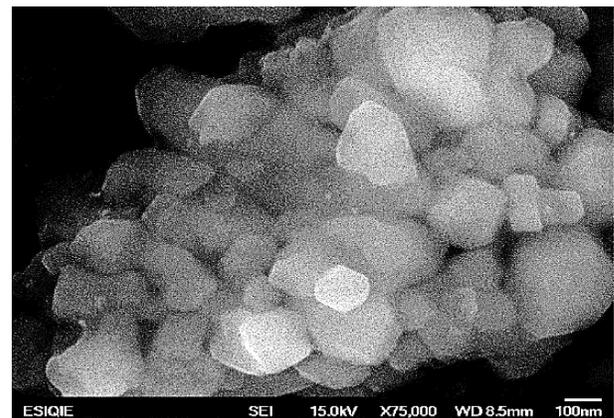


Figura 2 Micrografía del dióxido de titanio

Las Figuras 3 y 5 muestran la morfología de las síntesis modificadas con Pluronic F-127. Se observa claramente el aumento de tamaño de partícula debido a la acción del agente surfactante, así como la porosidad en las partículas, esto favorecerá durante la incorporación de estos nanomateriales dentro de la matriz de concreto.

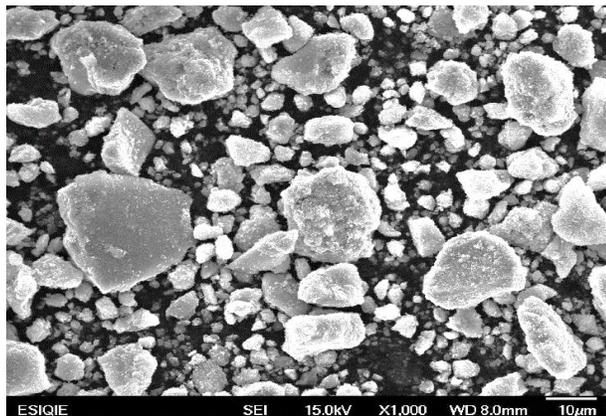


Figura 3 Micrografía del dióxido de titanio modificado con Pluronic F-127

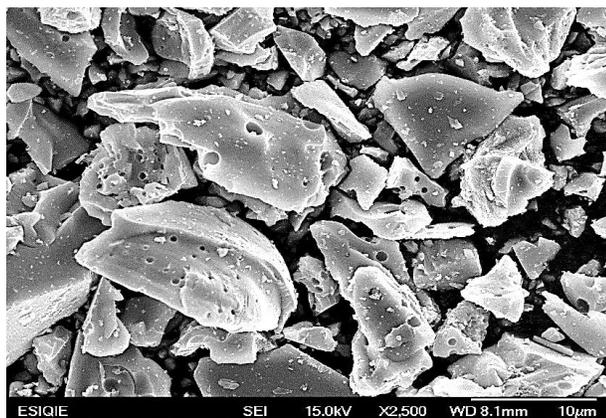


Figura 4 Micrografía del dióxido de titanio modificado con Pluronic F-127, mostrando los poros en las partículas

Caracterización de los especímenes cúbicos

Para el concreto de referencia es importante resaltar que en el proceso “natural” de hidratación del cemento, es decir cuando éste se moja para endurecerse y formar concreto, se favorece la transformación de Alita en Belita, sólo que este cambio ocurre en los primeros meses de fraguado y que se acrecienta aún más con los años.

La Belita es la fase cristalina responsable del aumento en la resistencia a la compresión del concreto.

Es importante comprender la mineralogía del concreto se basa generalmente en el cemento ya que es la base ligante en este tipo de materiales, la composición mineralógica típica de los cementos es: 50-70% Alita, 15-30% Belita, 5-10% Celita y 5-10% Felita. Existiendo otras fases mineralógicas minoritarias como son: sulfatos alcalinos, óxido de magnesio y óxido de calcio (cal libre).

En el patrón de difracción que se muestra en el Gráfico 2, se pueden observar las fases alita tricilina, belita β y en la superficie los picos de la fase anatasa correspondiente al dióxido de titanio.

