

# Análisis de conservación de la envolvente en viviendas del Centro Histórico de Cuenca, en base a tecnología fotocatalítica



*Analysis of the conservation of the enclosure in dwellings in the Historic Centre of Cuenca on the basis of photocatalytic technologies.*

Christian Marcelo Ullauri Vásquez.<sup>1</sup> & José Luis Solano Peláez.<sup>2</sup>

Recibido: 08-02-2021 / Revisado: 17-02-2021 / Aceptado: 08-03-2021 / Publicado: 05-04-2021

## Abstract.

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v4i2.1631>

**Introduction:** Buildings in the historic urban centers, are configured as a subject of particular relevance mainly in their conservation and regeneration strategies, for the cultural value they represent. **Objective:** Within this framework, a documentary analysis was carried out aimed at understanding the considerations of deterioration in facades due to pollution, climatic elements and external agents that would allow generating guidelines for a possible intervention plan. **Methodology:** In addition, the use of nanoparticles technology in photocatalytic materials as an alternative for pollution control was analyzed bibliographically; as a maintenance measure and element for the conservation of the heritage property through the application in the enclosure of adobe masons, thereby contributing to its sustainability, where the historic center of Cuenca was studied. Many and diverse pollutants affect the conservation of heritage good mainly at the level of the deterioration of their facades, where the abstract air is configured as one of the main

<sup>1</sup> Universidad Católica de Cuenca, Estudiante la Maestría Construcciones con mención en Administración de la Construcción Sustentable. Correo electrónico: christian.ullauri.05@est.ucacue.edu.ec, cristianullauri@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0001-5418-2282>

<sup>2</sup> Supervisor Industrial, Ingeniero Químico y Especialista en Docencia Universitaria por la Universidad Católica de Cuenca; Magister en Sistemas de Gestión Ambiental por la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE; estudiante de Doctorado en Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible de las Universidad de Cuyo - Argentina; Docente Investigador de la Universidad Católica de Cuenca; autor y coautor de artículos y libros, en el campo de la evaluación de impactos ambientales y manejo de residuos sólidos desde una visión de territorio. Correo electrónico: jsolano@ucacue.edu.ec <https://orcid.org/0000-001-8388-0338>

aspects, as well as climatic elements such as wind, rain and solar radiation. **Result:** The main results highlight the interactions, self-cleaning and air purification properties obtained through photocatalytic reactions in building materials containing Titanium Dioxide nanoparticles - TiO<sub>2</sub> as the main component of photocatalytic technology, since it has as a functional characteristic the one designed to reduce cleaning activities in buildings and to alleviate the pollution that has as a medium to the air. **Conclusion:** It is recommended at the end of this analysis to give continuity to the present approach that field interventions and experimentation can be made to check the benefits of technology.

**Keywords:** conservation, photocatalysis, nanoparticles, heritage, adobe masons.

### Resumen.

**Introducción:** Las edificaciones en los centros urbanos de carácter histórico, se configuran como un tema de especial relevancia principalmente en sus estrategias de conservación y regeneración, por el valor cultural que representan. **Objetivo:** En este marco, se realizó un análisis documental orientado a conocer las consideraciones del deterioro en fachadas a causa de la contaminación, elementos climáticos y agentes externos que permita generar lineamientos para un posible plan de intervención. **Metodología:** Por otro lado, se analizó de manera bibliográfica el uso de la tecnología de las nanopartículas en materiales fotocatalíticos como alternativa para el control de la contaminación; como medida de mantenimiento y elemento de cara a la conservación del bien patrimonial a través de la aplicación en la envolvente de mamposterías de adobe, y con esto contribuir a su sostenibilidad; en donde se tuvo como objeto de estudio al centro histórico de Cuenca. Muchos y diversos son los contaminantes que afecta a la conservación de los bienes patrimoniales principalmente a nivel del deterioro de sus fachadas, en donde el aire abstracto se configura como uno de los aspectos de principal relevancia, así como también los elementos climáticos como el viento, la lluvia y la radiación solar. **Resultado:** Como resultado principal se destaca las interacciones, las propiedades de autolimpieza y purificación del aire obtenidas a través de reacciones fotocatalíticas en materiales de construcción que contengan nanopartículas de Dióxido de Titanio - TiO<sub>2</sub> como principal componente de la tecnología fotocatalítica, ya que tiene como característica funcional la destinada a reducir las actividades de limpieza en los edificios y aliviar la contaminación que tiene como medio al aire. **Conclusión:** Es recomendable al final de este análisis para dar continuidad al presente acercamiento se pueda hacer intervenciones y experimentación en campo para comprobar las bondades de la tecnología.

