

Universidad de Lima
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Industrial



INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DEL GRAFENO EN INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN (ESTADO DEL ARTE)

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Oscar Eduardo Morales Flores

Código 20160923

Kiara Nicole Gutierrez Orihuela

Código 20160659

Asesor

Rafael Chávez Ugaz

Lima – Perú
Marzo de 2023

<p>Propuesta Carrera Ingeniería Industrial</p>
<p>Título</p> <p>Investigación científica del grafeno en industria de la construcción (Estado del Arte)</p>
<p>Autor(es) 20160923@aloe.ulima.edu.pe 20160659@aloe.ulima.edu.pe Universidad de Lima</p>
<p>Resumen: El presente documento es una investigación descriptiva sobre el grafeno y sus posibilidades dentro de la industria de la construcción. Para entrar en contexto, la industria de la construcción es aquella que se encarga de producir, explotar y manipular recursos para construir bienes en las ciudades modernas (edificios, autopistas, veredas, aeropuertos, entre otros). En ella se observan grandes desafíos como la contaminación y el exceso de recursos usados, por lo que buscamos explicar por qué el grafeno es una buena opción para mejorar dicha industria.</p> <p>Dentro de los resultados, se obtuvo que el grafeno es una solución innovadora en la industria de la construcción para reducir el costo de los materiales, la contaminación ambiental mediante el método de obtención FJH y aumentar la eficiencia de la composición de la mezcla de cemento.</p> <p>Palabras Clave: Grafeno, construcción, edificación, tecnología emergente, innovador</p> <p>Abstract: This paper is a descriptive research on graphene and its possibilities within the construction industry. To get into context, the construction industry is responsible for producing, exploiting and manipulating resources to build goods in modern cities (buildings, highways, sidewalks, airports, among others). Great challenges such as pollution and the excess of the resources used are observed, so the aim of this paper is to explain why graphene is a good option to improve this industry.</p> <p>Among the results, graphene was found to be an innovative solution in the construction industry to reduce the cost of materials, environmental pollution through the FJH procurement method and increase the efficiency of the cement mix composition.</p> <p>Keywords: Graphene, construction, building, emergent technologies, innovative.</p>
<p>Línea de investigación IDIC – ULIMA</p>
<p>Área y Sub-áreas de Investigación:</p> <p>Area: Design and Manufacturing Engineering</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sub-area: Fundamentals of Materials <ul style="list-style-type: none"> ○ Types of engineering materials: metals, polymers, ceramics, and composites ○ Mechanical properties of materials ○ Physical properties of materials: thermal, electrical, and biological
<p>Objetivo (s) de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionado (s) al tema de investigación.</p> <p>ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura</p>

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), el planeta está en crisis y la humanidad no está cumpliendo sus compromisos ambientales. En su informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) publicado en febrero del 2021: “Hacer las paces con la naturaleza” alerta de la triple crisis ambiental que afecta al planeta: el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la contaminación. 3,200 millones de personas (40% de la población mundial) se ven afectadas por la degradación de la tierra.

OBJETIVOS

- Identificar las características del grafeno que motivan su uso en la industria de la construcción.
- Evaluar las ventajas de la implementación del grafeno en la industria de la construcción.
- Analizar los aportes y las dificultades encontradas en el uso del grafeno en la industria de la construcción.

JUSTIFICACIÓN

El Grafeno es un material con excelentes propiedades conductivas, térmicas, resistencia flexural, compresión, tracción y la permeabilidad ante el agua. Esto permite su aplicación a la industria de la construcción con la reducción de costos en los procesos de fabricación y el incremento de eficiencia en la mezcla de cemento. El método FJH se considera como el más industrializable y sostenible para el ambiente. Según las fuentes recopiladas, el grafeno no presenta impactos ambientales, ayuda a la reducción de la huella de carbono y el proceso FJH funciona como control de desechos y residuos reutilizarlos como materia prima. Existe una oportunidad de desarrollo y crecimiento del grafeno como aditivo en la industria de la construcción.

DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología para la investigación del grafeno en la industria de la construcción fue no experimental descriptivo. Se consideraron impactos, económicos, tecnológicos y ambientales.