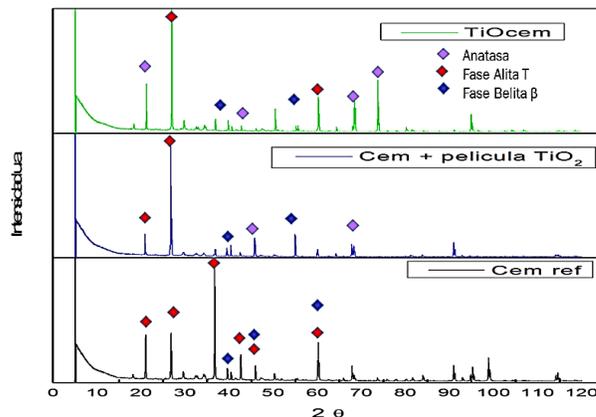


Gráfico 2 Difractograma del dióxido de titanio y los especímenes con el dióxido de titanio como aditivo y como ingrediente

En la Figura 5, 6 y 7 se muestran los mapeos por elemento de los especímenes cúbicos.

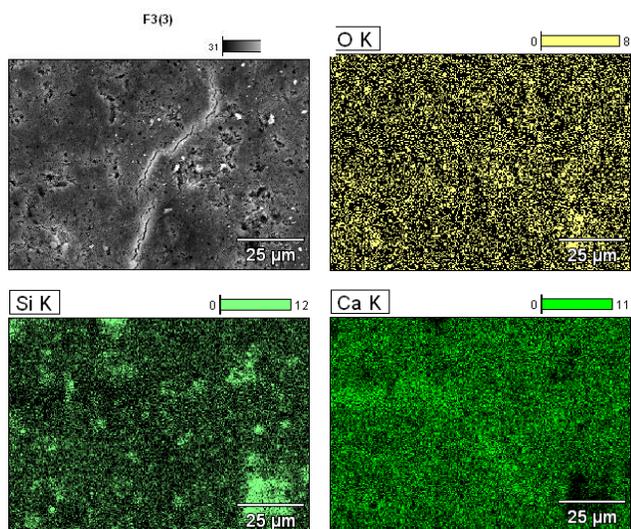


Figura 5 Mapeo por elementos de los especímenes cúbicos sin incorporación de nanomateriales

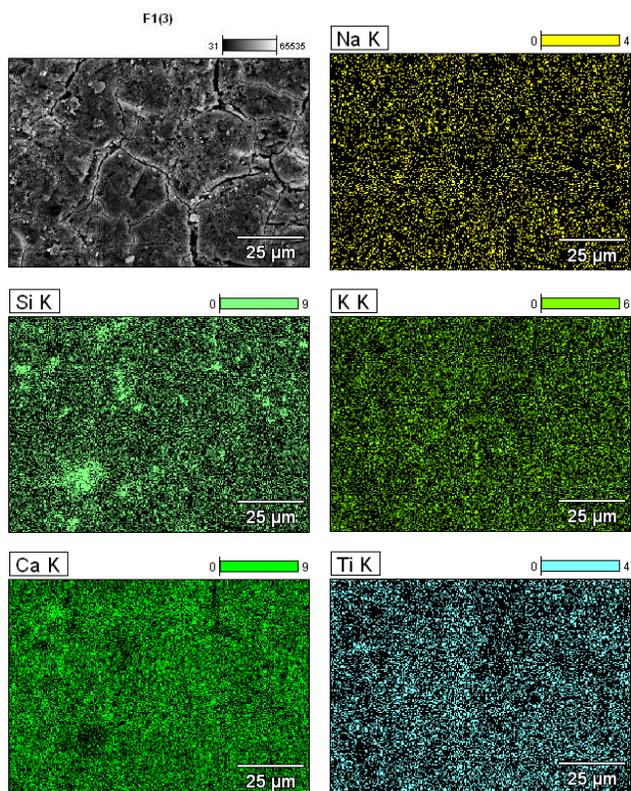


Figura 6 Mapeo por elementos de los especímenes cúbicos con incorporación de nanomateriales en la parte superficial