**Palabras claves:** conservación, fotocatalisis, nanopartículas, patrimonio, muros de adobe.

## Introducción.

Al transcurso de los años la actividad humana se ha convertido en el principal responsable de la producción de sustancias contaminantes que afectan a los ecosistemas y a la conservación de los bienes inmuebles en general. En España, el 34% de las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) provienen del tráfico; además de este, los contaminantes atmosféricos con mayor impacto sobre la salud son las partículas en suspensión (PM) que emiten los automóviles y la industria, junto al dióxido de azufre (SO<sub>x</sub>) de los combustibles fósiles y el diésel. (Faraldos, 2012)

Hay dos clases de efectos producidos por el intenso tráfico en las ciudades patrimoniales, uno de ellos tiene que ver con los daños físicos, y el otro con el deterioro de la habitabilidad de la Ciudad Histórica. En el primer caso los contaminantes procedentes de los motores de automóviles causan agresión física a los edificios históricos por la acción de los óxidos de nitrógeno, carbono y azufre en las emisiones de la combustión de hidrocarburos (Figura 1) estos compuestos actúan como catalizador que intensifican la acción química del agua. Entre los daños físicos producidos en los edificios históricos están considerados problemas como: exfoliación de pintura, costras oscuras, desprendimientos por capas, entre otros. (Moscoso Cordero, 2012).



(a) Ejemplos de fachadas de edificios en El Cairo, (b) Ejemplos de fachadas de edificios en Beirut, Líbano

**Figura 1** Ejemplos de fachadas de edificios deteriorados por CO<sub>2</sub>

**Fuente:** (Mansour & Al-Dawery, 2018)

Por otro lado, el patrimonio edificado se configura como una tradición histórica adoptada por nuestros antepasados, y que engloba identidad y cultura, razones por las cuales debe ser estudiado, valorado y conservado; esto incluye el reconocer que las edificaciones históricas están expuestas a constantes amenazas que causan su deterioro (Silva Pérez & Fernández Salinas, 2017).

A nivel nacional el tema de conservación ha sido básico, es así que al momento de la búsqueda de información por parte de los organismos competentes esta resulta incompleta o parcializada al control de la construcción en las zonas delimitadas como patrimoniales. Es así, que en los inventarios no se establecen los mecanismos y las causas que generan los daños en edificios históricos, y la información sobre los cambios o afectaciones en las edificaciones patrimoniales a lo largo del tiempo no es profunda ni responde a una

planificación (Proyecto vlrCPM, 2009), debido en gran parte a la falta de experiencia y de formación sólida de los evaluadores o inspectores de la entidad de control ya que no cuentan con una especialización en el área de conservación, lo que ha generado informes generales y subjetivos.

Así también, se destaca la falta de organización y sistematización del inventario de daños, por parte de los organismos competentes, que es sinónimo de la poca atención y hasta cierto punto desvaloración de lo patrimonial en relación con los materiales de las edificaciones, principalmente en el Centro Histórico de Cuenca. (Achig et al., 2013).

De forma puntual, entorno a esta temática la conservación y mantenimiento de la envolvente en las fachadas es uno de los factores más afectados, en los bienes patrimoniales de la ciudad de Cuenca especialmente en el centro histórico a causa de las emisiones de CO<sub>2</sub> y son un serio problema identificado para la administración pública, por lo que es conveniente y urgente plantear alternativas de solución que contrarresten el impacto generado, ante el crecimiento del parque automotor, que se proyecta de principal relevancia a corto y largo plazo. (Moscoso Cordero, 2012).

En este marco, el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, (COOTAD), y de acuerdo a lo dispuesto en la Constitución de la República del Ecuador de 2008, ratifica el ejercicio de la tutela estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación (artículo 136); y en los artículos 83 y 395 ratifica esta posición desde el reconocimiento de un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso con la diversidad natural y cultural. Así como la protección y promoción de la diversidad cultural y el respeto a sus espacios de generación e intercambio; la recuperación, preservación y desarrollo de la memoria social y el patrimonio cultural. (Constitución de la República del Ecuador, 2008) Es por ello que particularmente, las actividades antropogénicas se encuentran encasilladas en el Ámbito Socio – Cultural y hacen referencia a los temas de regeneración como una medida de mantenimiento de las edificaciones, implicando agresión considerable a los materiales en el marco de que no se utilizan con los mismos componentes, el apego a las normas de actuación vigente y los principios internacionalmente aceptados, así como por el hecho del intensivo ejercicio de intervenciones. (By et al., 2011)

Desde lo social el uso, cambio y regeneración debe ser incluido, puesto que, al encontrarse en un polo de desarrollo comercial, por ejemplo, las edificaciones usualmente no se encuentran habitadas, y son utilizadas para actividades de venta de ropa y comida. En contraste a esta situación, el abandono también puede ser una causa que deriva en efectos adversos, y a su vez, es un factor de incidencia por propiciar el deterioro acelerado de los materiales. Finalmente, el vandalismo llega a consumarse a través de actos de destrucción directa del bien, con temas de grafitis y pintadas sobre los muros, que, dependiendo del tipo de material, derivará en niveles de deterioro. (By et al., 2011).