Se tomó como referencia y guía las siguientes preguntas: ¿Qué características del grafeno motivaron su uso en la industria de la construcción?, ¿Cuáles son las ventajas de la implementación en dicha industria? y ¿Qué aportes y/o dificultades han encontrado en su uso?

Asimismo, después de una revisión de la aplicación del grafeno en diversas industrias, se hizo un enfoque en la industria de la construcción. Se consultaron fuentes de Europa, Asia y América del año 2006 al 2021. Se trabajó con una base de 176 artículos consultados, de los cuales quedaron 33 luego de un filtro según la orientación de la investigación por categorías de análisis propuestas e industrias de aplicación del grafeno. De las 33 fuentes citadas, 18 de ellas fueron de la Base de Datos Proquest.

Mediante la observación indirecta, se documentó, ordenó y analizó la información observada por otro individuo anteriormente el cual dejó evidencia documentada de sus hallazgos. Se revisaron investigaciones previas, artículos de revistas científicas, libros, informes de laboratorio, hojas de cálculo y matrices. Se realizó la síntesis y presentación de estado del arte de la industrialización del grafeno.

Tabla 2.

Fuentes consultadas por Base de Datos

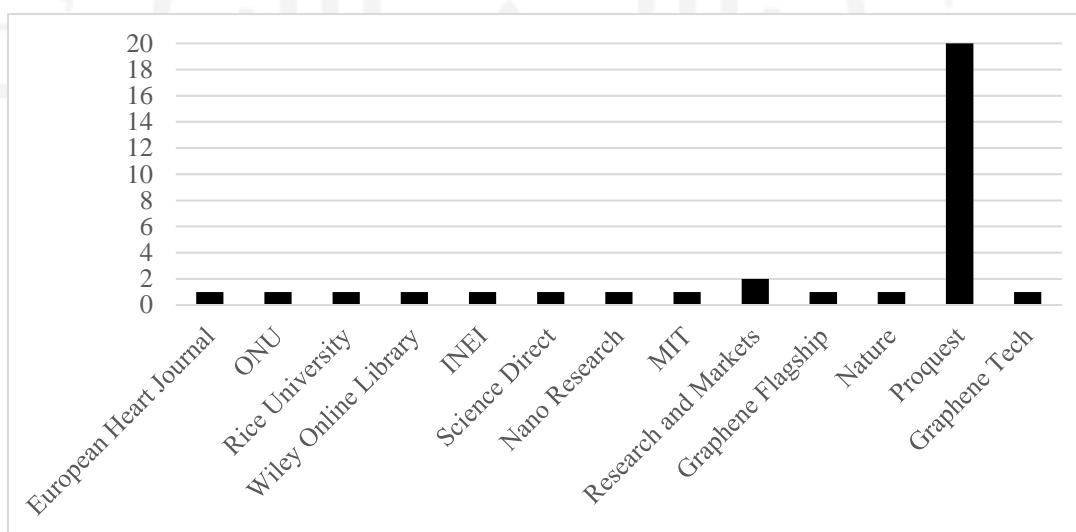
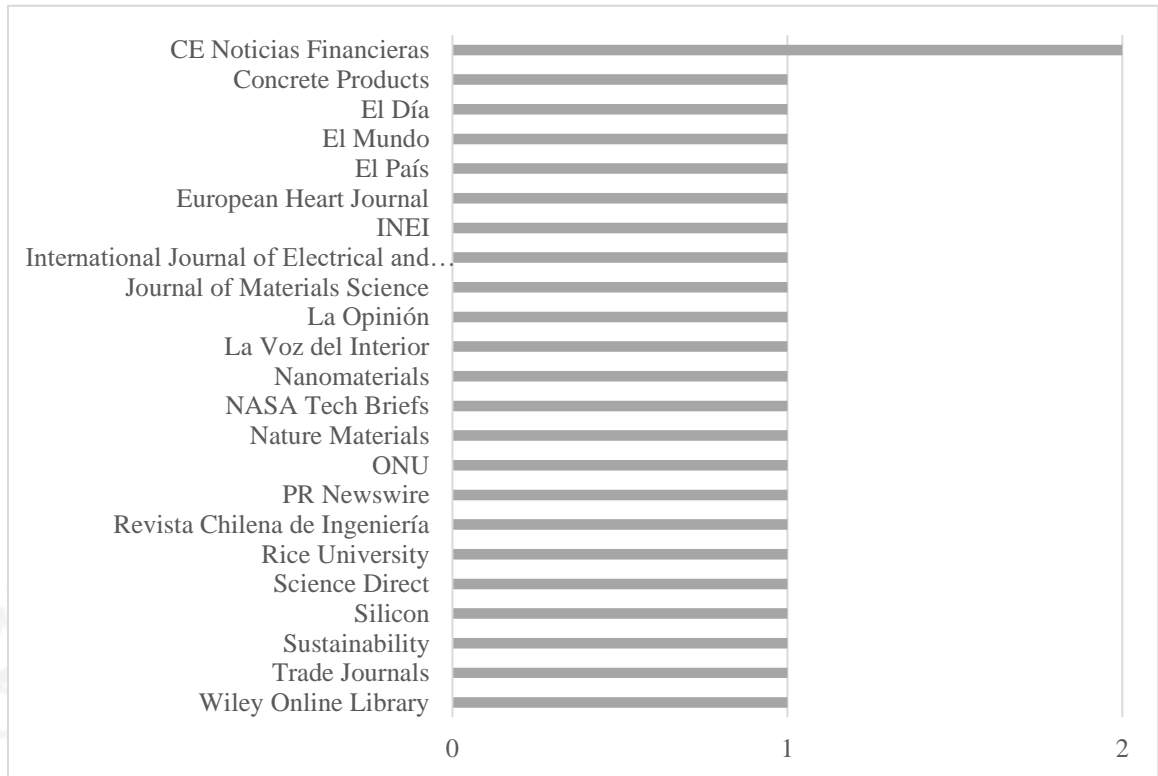


