
El impacto del CAD en la innovación tecnológica y el desarrollo sostenible

The impact of CAD on technological innovation and sustainability

José Gustavo Leyva Retureta¹, Ervin Jesús Álvarez Sánchez², Fernando Aldana Franco³ y Yair Alexis Méndez Mújica⁴

Sumario: 1. Introducción, 2. Desarrollo, 2.1 Revisión de la literatura, 2.2 Criterios de inclusión y exclusión, 2.3 Procesamiento de datos, 2.4 análisis comparativo, 2.5 Contribuciones claves del CAD para el desarrollo sostenible, 2.6 Limitaciones y desafíos en la implementación del CAD para la sostenibilidad, 3. Discusión, 4. Conclusiones, Fuentes de información

Resumen

Este estudio explora una serie de investigaciones actuales sobre el Diseño Asistido por Computadora (CAD, por sus siglas en inglés) en relación con la industria, teniendo como objetivo evidenciar los efectos favorables que tiene su uso y aplicación para este sector. Se brinda una visión en la que el CAD es una herramienta funcional para el desarrollo de nueva tecnología, para el desarrollo de proyectos a pequeña y a gran escala, y se exponen los beneficios que este ofrece. De las investigaciones consultadas fue posible discernir algunos de los beneficios del CAD, de los cuales, los principales son: el incremento de calidad del diseño a producir y la reducción de daños ambientales por parte de la industria; hasta ciertos niveles también se reducen los gastos en la creación de prototipos debido a la mejora en la exactitud del diseño. De esta manera, se tiene que el CAD es una herramienta

¹ Ingeniero Mecánico Electricista, maestro en Ingeniería Energética y doctor en Ingeniería. Técnico académico de tiempo completo de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. guleyva@uv.mx <https://orcid.org/0000-0001-5123-0111>

² Ingeniero Mecánico Electricista, maestro en Ciencias en Ingeniería Eléctrica, doctor en Ciencias en Ingeniería Eléctrica. Académico de tiempo completo de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México. eralvarez@uv.mx <https://orcid.org/0000-0002-0790-0429>

³ Ingeniero en Instrumentación Electrónica, maestro en Inteligencia Artificial, doctor en Inteligencia Artificial, miembro del SNII nivel candidato. Técnico académico de tiempo completo de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. faldana@uv.mx <https://orcid.org/0000-0003-4532-8782>

⁴ Estudiante de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. zs20016224@estudiantes.uv.mx

que ayuda a lograr un desarrollo sostenible en el sector industrial y productivo, por lo que es un gran apoyo para la innovación tecnológica y limpia.

Palabras clave: Diseño asistido por computadora, desarrollo sostenible, innovación tecnológica.

Abstract

This study explores a series of current research on Computer Aided Design (or CAD) in relation to the industry, aiming to demonstrate the favorable effects that its use and application has for this sector. A vision is provided in which CAD is a functional tool for the development of new technology, for the development of small- and large-scale projects, and the benefits it offers are explained. From the research consulted we were able to discern some of the benefits of CAD, the main ones being the increase in the quality of the design to be produced, and the reduction of environmental damage by the industry, up to certain levels, expenses in the creation of prototypes are also reduced due to the improvement in the precision of the design. In this way we have that CAD is a tool that helps us achieve sustainable development in the industrial and productive sector, which is why it is a great support for technological and clean innovation.

Keywords: Computer-Aided Design, Sustainable Development, Technological Innovation.

1. Introducción

A medida que la tecnología evoluciona, el mundo se vuelve cada día más consciente respecto a la sostenibilidad; de este modo, las empresas y gobiernos se encuentran en la constante búsqueda de alternativas para la reducción de huellas ambientales sin sacrificar el crecimiento económico.

El CAD (Diseño Asistido por Computadora) se define como “Un proceso de diseño que utiliza *software* para crear, modificar, analizar y optimizar dibujos bidimensionales (2D) o modelos tridimensionales (3D) de componentes o sistemas físicos” (Rouse, 2024). Desde su origen, el CAD ha sido una herramienta que facilita a los profesionistas la posibilidad de proyectar sus ideas en la realidad, dándoles una alternativa de diseño flexible y sin un excesivo gasto de recursos. Aunado a esto, el CAD ha sido una nueva opción para la reducción de residuos productivos. El CAD brinda la oportunidad de desarrollar modelos y productos con una menor utilización de recursos generales, desde lo material hasta lo humano, llegando hasta a mejorar la calidad del resultado final; cabe mencionar que los modelos diseñados pueden ser personalizados y adaptables según las necesidades que tenga el cliente.