Conociendo que las técnicas de construcción con barro datan de hace más de 900 años (Mike 2011). Alrededor de 1940, la influencia del movimiento moderno en la arquitectura

llegó a Cuenca a través del uruguayo Gilberto Gatto Sobral, quien es el autor del Palacio Municipal, así como del Plan Regulador de Cuenca en 1948. En esta época, varias edificaciones del centro de Cuenca fueron sustituidas por las modernas, acorde con las nuevas necesidades de la sociedad. (Achig et al., 2013)

Hoy en día, en el Centro Histórico de la ciudad de Cuenca, declarado por la UNESCO en 1999 como Patrimonio Mundial de la Humanidad, la mayoría de sus edificaciones patrimoniales son construidas de tierra (adobe) y de acuerdo a los datos de inventario a nivel de registro (I. Municipalidad de Cuenca, 2010) del total de edificaciones inventariadas, el 43,2% corresponde a fachadas de adobe y el 18,2% tiene como estructura muros de adobe. La conservación de edificios patrimoniales implica la conservación de la materia, pues el valor tecnológico y la autenticidad están determinados por ésta. Es por esta razones que debe ser objeto de estudio para la conservación de su muros que dan mayor valor a las edificaciones patrimoniales (Achig et al., 2013).

El material con el que se fabrica el adobe es básicamente una mezcla de tierra seleccionada, agua y fibras. La tecnología varía de acuerdo a las costumbres y capacidades locales. Para fabricar adobes es recomendable el uso de tierra areno-arcillosa con poco limo. Adicionalmente, se utilizan otros materiales como fibras vegetales (paja), estiércol y/o pelos de animal para evitar la fisuración por secado. Experimentalmente, en Cuenca se han realizado varias pruebas para medir la resistencia a la compresión de adobes y se ha obtenido  $1 \text{ Mpa} = 10 \text{ kg cm}^{-2}$  (Gómez-Villalba et al., 2010)

En esta marco el presente estudio se plantea como objetivo establecer lineamientos desde las experiencias en localidades similares, para fines de control y monitoreo de las fachadas de los edificios patrimoniales del Centro Histórico de Cuenca sobre los muros (mampostería) de adobe, con el uso de la nanotecnología la cual aporta a la ciencia de la conservación del patrimonio cultural, a través de nuevos productos que mejoran las propiedades de protección y consolidación de los materiales, con ventajas muy superiores a otros tratamientos tradicionales. (Gómez-Villalba et al., 2010)

Es posible aplicar a las construcciones existentes, históricas o patrimoniales, nano productos que tienen la capacidad de transformar las superficies normales en “inteligentes” que como resultado disminuye los costos de mantenimiento y se reduce muy significativamente el impacto ambiental, desde lo experimentado (Molina-Prieto, 2016) y generado por el mantenimiento tradicional de las edificaciones. Investigaciones muy recientes llevadas a cabo en Bélgica, Grecia, Italia, Holanda, Irán, Jordania, México, Reino Unido, República Checa, Rumania, Qatar, Turquía y otros países, han demostrado la inmensa utilidad de la nanotecnología en el mantenimiento, la conservación y la restauración del patrimonio arquitectónico (Molina-Prieto, 2016).

## Metodología

Se parte de la idea que los datos bibliométricos publicados por Karaulova et al (2014) revelan que, tan solo en Rusia, las publicaciones anuales dedicadas a la nanotecnología pasaron de 250 en 1992, a más de cuatro mil quinientas en 2012, es decir, que el número

de publicaciones se incrementó en mil ochocientos por ciento durante un período de dos décadas

El presente estudio utilizó los métodos de revisión sistemática de literatura (RSL) que se ha convertido en una metodología importante dentro de la investigación. Las revisiones sistemáticas de literatura (RSL) también referidas como revisiones sistemáticas, simplemente, tienen como objetivo identificar, evaluar y combinar la evidencia de estudios primarios. (Carrizo & Moller, 2018)

Por ende, se analizó bibliografía sobre experiencias en el uso de nanotecnología con Dióxido de Titanio (TiO<sub>2</sub>) como revestimiento final en edificaciones antiguas y orientarlo como una novedosa propuesta para la conservación de las mamposterías de adobe revestido en el Centro Histórico de Cuenca.