Tabla 3.

Fuentes de Proquest



REFERENCIAS

- Adar, F. (2011). Graphene: Why the nobel prize and why raman? *Spectroscopy*, 26(2), 16-18,20-24. http://fresno.ulima.edu.pe/ss_bd00102.nsf/RecursoReferido?OpenForm&id=PROQUEST-41716&url=https://www.proquest.com/trade-journals/graphene-why-nobel-prize-raman/docview/856906579/se-2?accountid=45277
- Alloy Wire International (2021). Stainless Steel 304. <https://www.alloywire.es/products/stainless-steel-304/>
- Amado, & Herrero. (2019). La contaminación mata el doble de lo que creíamos: un nuevo estudio revela que la mala calidad del aire causa 800.000 muertes prematuras en europa cada año, el doble de lo que se estimaba hasta ahora. la mayoría de estos fallecimientos son el resultado de enfermedades cardiovasculares que hasta ahora no se habían contabilizado. *El Mundo*. http://fresno.ulima.edu.pe/ss_bd00102.nsf/RecursoReferido?OpenForm&id=PROQUEST-41716&url=https://www.proquest.com/newspapers/la-contami-nación-mata-el-doble-de-lo-que/docview/2190273877/se-2?accountid=45277
- Catalán, P. H., & Destéfano, O. M. (2012). Aproximando el costo de la contaminación minera sobre los recursos hídricos: Metodologías paramétricas y no paramétricas*. *Revista del departamento de economía, pontificia universidad católica del Perú. Economía*, 35(70), 9-59. http://fresno.ulima.edu.pe/ss_bd00102.nsf/RecursoReferido?OpenForm&id=PROQUEST-41716&url=https://www.proquest.com.ezproxy.ulima.edu.pe/scholarly-journals/aproximando-el-costo-de-la-contaminación-minera/docview/1324456444/se-2?accountid=45277
- Cheriyán, D., & Choi, J. (2020). A review of research on particulate matter pollution in the construction industry. *ScienceDirect*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620301244>
- Chu, H., Zhang, Y., Wang, F., Feng, T., Wang, L., & Wang, D. (2020). Effect of Graphene Oxide on Mechanical Properties and Durability of Ultra-High-Performance Concrete Prepared from Recycled Sand. *Nanomaterials*, 10(9), 1–18. <https://doi.org/10.3390/nano10091718>
- Controlarán los precios de los materiales de construcción. (2021, Mar 05). *El Día (Online)* http://fresno.ulima.edu.pe/ss_bd00102.nsf/RecursoReferido?OpenForm&id=PROQUEST-41716&url=https://www.proquest.com/newspapers/controlarán-los-precios-de-materiales/docview/2497685572/se-2?accountid=45277
- Critchley, L. (2018). What's been happening with graphene in the US? *Nano, The Magazine For Small Science*. Retrieved 29 September 2020, from <https://nano-magazine.com/news/2018/3/16/whats-been-happening-with-graphene-in-the-us>.
- Dahlan, A. S. (2018). Smart and Functional Materials Based Nanomaterials in Construction Styles in Nano-Architecture. *Silicon*, 11(4), 1–5. <https://doi.org/10.1007/s12633-018-0015-x>
- Difusión, d. N. (2021, Mar 01). La actividad manufacturera de EU toca su máximo en 3 años. *CE Noticias Financieras* http://fresno.ulima.edu.pe/ss_bd00102.nsf/RecursoReferido?OpenForm&id=PROQUEST-41716&url=https://www.proquest.com/wire-feeds/la-actividad-manufacturera-de-eu-toca-su-máximo/docview/2495369519/se-2?accountid=45277
- Dimov, D., Amit, I., Gorrie, O., Barnes, M. D., Townsend, N. J., Neves, A. I. S., Withers, F., Russo, S., & Craciun, M. F. (2018, junio). Ultrahigh Performance Nanoengineered Grapheneâ€“Concrete Composites for Multifunctional Applications. *Wiley Online Library*. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/adfm.201705183>