El presente estudio se centra en la exploración de diversas investigaciones sobre el CAD y cómo este ha beneficiado o influenciado de manera positiva al sector productivo y varias industrias, principalmente en cuestiones de desarrollo tecnológico sostenible y en su integración con tecnologías emergentes. Se exponen varios motivos demostrados en investigaciones novedosas por los cuales el CAD es una herramienta que ayuda a optimizar los procedimientos de diseño y producción de un modelo, como la manera en la que ahorra recursos, y la disminución de la huella ambiental tanto en el gasto de recursos energéticos como en la producción de desperdicios.

2. Desarrollo

2.1. Revisión de literatura

Se llevó a cabo una revisión de literatura científica y técnica, con el fin de recopilar una serie de evidencias que pongan el ejemplo de los beneficios que el Diseño Asistido por Computadora ha dejado en la industria; de esta forma se reconoce una serie de investigaciones. Las clases han sido esenciales para dar a conocer cómo el CAD ha mejorado la eficiencia del proceso de fabricación de modelos físicos de forma sostenible.

Estas investigaciones se tratan de informes técnicos, materiales de conferencia y artículos de revista recientes que se centra en el CAD y cómo este fomenta la innovación tecnológica y la sostenibilidad; cabe mencionar que estas investigaciones fueron tomadas de bases de datos académicas como lo son ScienceDirect, IEEE Xplore, Scopus y Google Scholar. Los principales criterios de búsqueda fueron: CAD, desarrollo sostenible, innovación tecnológica, fabricación aditiva, eficiencia energética. Tras tener una serie de investigaciones seleccionadas, estas fueron clasificadas, tomando como preferentes a aquellas cuya principal discusión fuese el uso de CAD en la industria y cómo este impulsaba la innovación tecnológica de forma sostenible, los otros artículos fueron descartados.

2.2. Criterios de inclusión y exclusión

Para este trabajo se seleccionó una serie de investigaciones tomando en cuenta diversos aspectos puntuales: deben ser publicaciones revisadas por pares que traten sobre el impacto del CAD en la innovación y la sostenibilidad, artículos publicados entre 2013 y 2024, investigaciones que exploran la relación entre el CAD y la reducción de la huella de carbono en diversos sectores industriales, el CAD y su integración con tecnologías emergentes.

Los estudios que no se centraron directamente en el CAD en el contexto de la sostenibilidad o se basaron en datos empíricos o en un análisis técnico fueron excluidos.

2.3. Criterios de selección de la literatura

Teniendo en cuenta las investigaciones, debían de unificar el CAD con la sostenibilidad de manera estricta. Se hizo una segunda clasificación de información tomando en cuenta la cantidad del contenido y de la relevancia de los trabajos. De esta manera se seleccionaron quince estudios que brindan una visión integral sobre el impacto del CAD en esta área, incluidos los aspectos técnicos y sus aplicaciones en sectores particulares. Se priorizaron estas investigaciones debido a que se hace una combinación entre estudios cuantitativos y cualitativos, lo cual brinda un panorama más completo del impacto del CAD en los aspectos mencionados.

Se decidió organizar los estudios con base en tres ejes principales: CAD como impulsor de la innovación tecnológica, CAD en la fabricación aditiva sostenible, optimización de recursos y reducción de impacto ambiental.

2.4. Procesamiento de datos

En esta etapa, los datos y resultados de las investigaciones fueron analizados para lograr identificar novedades significativas, sus aportes y sus limitantes, para posteriormente hacer una comparación de la información y encontrar puntos en común referentes tanto a beneficios como desacuerdos respecto de la aplicación del CAD.

2.5. Limitaciones del estudio

Entre las barreras que se presentaron se encuentra la centralización que tenían los estudios en sectores industriales específicos; a pesar de que estos sectores, como el automotriz, el aeroespacial o el manufacturero son esenciales, se tiene la necesidad de un panorama más amplio para más casos, como lo es la industria alimentaria y la agricultura, donde el CAD podría desarrollarse para impactar de manera positiva en la sostenibilidad de esas áreas. Otra de las barreras fue que hay estudios longitudinales actuales escasos, lo que imposibilita la capacidad de comprensión del impacto a largo plazo del CAD en lo que es la sostenibilidad para todos los sectores mencionados. En su mayoría, los estudios se centran en las ventajas a corto plazo, por lo que no se tiene una evaluación tan desarrollada sobre la introducción del CAD en estos sectores.

2.6. Análisis comparativo

Se identificaron las similitudes y diferencias del CAD en distintos sectores industriales, y cómo esto ha beneficiado a la innovación tecnológica y al desarrollo sostenible.