La conservación es una actividad cultural que cuenta con metodologías, estrategias y tecnológicas, que contribuye a la preservación de un edificio para reducir la velocidad de su deterioro, sin embargo; la intervención debe respetar los valores históricos, documentales y estéticos del edificio (Henriques et al., 2007). La palabra deterioro tuvo su origen etimológico en el latín “*deteriorare*”, derivado del adjetivo “*deterior*” con el significado de “peor”. Luego, el deterioro es el desgaste que se produce por obra del uso, de fenómenos climáticos, accidentes, hechos voluntarios, o del paso del tiempo que afecta tanto a las cosas animadas como inanimadas. (*Deterioro*, n.d.)

A nivel nacional el Código Orgánico del Ambiente menciona la existencia del seguimiento y control sobre los impactos ambientales, desde un análisis e identificación integral de los mismos; así como también de las amenazas que representan ya sean estas que estén presentes o potenciales. (By et al., 2011)

Entre las causas externas fundamentales que influyen en el deterioro de las edificaciones se encuentran los de tipo físico; los provocados por el entorno natural, social/cultural, (Figura 2), como es el caso de los cambios ambientales producidos por la acción del medio agresivo y contaminante, que afectan al estado de conservación de los materiales constructivos viéndose en ciertos casos notablemente deteriorado. (By et al., 2011)

FACTORE DE INCIDENCIA		AMBITO	COMPONENTE
FACTORE DE INCIDENCIA	FÍSICO	Agentes Externos	Incidencia solar (radiación)
			Precipitación (frecuencia)
			Vientos (dirección)
			Temperatura
			Obras Públicas
	Agentes Internos	Humedad Relativa	
		Estado de Materiales	
		Estado del Sistema Constructivo	
	Agentes Ambientales	Químicos	
		Biológicos (flora)	
Catástrofe	Biológicos (fauna)		
	Contaminación Ambiental		
		Sismos	

<b>ENTORNO NATURAL</b>		Inundaciones
		Deslaves
		Erupciones Volcánicas
<b>SOCIAL / CULTURAL</b>	Sociales / Culturales	Regeneraciones
		Uso
		Abandono
		Vandalismo

**Figura 2** Factores de incidencia priorizados

**Fuente:** (By et al., 2011)

Con el pasar de los años se ha ido evidenciando los daños en las fachadas de las edificaciones, por ende, a la salud de las personas que interactúan en el centro de la ciudad, es por ello que surge la necesidad de realizar un trabajo de conservación y mantenimiento en las envolventes de estos bienes, entre las cuales se destacaba la técnica de jardín vertical, que se utilizan cada vez con más éxito en las obras arquitectónicas. Además, gracias a los avances en tecnología e ingeniería se trabaja en innovación de materiales en donde se destaca la importancia del dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) a través de sus nanopartículas  $\text{TiO}_2$ , como un componente de materiales de construcción y acabado, para pinturas de cemento y fachadas. (Rek-Lipczynska, 2019)

Uno de los problemas más comunes en el deterioro de las superficies de todos los bienes culturales realizados tanto en piedra como en morteros, enlucidos, madera, es el de la acción biológica y bacteriológica. Este tema ha sido abordado mediante la utilización de fotocatalizadores, es decir sustancias químicas capaces de reaccionar con la luz solar o ultravioleta y que a su vez actúan como germicidas, en donde el más destacado es el óxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ). (Gómez-Villalba et al., 2010)

Es así, que un nanomaterial se define como aquel material que posee unas características estructurales donde al menos una de sus dimensiones está en el intervalo de 1-100 nanómetros (un nanómetro es la millonésima parte del milímetro). Existen muchos ejemplos de nuevos materiales nanofásicos, y entre ellos puede mencionarse el nano- $\text{TiO}_2$  que al tener una mayor proporción de átomos superficiales presenta mejores propiedades catalizadoras que el meso- $\text{TiO}_2$ . Otros ejemplos son el nano- $\text{ZrO}_2$  y la nano- $\text{Al}_2\text{O}_3$  o los nanometales que son sensiblemente más duros que los meso-metales. (Investigaciones, 2008)

La importancia del dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) - nanopartículas de  $\text{TiO}_2$ , como componente de materiales de construcción y acabado, como cemento y pinturas para fachadas es muy importante ya que, durante el proceso de fotocatalisis en presencia de luz y oxígeno, las propiedades fotocatalíticas hacen que el  $\text{TiO}_2$ , bajo la influencia de la radiación UV y en compañía del agua de lluvia sobre la superficie del hormigón, aceleren la descomposición de sustancias nocivas, posteriormente, las partículas contaminantes que se depositan sobre la superficie pintada se oxidan y se transforman en sustancias inocuas. (Rek-Lipczynska, 2019),