- Estrella, V. (2020, May 24). Industria de la construcción queretana prevé aumento en costos de producción. CE Noticias Financieras http://fresno.ulima.edu.pe/ss_bd00102.nsf/RecursoReferido?OpenForm&id=PROQUEST-41716&url=https://www.proquest.com/wire-feeds/industria-de-la-construccion-queretana-prev%C3%A9-aumento-en-costos-de-producci%C3%B3n/docview/2406458031/se-2?accountid=45277
- Graphene Flagship | Graphene Flagship. (2020). Retrieved 29 September 2020, from <https://graphene-flagship.eu/>
- GrapheneTech S.L. (2020). Shop – GrapheneTech.<http://www.graphene-tech.net/products-shop/>
- Herrera Catalán, Pedro; Millones Destéfano, Oscar (2011). ¿Cuál es el costo de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos en el Perú? Informe Final. Lima, Perú. Extraído de [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con3_uibd.nsf/FF88A00731054C670525797A006117B0/\\$FILE/Informe_Final_Costo_Economico_de_la_contaminacion_en_los_recursos_Hidrico.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con3_uibd.nsf/FF88A00731054C670525797A006117B0/$FILE/Informe_Final_Costo_Economico_de_la_contaminacion_en_los_recursos_Hidrico.pdf)
- INEL (2020, diciembre). Perú: Anuario de estadísticas ambientales 2020. https://www.inel.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digiales/EstLib1760/libro.pdf
- Kim, P., Kim, P., Comeau, D., & Jones, A. (2016). MIT Open Course Ware. Graphene 2.674 Lab 11. Retrieved 17 May 2020, from https://ocw.mit.edu/courses/mechanical-engineering/2-674-micro-nano-engineering-laboratory-spring-2016/lab-notes/MIT2_674S16_LabNote11.pdf
- Kulfas advirtió que hay aumentos de precios que "no tienen justificación". (2021, Mar 05). La Voz Del Interior http://fresno.ulima.edu.pe/ss_bd00102.nsf/RecursoReferido?OpenForm&id=PROQUEST-41716&url=https://www.proquest.com/newspapers/kulfas-advirtio-que-hay-aumentos-de-precios-no/docview/2497700481/se-2?accountid=45277
- La Voz (2021). Kulfas advirtió que hay aumentos de precios que "no tienen justificación". La Voz Del Interior, Argentina. Extraído de: http://fresno.ulima.edu.pe/ss_bd00102.nsf/RecursoReferido?OpenForm&id=PROQUEST-41716&url=https://www.proquest.com/newspapers/kulfas-advirtio-que-hay-aumentos-de-precios-no/docview/2497700481/se-2?accountid=45277
- Lelieveld, J., Klingmüller, K., Pozzer, A., Pöschl, U., Fnais, M., Daiber, A., & Münzel, T. (2019). Cardiovascular disease burden from ambient air pollution in Europe reassessed using novel hazard ratio functions. *European heart journal*, 40(20), 1590-1596.
- López-Polín, G. (2016). Propiedades mecánicas de membranas de grafeno: consecuencias de la inducción controlada de defectos. UAM. Departamento de Física de la Materia Condensada. <http://hdl.handle.net/10486/674900>
- Luong, D. X., Bets, K. V., Algozeeb, W. A., Stanford, M. G., Kittrell, C., Chen, W., Tour, J. M. (2020). Gram-scale bottom-up flash graphene synthesis. *Nature*, 577(7792), 647-651,651A-651B. doi: <http://dx.doi.org/10.1038/s41586-020-1938-0>
- Macías, J. L. (2006, Dec 10). CONSTRUIR TAMBIÉN CONTAMINA... Y MATA. La Opinión. http://fresno.ulima.edu.pe/ss_bd00102.nsf/RecursoReferido?OpenForm&id=PROQUEST-41716&url=https://www.proquest.com/newspapers/construir-tambien-contamina-y-mata/docview/368534331/se-2?accountid=45277
- Marsh, D. (2017). Graphene rises from nanotech as a positive carbon factor for concrete. *Concrete Products*, 120(8), 4. http://fresno.ulima.edu.pe/ss_bd00102.nsf/RecursoReferido?OpenForm&id=PROQUEST-41716&url=https://www.proquest.com/trade-journals/graphene-rises-nanotech-as-positive-carbon-factor/docview/1933115405/se-2?accountid=45277 <https://news.rice.edu/2020/01/27/rice-lab-turns-trash-into-valuable-graphene-in-a-flash-2/>
- Marzouk, M., Abdelkader, E. M., El-zayat, M., & Aboushady, A. (2017). Assessing Environmental Impact Indicators in Road Construction Projects in Developing Countries. *Sustainability*, 9(5), 1. <https://doi.org/10.3390/su9050843>