Rame Rame (2024) visibiliza la viabilidad de la adopción del CAD en sectores como la construcción y la industria automotriz, uniéndose con tecnología como la manufactura aditiva y con la industria aeroespacial. Se destaca que en las industrias automotriz y

constructoras, el CAD se utiliza para la reducción de errores de diseño y mejora en su precisión, lo cual brinda a la etapa de producción un incremento de eficiencia y a los productos terminados una mayor calidad. Para la industria aeroespacial y la fabricación aditiva, ha dado a desarrollar productos novedosos con un mayor grado de sostenibilidad.

El CAD también ha optimizado el desarrollo de edificaciones que consuman menos energía, gracias a los programas de construcción. El CAD facilita la simulación de los diseños, lo cual reduce el consumo de materiales en la construcción y aumenta su eficiencia térmica (Bojana Bajic, 2023). Estos estudios revelan que el CAD ha ayudado a reducir los desechos de la construcción un 35%, lo cual implica que la huella de carbono excedente de este sector se ha reducido.

En la investigación de Haddad (2022) se aborda el uso del CAD en complemento de la fabricación aditiva como un aporte positivo en ámbitos ambientales, ya que brinda la oportunidad de crear productos que cuenten con un ciclo de vida más prolongado y posibilitando su reciclaje o reutilización tras finalizar su ciclo de uso, de esta manera reduciendo el impacto ambiental de estos sectores.

Comparando los diversos puntos de las investigaciones, se muestra que el CAD es una herramienta que puede beneficiar, tras ser integrada a nuevas tecnologías, como lo son la inteligencia artificial y el internet de las cosas (IoT, por su nombre en inglés). Esto brinda una infinidad de posibilidades para la innovación tecnológica enfocada a la sostenibilidad. Ghobakhloo y otros (2023) destacan cómo el CAD al integrarse con sistemas IoT, dan como resultado sistemas de fabricación más inteligentes en los que las máquinas pueden auto adecuar sus procesos en función de reducir su consumo energético y optimizar el uso de recursos.

2.7. Contribuciones claves del CAD para el desarrollo sostenible

El CAD ha contribuido al desarrollo sostenible principalmente a la reducción del desperdicio de materiales gracias a que posibilita el desarrollo de simulaciones para diversas versiones de diseño antes de llegar a su diseño final para la producción; de esta manera, las empresas logran minimizar los errores al producir y de esta manera reducen el uso innecesario de materia (Bojana Bajic, 2023), esto también influye en la mejora de la eficiencia energética, ya que el CAD permite la creación de diseños optimizados (Morteza Ghobakhloo M. I., 2023).

Por otra parte, el CAD ayuda a la creación de productos más ligeros, lo cual se refleja en la industria aeroespacial y automotriz con la reducción en el consumo de combustibles y las emisiones de CO₂. En cuanto al CAD usado en conjunto a la fabricación aditiva,

contribuye a la reducción del impacto ambiental, ya que brinda la facilidad tanto usar material reciclado para producir como de reciclar los productos terminados (Yousef Haddad, 2022). El fácil acceso a la unificación de este par de tecnologías tiene como beneficio adicional el fomento de la economía circular.

2.8. Limitaciones y desafíos de la implementación del CAD para la sostenibilidad

La investigación también visibilizó una serie de limitaciones que tiene el uso del CAD; una de ellas es el alto costo inicial para integrarlo en pequeñas y medianas empresas que no cuentan con las posibilidades económicas de costear el *software*, el *hardware* y las capacitaciones necesarias (Ghobakhloo M. I., 2022).

Otra de estas limitaciones se puede particularizar sobre las capacitaciones del personal para aprender sobre el uso de los *softwares* del CAD, se necesita personal con disponibilidad, apertura y capacidad de manejar este tipo de tecnología por lo que puede generar una negación al cambio o inversión de recursos humanos (Rame Rame, 2024).

Otra de las limitantes es la escasez de estudios que analicen el impacto del CAD en la sostenibilidad a largo plazo. Ya que se trata de una tecnología relativamente nueva, se ve como una necesidad la realización de estudios sobre la eficiencia energética, reducción de residuos y demás aspectos sobre sostenibilidad a largo plazo (Yousef Haddad, 2022). Igualmente, se han presentado una serie de desafíos para integrar el CAD con otras tecnologías emergentes como lo son IoT y la inteligencia artificial, ya que continúa siendo un reto técnico (Bojana Bajic, 2023).

3. Discusión

Uno de los temas recurrentes en la revisión de literatura es la facilidad que brinda el CAD para generar productos de manera más eficiente, en términos de consumo de energía y materiales. Un ejemplo de esto es la fabricación aditiva, ya que optimiza el uso del material y mejora el rendimiento del producto final en su ciclo de vida, lo cual genera menor cantidad de desperdicio. En general, el CAD puede beneficiar la economía circular y ser una herramienta esencial para el desarrollo sostenible de la industria.