## Elementos constructivos fotocatalíticos

Es así que existen varios tipos de elementos constructivos fotocatalíticos aplicados sobre infraestructuras urbanas como son los pavimentos bituminosos drenantes percolados con lechada fotocatalítica y cuyo objetivo es obtener una superficie de rodadura impermeable, que reduzca las concentraciones de gases contaminantes emitidas por el tráfico, de manera que se mejore la calidad del aire en el entorno de su aplicación. Su aplicación sobre los pavimentos de calles, aceras y carreteras (incluso carriles ciclistas) permite reducir la contaminación atmosférica en las losas fotocatalíticas para pavimentación de aceras, que se trata de un pavimento, normalmente de aceras peatonales, a partir de losas de hormigón descontaminante, de medidas y color a definir, que dota a la superficie exterior de un área ecoeficiente. (Faraldos, 2012)

Otro tipo de revestimiento de fachadas es con mortero fotocatalítico que consta de un mortero tradicional que incorpora un fotocatalizador con dióxido de titanio, y, finalmente las pinturas en polvo fotocatalíticas para envolventes metálicas de, entre otras, confieren al edificio una envolvente ecoeficiente capaz de adsorber y reducir los gases  $\text{NO}_x$  y disminuir el  $\text{HNO}_3$  (causantes de lluvia ácida) presentes en el aire. siendo importante porque en residuos inertes como nitritos y nitratos, que a la envolvente del edificio lo dota de una capacidad medioambiental activa. (Faraldos, 2012)

## Experiencias exitosas

Una de las experiencias más emblemáticas con el uso de cemento fotocatalítico y el más conocidos realizado con el uso de nanopartículas es la iglesia del Jubileo en Roma que se caracteriza por tres imponentes estructuras creadas con elementos de hormigón prefabricados con cemento fotocatalítico que simulan tres enormes velas blancas. La iglesia de Iesu, de Rafael Moneo, situada cerca del río Urumea, en el Donostiarra barrio de Loyola, constituye otro claro ejemplo del éxito en la durabilidad del cemento fotocatalítico, así como la Ciudad de la música y la Bellas Artes de Chambéry en Francia que se destaca ya que luego de ocho años de control los resultados han sido excelentes, también, ubicado en el centro de Roma, el túnel Umberto I es uno de los proyectos más brillantes, el túnel, de aproximadamente 348 m de largo, 17 m de ancho y 9 m de alto, estaba en malas condiciones realizando el mantenimiento de las bóvedas de 9000 m<sup>2</sup> fue recubierta con una pintura a base de cemento TX ARIA, instalando iluminación específica para aprovechar las prestaciones descontaminantes de TX ARIA.(Agust, n.d.)

Todo esto acompañado de campañas de medición dando como resultado que el tratamiento fotocatalítico de la bóveda del túnel es realmente efectivo y permite reducir el nivel de contaminación casi hasta condiciones del exterior para la ciudad de Roma, (Agust, n.d.)

## Resultados

Es por ello que el patrimonio, como silenciosa y monumental presencia está allí para exigimos permanente reflexión. De allí que preservar lo heredado, asumirlo y



reinventarlo, se confiere de un fuerte significado civil y establece parámetros para la inserción de lo contemporáneo con legitimidad en la historia de la ciudad y de su arquitectura.(El Mercurio, 2015)

La capacidad de eliminación de contaminantes en aire del proceso fotocatalítico, es bien conocida. En este sentido, el proceso fotocatalítico, emplea la radiación ultravioleta como fuente de excitación del catalizador (TiO<sub>2</sub>), sobre el que se adsorben distintos gases - oxígeno (O<sub>2</sub>), vapor de agua (H<sub>2</sub>O), y también las especies contaminantes del aire-, estos gases participan en distintas reacciones de oxidación- reducción capaces de degradar los contaminantes produciendo finalmente especies inocuas como CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O e iones inorgánicos. (Faraldos, 2012)

Frente a esta realidad las superficies de las fachadas de las casas del centro histórico que actualmente se encuentran en obras de renovación se podrían utilizar como planos utilizados con la ayuda de los últimos avances tecnológicos como es el caso de material con TiO<sub>2</sub> para los procesos de limpieza del aire ya que según Mansour los tratamientos tradicionales demuestran ser una pérdida de esfuerzo, dinero y tiempo. El método propuesto podría considerarse como un tratamiento económico sostenible para el control de la contaminación.(Mansour & Al-Dawery, 2018)