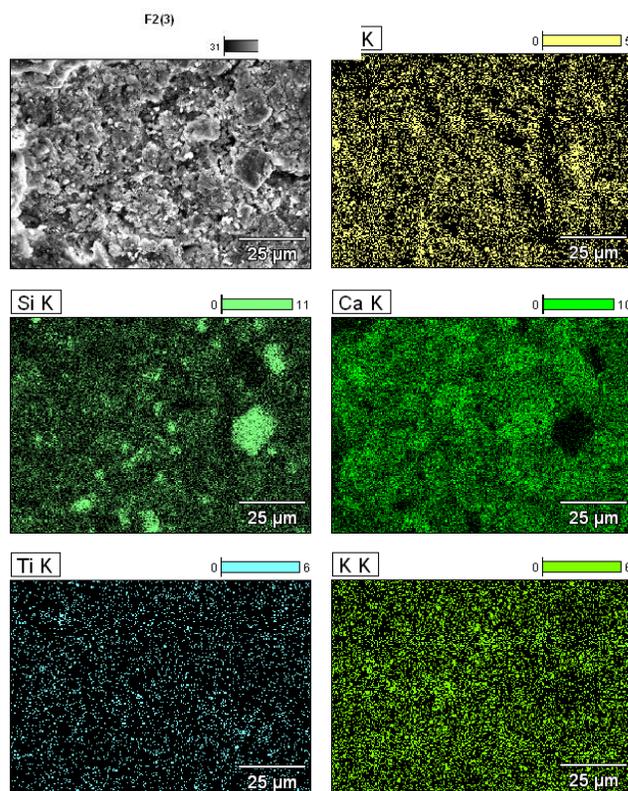


Figura 7 Mapeo por elementos de los especímenes cúbicos con incorporación de nanomateriales en la mezcla de concreto

Para estos especímenes se observa la presencia de calcio y silicio debido a que son los principales constituyentes del cemento, y la cantidad de titanio depende de la forma de incorporación en el concreto.

En el Gráfico 3 se muestra la resistencia a la compresión de los diferentes concretos fotocatalíticos donde se evaluaron los materiales que fueron modificados en su resistencia a la compresión donde este parámetro es indispensable para la construcción ya que esta prueba determina indirectamente la durabilidad de los materiales.

Se puede observar cómo va evolucionando la resistencia a la compresión de los diferentes especímenes con respecto al tiempo de fraguado.

Se puede apreciar que entre los especímenes que contienen dióxido de titanio de manera superficial (Cem + Rec TiO₂) que presenta una mejora significativa en comparación con el espécimen como aditivo (Cem+ Ad TiO₂) esto es un hallazgo significativo para dichos materiales.

Debido a que el dióxido al estar sobre la superficie del material es más eficiente ya que incrementa la resistencia a la compresión y se espera que tenga mayores propiedades autolimpiantes por el aprovechamiento del área superficial.

El contenido de dióxido de titanio como aditivo en la gráfica presenta menor resistencia, la cual es aún más elevada que un concreto sin el dióxido de titanio presente podría ser también una opción para mejorar el medio ambiente.

Dados estos resultados la mejor presentación del TIOCEM (nombre comercial que adapta esta invención) para influir en elevar una alta resistencia a la compresión es como recubrimiento superficial.

Esto puede ser aplicada como sellador o pintura sobre la superficie del concreto.

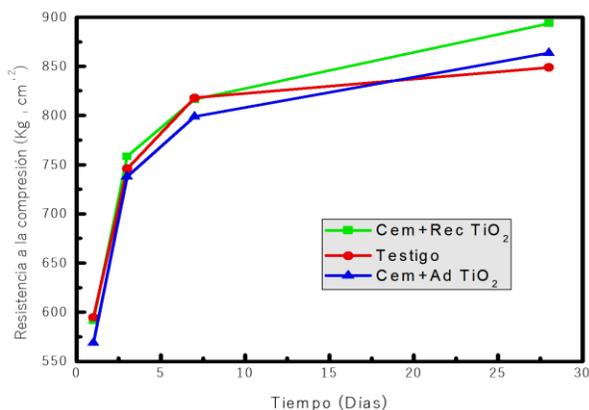


Gráfico 3 Gráfica de la resistencia a la compresión de los diferentes lotes de concreto

El ensayo de autolimpieza mostrado en la Figura 8 se realizó de la siguiente manera:

Se aplica con una pequeña brocha en el centro de las probetas cubicas el colorante para conseguir una zona delimitada donde aplicarlo el centro del espécimen, dejándola secar durante un día. Una vez seca la disolución, se introducen las probetas durante 4 horas en un desecador donde se mantienen las condiciones de humedad y temperatura constantes, esta urna a su vez se tapa para protegerla de la posible radiación solar. Trascorridas las 4 horas el espécimen cubico se somete a condiciones de 20 °C y 70% de humedad HR durante 24 horas en la que se las irradia con luz UV-A de 3,75 w/m² ± 0,25.