- Method turns trash into graphene. (2020). *NASA Tech Briefs*, 44(6), 70-71. http://fresno.ulima.edu.pe/ss_bd00102.nsf/RecursoReferido?OpenForm&id=PROQUEST-41716&url=https://www.proquest.com/trade-journals/method-turns-trash-into-graphene/docview/2436425219/se-2?accountid=45277
- Morsin, M., & Yusof, Y. (2017). The ab-initio study of bulk single layer defected graphene towards graphene device. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 7(3), 1444-1451. http://fresno.ulima.edu.pe/ss_bd00102.nsf/RecursoReferido?OpenForm&id=PROQUEST-41716&url=https://search.proquest.com/docview/1915018786?accountid=45277
- ONU. (2021, febrero). Informe de la ONU alerta de triple crisis ambiental: Cambio climático, pérdida de biodiversidad y contaminación. ContentEngine LLC, a Florida limited liability company. <https://www.un.org/es/our-work/documents>
- Pérez, A. (2021). Incrementa 8.1% costo de vivienda en Tijuana. El Imparcial Extraído de: <https://www.elimparcial.com/tijuana/tijuana/Lidera-Tijuana-en-aumento-de-costo-de-vivienda-20210307-0001.html>
- PR Newswire. (2019). CenoStar and XG Sciences Partner to Deliver Graphene-Enhanced Concrete: XG Concrete™ Reduces Moisture Absorption and Crack Propagation Plus, Increases Strength to Deliver Longer Lasting Concrete. <https://search.proquest.com/docview/2299112447/D00BC3B789A412EPQ/6?accountid=45277>
- Prada, E. (2010, Aug 06). Historia de un descubrimiento: [edición 1st ed. madrid]. El País. http://fresno.ulima.edu.pe/ss_bd00102.nsf/RecursoReferido?OpenForm&id=PROQUEST-41716&url=https://www.proquest.com/newspapers/historia-de-un-descubrimiento/docview/737573501/se-2?accountid=45277
- Research and Markets (2018). Graphene Market: Global Industry Analysis, Trends, Market Size, and Forecast up to 2024. ID: 479154. https://www.researchandmarkets.com/research/tw9phs/graphene_market?w=12
- Research and Markets (2019). Global and China Graphene Industry Report, 2019-2025. ID: 4808204. <https://www.researchandmarkets.com/reports/4808204/global-and-china-graphene-industry-report-2019#pos0>
- Research and markets: The global market for graphene to 2020: Aerospace, automotive, coatings and paints, communications, sensors, solar, oil & lubricants. (2014, May 01). *Business Wire*. http://fresno.ulima.edu.pe/ss_bd00102.nsf/RecursoReferido?OpenForm&id=PROQUEST-41716&url=/docview/1520187965?accountid=45277
- Rodríguez Villalón, A. (2016). Grafeno: Síntesis, propiedades y aplicaciones biomédicas. Unidad Complutense, Facultad de Farmacia.
- Tiempo Minero (2019). Cámara Minera del Perú. Perú, país minero: ¿sabes cuál es su mineral más exportado?. <https://camiper.com/tiempominero/peru-pais-minero-mineral-exportado/#:~:text=La%20Sociedad%20Nacional%20de%20Miner%C3%ADa,13%2C%20488%20millones%20de%20d%C3%B3lares.>
- Torres-Silva, H., & López-Bonilla, J.L. (2011). Aspectos quirales del grafeno/Graphene chiral elements. *Ingeniare: Revista Chilena De Ingeniería*, 19(1), 67-75. http://fresno.ulima.edu.pe/ss_bd00102.nsf/RecursoReferido?OpenForm&id=PROQUEST-41716&url=https://www.proquest.com/scholarly-journals/aspectos-quirales-del-grafeno-graphene-chiral/docview/885176364/se-2?accountid=45277
- Van Den Brink, J. (2010). Graphene: What lies between. *Nature Materials*, 9(4), 291-2. doi: <http://dx.doi.org/10.1038/nmat2733>
- Williams, M. (2020). Rice lab turns trash into valuable graphene in a flash. Rice University.
- Yang, L., Chen, W., Yu, Q., & Liu, B. (2020). Mass production of two-dimensional materials beyond graphene and their applications. *Nano Research*, 14(6), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s12274-020-2897-3>
- You, X., Yang, J., & Shaoming, D. (2021). Structural and functional applications of 3D-printed graphene-based architectures. *Journal of Materials Science*, 56(15), 9007-9046. <http://dx.doi.org/10.1007/s10853-021-05899-x>