Es por lo que según Gómez-Villalba los resultados, presentados a lo largo del artículo, evidencian que el tratamiento de los edificios patrimoniales con nanocompuestos permite un mantenimiento más eficiente de los mismos, contribuye a su conservación y está generando novedosos y muy eficaces procesos para la restauración del patrimonio cultural material de la humanidad.(Gómez-Villalba et al., 2010)El tema de las fachadas en los edificios arquitectónicos del centro de la ciudad y las posibilidades de adaptación de estos espacios para la depuración del aire y la mejora de la calidad de vida de los residentes urbanos es un problema ampliamente discutido en el mundo de la ciencia. Las actividades de revitalización implementadas en el espíritu del desarrollo sostenible están actualmente correlacionadas con los desafíos de las medidas contemporáneas para proteger el patrimonio cultural. La comunidad científica conservadora relacionada con la protección del patrimonio cultural se está abriendo a nuevos problemas relacionados con la contaminación del medio ambiente urbano. Las nuevas doctrinas de conservación permiten actividades que modernizan el tejido histórico de la ciudad. Estas actividades están relacionadas con las necesidades dictadas por los nuevos estándares. El tema de la revitalización de las zonas urbanas deprimidas es multifacético. (Rek-Lipczynska, 2019)

Experimento	Horario	NO <sub>2</sub> Eliminado (µg/m <sup>3</sup> )	Eficiencia (%)
Experimento 1	11:00-12:00	7.776	9.853
Experimento 2	13:00-14:00	9.220	10.514
Experimento 3	12:00-13:00	8.779	10.319
Experimento 4	14:00-15:00	8.924	10.381

**Tabla 1.** Eficiencia Fotocatalítica

**Fuente:** (VARGAS, 2018)

Se ha demostrado que la superficie de TiO<sub>2</sub> que tiene la capacidad de auto-regenerarse; y con loe evaluó la degradación de los Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>) mediante la aplicación de pintura fotocatalítica usando nanopartículas de TiO<sub>2</sub>, el cual dio como resultado un 13,9 % en condiciones de laboratorio y en campo se obtuvo una degradación que va desde los 9.9 % hasta los 10.5 % en condiciones ambientales reales de la ciudad de Arequipa, estos resultados muestran que mediante la aplicación de pintura fotocatalítica se puede mejorar la calidad del aire, (Figura 3) ya que reduce los niveles de concentración en el aire de uno de los principales contaminante como lo son los NO<sub>x</sub> (VARGAS, 2018)

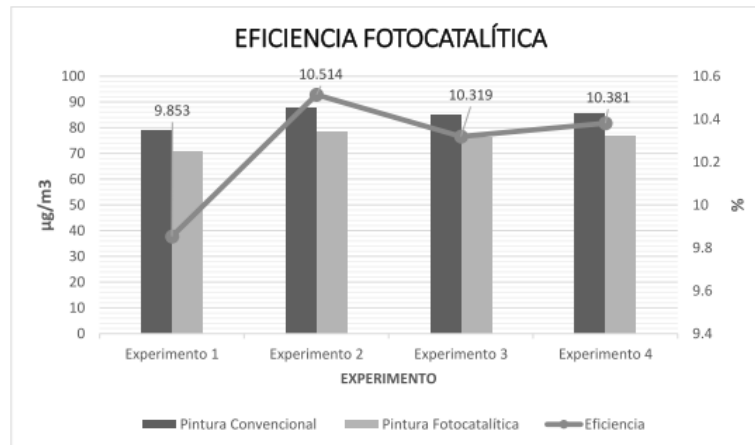


Tabla 2. Eficiencia Fotocatalítica

Fuente: (VARGAS, 2018)

Según Vargas, los resultados obtenidos en la ciudad de Arequipa sobre el uso de la pintura fotocatalítica en los diferentes ensayos in situ que se llevaron a cabo en diferentes horas del día donde la radiación alcanzó valores superiores a los 10 W/m<sup>2</sup>, para evaluar la eficiencia en la reducción de los niveles de concentración en el aire de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) por la actividad fotocatalítica (Tabla 3), de la pintura en condiciones ambientales reales de la ciudad.(VARGAS, 2018)

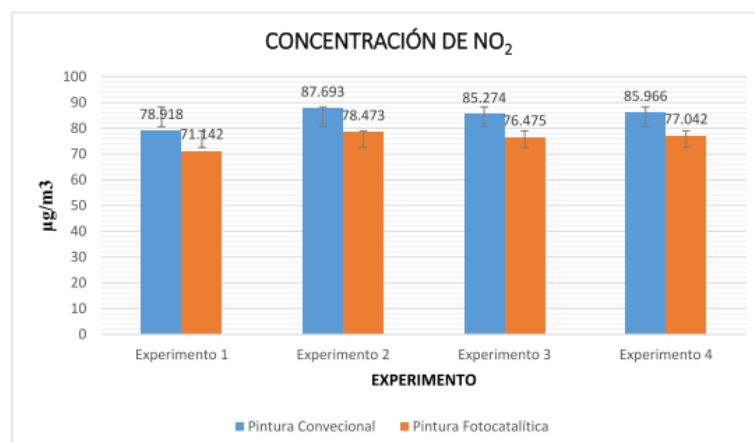


Tabla 3. Factores de Incidencia priorizados

Fuente: (VARGAS, 2018)