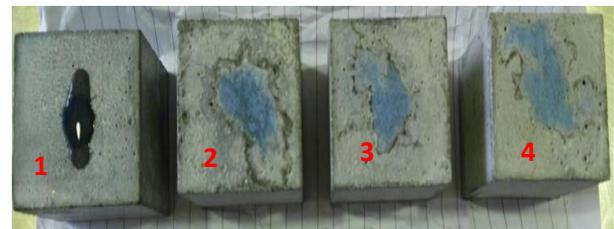


Figura 8 Especímenes cúbicos antes de ser sometidos a la radiación UV 1) espécimen de referencia, 2) espécimen con un recubrimiento superficial de TiO₂, 3) espécimen con recubrimiento superficial de TiO₂ y 4) espécimen con TiO₂ como aditivo

Los especímenes fueron expuestos a la radiación UV durante un periodo de 4 h, en los cuales se puede apreciar que el colorante azul de metileno se fue decolorando. Esto significa que de acuerdo con Rodriguez [2] para que un material sea considerado fotocatalítico la degradación del azul de metileno se debe evidenciar a las 4 horas, lo cual sucedió con todos los especímenes que tienen presente el dióxido de titanio tanto en la superficie como en aditivo.

Esta información en conjunto con la resistencia a la compresión se puede reunir evidencia que el TIOCEM puede estar en ambas presentaciones, es decir como pintura o sellador y como aditivo para concreto. Esto va a diferir dependiendo de su aplicación.

Agradecimiento

A la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez por su apoyo brindado en la elaboración de esta investigación. Al COMECyT por su apoyo brindado. Al Instituto Politécnico Nacional-Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas por el apoyo brindado con sus equipos. A la empresa Grace por prestar sus instalaciones para la elaboración de los especímenes cúbicos.

Conclusiones

El utilizar materiales nacionales para la fabricación de un concreto fotocatalítico, permite al país innovar en la tecnología fotoquímica en la construcción mexicana. El método sol-gel es el método más económico y sencillo para realizar la síntesis de dióxido de titanio. El contenido de dióxido de titanio como aditivo presenta menor resistencia, la cual es aún más elevada que un concreto sin el dióxido de titanio presente podría ser también una opción para mejorar el medio ambiente.

De acuerdo con los resultados de resistencia a la compresión como recubrimiento superficial es recomendado para aplicarse en la superficie de concreto.

Las pruebas de autolimpieza aportan que para poder comercializar el TIOCEM, puede estar dos presentaciones como pintura o sellador y como aditivo para concreto. Esto va a diferir dependiendo de su aplicación.

Referencias

Cortés, C., Cadenas, J. M., Pérez, A., Costa, A., Santiago, J. G., Irusta, R. y Potti¹⁰, J. J. (2011). Aplicación de Nanomateriales Activos en el Aglomerado Asfáltico para la Reducción de Gases de Combustión.

Fujishima, A., Zhang, X., & Tryk, D. A. (2008). TiO₂ photocatalysis and related surface phenomena. *Surface Science Reports*, 63(12), 515-582.

Garcés Giraldo, L. F., Franco, M., Alejandro, E., & Santamaría Arango, J. J. (2012). La fotocatalisis como alternativa para el tratamiento de aguas residuales.

Juan Peña. Apuntes curso Nuevos materiales de construcción Curso, 2007/2008, E.U. Politécnica de Cuenca.

López Fajardo, P.(2008). Preparación de Películas de Oxido de Titanio por CVD y Evaluación de sus Propiedades Fotocatalíticas (Tesis Doctoral).

Núñez Padilla, A. M. (2012). TX Active: principio fotocatalítico contra la contaminación. Ejemplos de edificios construidos.

Rodríguez García, J. R. (2012). Morteros fotocatalíticos: análisis de su autolimpieza en función del tipo de cemento y rugosidad superficial (Doctoral dissertation, Arquitectura_Tecnica).

Rodríguez, J., Gomez, M., Ederth, J., Niklasson, G. A., & Granqvist, C. G. (2000). Thickness dependence of the optical properties of sputter deposited Ti oxide films. *Thin Solid Films*, 365(1), 119-125.