Del mismo modo, se evidencia que se necesita de recursos adicionales para poder integrar el CAD a alguna empresa (especialmente las pequeñas y medianas empresas). La escasez de información sobre su comportamiento a largo plazo en cuanto a sustentabilidad y los beneficios que puede brindar, también se toman como una limitante.

4. Conclusión

El diseño asistido por computadora (CAD) se ha vuelto una herramienta esencial para la innovación y sostenibilidad industrial; esta tecnología, al integrarse con otras, ha logrado optimizar procesos de diseño, así como reducir desperdicios de materiales. Ha dado buenos resultados para la mejora del consumo de recursos en diversos sectores como lo es la industria manufacturera, la constructora, la automotriz y la aeroespacial. En la producción industrial, ha brindado un desarrollo de componentes más precisos, ha optimizado el proceso de ensamblaje y ha impulsado la economía circular.

Aunado a ello, su integración a las empresas aún enfrenta una serie de desafíos como los costos iniciales, la capacitación del personal, la escasez de estudios a largo plazo y la unificación con otras tecnologías.

A pesar de sus limitantes, el CAD sigue considerándose una herramienta esencial para la transformación de la industria a una más sostenible, por lo que su integración y evolución es clave para la mejoría de la eficiencia, reducción de desechos y un desarrollo más amigable con el medio ambiente.

Fuentes de información

- Alexandra Nicoleta Ciucu-Durnoi, C. D. (2024). Beyond Industry 4.0: Tracing the Path to Industry 5.0 through Bibliometric Analysis. Sustainability.
- Bojana Bajic, N. S. (2023). Edge Computing Data Optimization for Smart Quality Management: Industry 5.0 Perspective. Sustainability.
- Bonsa Regassa Hunde, A. D. (2022). Future prospects of computer-aided design (CAD) – A review from the perspective of artificial intelligence (AI), extended reality, and 3D printing. Results in Engineering.
- Carlos Carbonell-Carrera, J. L.-D.-C. (2019). Enhancing Creative Thinking in STEM with 3D CAD Modelling. sustainability.
- Erazo-Arteaga, V. A. (2022). El diseño, la manufactura y análisis asistido por computadora (CAD/CAM/CAE) y otras técnicas de fabricación digital en el desarrollo de productos en América Latina. Información Tecnológica.
- Huang, Y. (2021). Technology innovation and sustainability: challenges and research needs. Clean Technologies and Environmental Policy.
- Jorge Carro Suárez, S. S. (2022). El factor humano y su rol en la transición a Industria 5.0: una revisión sistemática y perspectivas futuras. Revistas UNAM.
- Lorena Cabrera Frías, D. M. (2023). La impresión 3D como herramienta educativa para desarrollar el pensamiento creativo: revisión sistemática. apertura.
- Moin Khan, A. H. (2023). Changes and improvements in Industry 5.0: A strategic approach to overcome the challenges of Industry 4.0. Green Technologies and Sustainability.
- Morteza Ghobakhloo, M. I. (2022). Identifying industry 5.0 contributions to sustainable development: A strategy roadmap for delivering sustainability values. Sustainable Production and Consumption.
- Morteza Ghobakhloo, M. I. (2023). Industry 5.0 implications for inclusive sustainable manufacturing: An evidence-knowledge-based strategic roadmap. Journal of Cleaner Production.
- Pérez Rodríguez, R. S.-M. (2019). La gestión de la innovación en el centro de estudios cad/cam. Ciencias Holguín.
- Peter P. Ikubanni, A. A. (2022). Present and Future Impacts of Computer-Aided Design/ Computer-Aided Manufacturing (CAD/CAM). IIETA.
- Peter P. Ikubanni, A. A. (2022). Present and Future Impacts of Computer-Aided Design/ Computer-Aided Manufacturing (CAD/CAM). Journal Européen des Systèmes Automatisés, 349-357.
- Rame Rame, P. P. (2024). Industry 5.0 and sustainability: An overview of emerging trends and challenges for a green future. Innovation and Green Development.
- Raoudha Gaha, B. Y. (2014). A New Eco-Design Approach on CAD Systems. INTERNATIONAL JOURNAL OF PRECISION ENGINEERING AND

MANUFACTURING, 1443-1451.

Rouse, M. (9 de July de 2024). Computer-Aided Design (CAD). Obtenido de Techopedia:
<https://www.techopedia.com/definition/2063/computer-aided-design-cad>

Shohin Aheleroff, H. H. (2022). Toward sustainability and resilience with Industry 4.0 and Industry 5.0. *Frontiers in Manufacturing Technology*.

Yousef Haddad, E. P. (2022). How do small changes enable the shift to net-zero? a techno-environmental-economic analysis. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*.