Según Pichat, P. (2012) en los últimos años, el empleo de  $TiO_2$  en materiales de construcción ha surgido como una prometedora aplicación para el desarrollo de infraestructuras y edificios más sostenibles. En este contexto, los cementos y otros materiales fotocatalíticos, bajo irradiación UV, poseen una cierta capacidad “auto-limpiables” y son capaces de degradar distintos contaminantes atmosféricos. Las ventajas de estos materiales son el aumento de la calidad del aire en el entorno y la mejora del aspecto visual de las infraestructuras disminuyendo, de este modo, la necesidad de mantenimiento de los materiales. (Faraldos, 2012)

En experimentos que se llevó a cabo en una vivienda ubicada en la periferia urbana de la ciudad de Granada utilizando cemento fotocatalítico con un clima mediterráneo-continental en el que se alternan épocas de temperaturas bajo cero con otras en las que se superan los 40 °C con lo que los materiales y sistemas de control de las condiciones internas de la vivienda se someten a un rango de acción muy amplio. Habiendo transcurrido casi dos años desde el final de la obra, el aspecto del revestimiento exterior de la vivienda sigue siendo excelente. (Torres, n.d.)

## Conclusiones

- Con la utilización de la nanotecnología fotocatalítica observamos que, al ser aplicada sobre las fachadas de bienes patrimoniales, así como en nuevas construcciones, podríamos aplicarlas como método de conservación sobre los bienes patrimoniales en el caso de la Ciudad de Cuenca. Ya que se ha comprobado que con el uso de nanocompuestos permite un mantenimiento más eficiente de los mismos, contribuye a su conservación y está generando novedosos y muy eficaces procesos para la restauración del patrimonio cultural material de la humanidad (Molina-Prieto, 2016) permitiendo de esta manera que los monitoreos de control del bien inmueble sean más espaciados debido a las características tanto en resistencia como de autolimpieza.
- La limpieza ecológica es una preocupación mundial, es así que el " Consejo de Construcción Ecológica de Estados Unidos "(USGBC), como ejemplo de otros consejos internacionales, desarrolló el LEED “Leadership in Energy & Environmental Design”, como un sistema de calificación para edificios que requiere una " política de limpieza verde”. El proceso fotocatalítico como proceso de oxidación avanzado podría utilizarse como métodos alternativos para la degradación de materiales orgánicos peligrosos en las fachadas de los edificios. La metodología incluye repintar el edificio existente usando  $TiO_2$  como agente de autolimpieza exterior mezclándolo con materiales de recubrimiento de pintura.
- En cuanto a los costos se ha evidenciado que son bajos en el mantenimiento y se considera como un tratamiento económico sostenible, que frente a esto los gobiernos tienen un papel importante en la implementación de esta metodología de limpieza sostenible. Para los edificios existentes, las autoridades deben mejorar

a los propietarios para que obtengan certificados ecológicos como "certificación LEED". En base a esta experiencia se sugiere que la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) consideren este apartado al momento de ser parte de un proceso de revisión tengan en cuenta estas consideraciones ya que la (USGBC) sugiere estas aplicaciones. Proponer el uso de la pintura fotocatalítica como alternativa para coadyuvar a la mejora de la calidad del aire, sobre revestimientos patrimoniales en zonas urbanas donde se tenga un alto tránsito vehicular, estableciendo convenios con instituciones públicas y privadas que puedan financiar su aplicación a gran escala. Y podrían aplicarse como parte de un reglamento de la Institución competente, el cual esto quedaría abierto a nuevas investigaciones.

- Esta al ser una revisión bibliográfica tiene sus limitantes para probar la efectividad de la nanotecnología específicamente con la pintura fotocatalítica sugiero que se continúen con estudios de campo mediante testigos en bienes Patrimoniales que tenga mamposterías de adobe con mortero revestido, con la aplicación de esta tecnología en tres fachadas del Centro Histórico de Cuenca con características similares en las que a la primera fachada se aplicaría el revestimiento a través de Pintura fotocatalítica, la segunda fachada la dejaríamos con el terminado existente y la tercera se podría realizar un trabajo de conservación a partir de un mortero fotocatalítico y luego analizar el deterioro de sus revestimientos en base a la contaminación y la inclemencias del clima en el transcurso de seis y doce meses para ver cual se ha conservado de mejor manera durante este tiempo. Lo cual esto deja campo a otro análisis de investigación.