ANEXOS.

Datos del artículo publicado

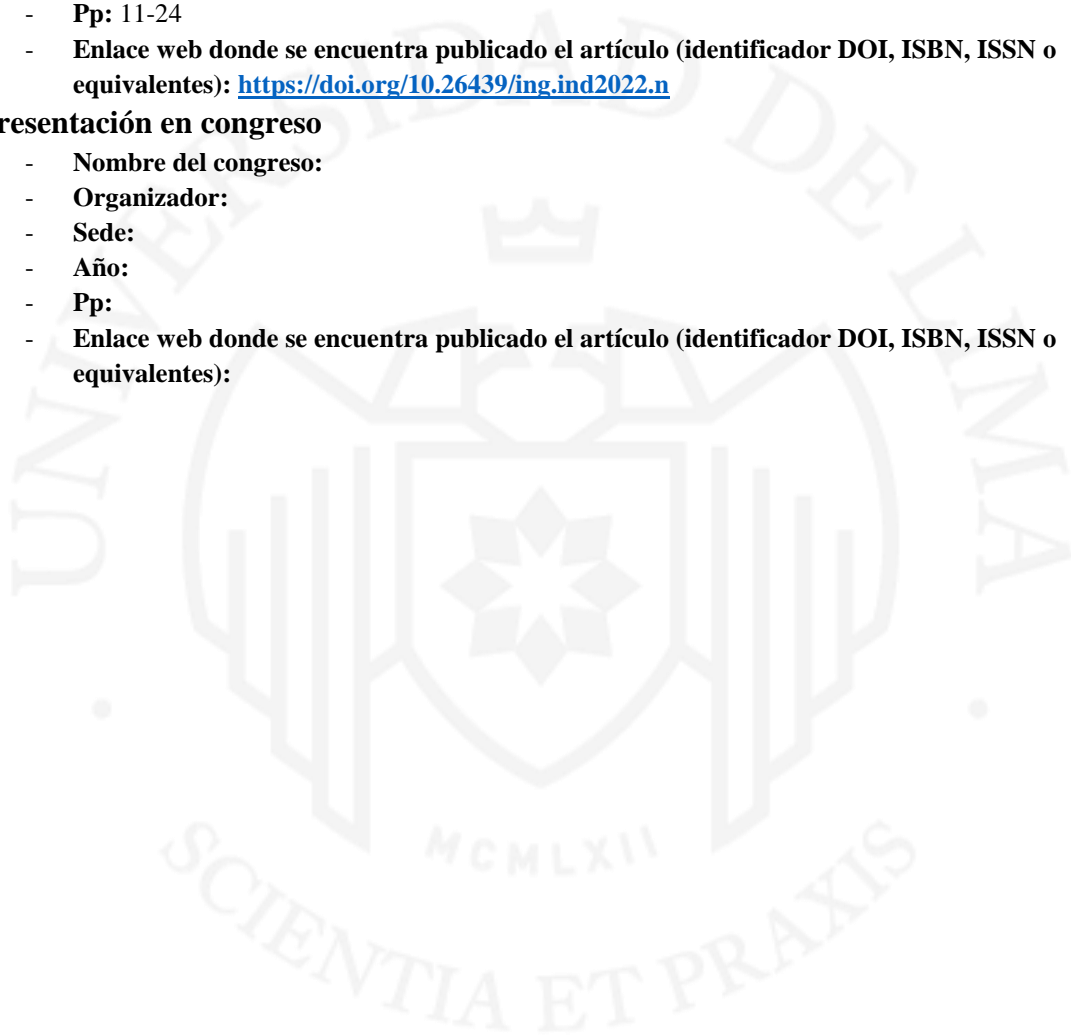
- **Nombre del artículo:** Investigación científica del grafeno en industria de la construcción (Estado del Arte)
- **Autores:** Kiara Nicole, Gutierrez Orihuela & Oscar Eduardo Morales Flores
- **Co autor(es):** Rafael Chávez Ugaz

Publicación en revista

- **Nombre de la revista:** Ingeniería Industrial, edición especial (2022)
- **Volumen:** 1
- **Número:** 1
- **Año:** 2022
- **Pp:** 11-24
- **Enlace web donde se encuentra publicado el artículo (identificador DOI, ISBN, ISSN o equivalentes):** <https://doi.org/10.26439/ing.ind2022.n>

Presentación en congreso

- **Nombre del congreso:**
- **Organizador:**
- **Sede:**
- **Año:**
- **Pp:**
- **Enlace web donde se encuentra publicado el artículo (identificador DOI, ISBN, ISSN o equivalentes):**



Paper

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

noticias24chile.com

Fuente de Internet

2%

2

[Submitted to Universidad Cesar Vallejo](#)

Trabajo del estudiante

2%

3

www.laarena.com.ar

Fuente de Internet

2%

4

albertovillalobos1.wordpress.com

Fuente de Internet

1%

5

repositorioacademico.upc.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

www.azc.uam.mx

Fuente de Internet

1%

7

www.coursehero.com

Fuente de Internet

1%

8

www.fnh.cult.cu

Fuente de Internet

1%

9

www.mininterior.gov.ar

Fuente de Internet

1%