### **Agradecimientos**

El presente artículo es parte del trabajo de investigación y titulación del Programa de Maestría en Construcción con Mención en Administración de la Construcción Sustentable de la Universidad Católica de Cuenca, por ello agradecemos a todos y cada uno de los instructores por los conocimientos e información brindados para la elaboración del trabajo.

### **Referencias bibliográficas.**

Achig, M.-C., Zúñiga, M., Van-Balen, K., & Abar, L. (2013). Sistema de registro de daños para determinar el estado constructivo en muros de adobe. *Maskana*, 4(2), 71–84. <https://doi.org/10.18537/mskn.04.02.06>

Agust, L. G. (n.d.). *Tx active: fotocatalisis contra la contaminacion*.

By, S., Siddhartha, A., By, G., Year, X. I. I. P. C. M., & No, R. (2011). *E . c om E . c*.

2010–2011.

- Carrizo, D., & Moller, C. (2018). Estructuras metodológicas de revisiones sistemáticas de literatura en Ingeniería de Software: un estudio de mapeo sistemático. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 26, 45–54. <https://doi.org/10.4067/s0718-33052018000500045>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Constitución de la República del Ecuador 2008. *Incluye Reformas*, 1–136. [https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4\\_ecu\\_const.pdf](https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf)
- deterioro. (n.d.).
- El Mercurio. (2015). La conservación del patrimonio de Cuenca. *Cidap*, 5A. <http://documentacion.cidap.gob.ec:8080/handle/cidap/697>
- Faraldos, M. (2012). Guía Práctica de la Fotocatálisis Aplicada a Infraestructuras Urbanas. *Congreso Nacional Del Medio Ambiente, Conama 2012*, 1–77. [http://www.eptisa.com/descargas/articulos/conama2012\\_guia\\_practica.pdf](http://www.eptisa.com/descargas/articulos/conama2012_guia_practica.pdf)
- Gómez-Villalba, L. S., López-Arce, P., Fort, R., & Álvarez, M. (2010). La aportación de la nanociencia a la conservación de bienes del patrimonio cultural. *Patrimonio Cultural De España*, 4, 43–56.
- Henriques, F. M. A., Charola, A. E., Rato, V. M., & Faria Rodrigues, P. (2007). Morteros de reposición. Su rol en la conservación. I. *Habitat*, 53, 174–184.
- Investigaciones, D. E. (2008). *Sintesis Y Caracterizacion De Oxidos Nanoestructurados De Godolinio E Ytrio Dopados Con Europio Obtenidos Mediante El Metodo De Spray Pyrolysis*. 1–9. [http://www.nisenet.org/sites/default/files/catalog/uploads/spanish/12194/electricsqueeze\\_images\\_13nov13\\_sp.pdf](http://www.nisenet.org/sites/default/files/catalog/uploads/spanish/12194/electricsqueeze_images_13nov13_sp.pdf)
- Mansour, A. M. H., & Al-Dawery, S. K. (2018). Sustainable self-cleaning treatments for architectural facades in developing countries. *Alexandria Engineering Journal*, 57(2), 867–873. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.01.042>
- Molina-Prieto, L. F. (2016). Nanotecnología: herramienta inteligente para la conservación del patrimonio arquitectónico y urbano. *Revista de Investigación*, 9(1), 7–22. <https://doi.org/10.29097/2011-639x.37>
- Moscoso Cordero, M. S. (2012). Los vehículos motorizados privados y el problema de transporte público en los centros históricos: el caso de Cuenca-Ecuador. *Estoa*, 1(1), 79–93. <https://doi.org/10.18537/est.001.09>
- Rek-Lipczynska, A. (2019). Purification of the Air in the Historic Cities of Towns. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 471(10). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/471/10/102029>
- Silva Pérez, R., & Fernández Salinas, V. (2017). El nuevo paradigma del patrimonio y su consideración con los paisajes: Conceptos, métodos y perspectivas. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 63(1), 129. <https://doi.org/10.5565/rev/dag.344>
- Torres, A. (n.d.). *Chapter III – Energy Efficiency*. 594–605.

VARGAS, V. A. (2018). *Universidad nacional de san agustín de arequipa facultad contabilidad*. 0-52.



**PARA CITAR EL ARTÍCULO INDEXADO.**

Ullauri Vásquez, C. M., & Solano Peláez, J. L. (2021). Análisis de conservación de la envolvente en viviendas del Centro Histórico de Cuenca, en base a tecnología fotocatalítica. *ConcienciaDigital*, 4(2), 135-149.  
<https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v4i2.1631>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.

