

# CIENCIA VITAL

Revista de Divulgación Científica de la UACJ  
ISSN: 3061-7944



**Materiales compuestos laminados con auto-reparación: innovación y futuro**

**Impresión 3D en el futuro de los Robots**

**El mundo de los murciélagos**

**Hidratación Inteligente: Innovación Tecnológica para el Bienestar y la Autonomía de las Personas**

**Desarrollo Tecnológico, IoT e IA en México: Impacto Social, Oportunidades y Desafíos**

**Noticiencias**

**¿Se puede eliminar el cromosoma extra en el síndrome de Down? CRISPR/Cas9 marca un hito en la genética**



# DIRECTORIO INSTITUCIONAL



**Dr. Daniel Constandse Cortez**  
Rector

**Mtra. Guadalupe Gaytán Aguirre**  
Secretaria Académica

**C. D. Salvador David Nava Martínez**  
Secretario General

**Dr. Erwin Adan Martínez Gómez**  
Director del Instituto de Ingeniería  
y Tecnología

**Dr. Fausto Aguirre Escárcega**  
Director del Instituto de Arquitectura,  
Diseño y Arte

**Mtra. Tania Dolores Hernández García**  
Directora del Instituto de Ciencias  
Biomédicas

**Dr. Jesús Meza Vega**  
Director del Instituto de Ciencias  
Sociales y Administración

**Dra. Nelly Gordillo Castillo**  
Jefa del Departamento de Ingeniería  
Eléctrica y Computación

**CIENCIA VITAL**  
Revista de Divulgación Científica de la UACJ

CIENCIA VITAL, volumen 3, número 2, abril-junio 2025, es una publicación trimestral, seriada, en línea, editada por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez a través del Consejo Editorial, Avenida del Charro núm. 450 norte, Ciudad Juárez, Chihuahua, México, C. P. 32310, teléfono +52 (656) 688-4848, <https://cienciavital.uacj.mx>, [cienciavital@uacj.mx](mailto:cienciavital@uacj.mx) Editora responsable: Dra. Nelly Gordillo Castillo. ISSN: 3061-7944. Responsable de la última actualización de este número: Dra. Nelly Gordillo Castillo, Avenida del Charro núm. 450 norte, Ciudad Juárez, Chihuahua, México, C. P. 32310, teléfono +52 (656) 688-4848. Fecha de la última actualización: 30 de junio 2025. Las opiniones expresadas en los documentos publicados son responsabilidad de sus autores. Se autoriza la reproducción total de los contenidos e imágenes, siempre y cuando se cite la fuente.

## COMITÉ EDITORIAL DE CIENCIA VITAL

Dra. Nelly Gordillo Castillo  
Editora Jefa

Dr. Alberto Davis Ortiz  
Coordinador general

Michelle Arely Berrueto Duarte  
Abib Adriana Reyes Díaz  
Coordinadoras Generales Estudiantes

### PRODUCCIÓN

Mtro. Edgar Eliezer Martínez Espínola  
Director Creativo

Mtro. Leonardo Arroyo Ortega  
Administrador Web

Ximena Machand Martínez  
Karen García Gallegos  
Edición Gráfica

### REDES SOCIALES

Víctor Alfonso Irigoyen Chaparro  
Líder de Redes Sociales

Abib Adriana Reyes Díaz  
Gestora de Programación de Redes  
Sociales

Anett Giselle González Rentería  
Facebook

Luisa Fernanda Sandoval Gaytán  
Instagram

Brandon Yahir Templos Marín  
LinkedIn

Angélica Montserrath Colín Cárdenas  
T i k T o k

Eylin Danae Flores Osorio  
X

### NOTICIENCIAS

Anett Giselle González Rentería  
Líder Estudiantil de Sección

Ashley Naomi Pantoja Medrano  
Corrección de Estilo

### CIENCIAS APLICADAS

Dr. Manuel Alejandro  
Chairez Ortega  
Editor de Sección

Eylin Danae Flores Osorio  
Líder Estudiantil de Sección

Joel Daniel Ochoa Lucio  
Comité Editorial Estudiantil

### CIENCIAS BÁSICAS

Dra. Saraí Esmeralda Favela Camacho  
Dr. Héctor Alejandro Trejo  
Mandujano  
Editores de Sección

Brandon Yahir Templos Marín  
Líder Estudiantil de Sección

Víctor Alfonso Irigoyen Chaparro  
Mauricio Adrián Pinales Jiménez  
Comité Editorial Estudiantil

### CIENCIAS DE LA SALUD

Dra. Alejandra Vargas Caraveo  
Dra. Yuridia Ortiz Rivera  
Editoras de Sección

Cesar Andrés Holguín Rivas  
Líder Estudiantil de Sección

Jaqueline Gutiérrez Tapia  
Kevin Iván Olivares Muñoz  
Alexis Aguirre Simental  
Comité Editorial estudiantil

### CIENCIAS SOCIALES

Dr. Jorge Antonio Breceda Pérez  
Editor de Sección

Anneth Nohemí Velázquez Mendoza  
Líder Estudiantil de Sección

Luisa Fernanda Sandoval Gaytán  
Comité Editorial Estudiantil

### ¿Y QUÉ OPINA LA CIENCIA?

Dr. Alberto Davis Ortiz  
Editor de Sección

Daniela Alejandra Chávez Espino  
Líder Estudiantil de Sección

### DIMENSIONES ÉTICAS

Dra. Nelly Gordillo Castillo  
Editora de Sección

Frida Sofía Lizárraga Tavares  
Líder Estudiantil de Sección

Ana María García Castro  
Comité Editorial Estudiantil

### ENTREVISTAS

Dr. Alberto Davis Ortiz  
Editor de Sección

Daniela Alejandra Chávez Espino  
Líder Estudiantil de Sección

Jesús Daniel Rivas Valenzuela  
Javier Ramírez Hernández  
Comité Editorial Estudiantil

### SALUD MENTAL

Mtra. Ana Cecilia Gutiérrez de la Peña  
Dra. Bertha Musi Lechuga  
Editoras de Sección

Michelle Arely Berrueto Duarte  
Líder Estudiantil de Sección

Flor Minerva Montejo Dávila  
Comité Editorial Estudiantil

### UACJ POR EL MUNDO

Dr. Alberto Davis Ortiz  
Editor de Sección

Ashley Naomi Pantoja Medrano  
Líder Estudiantil de Sección

# CONTENIDO

Materiales compuestos laminados con auto-reparación:  
innovación y futuro– [e0302APL01](#)

---

¿Cómo reacciona la pupila a la luz? Un enfoque a través del color  
y la tecnología– [e0302APL02](#)

---

Fabricar en casa: motivaciones retos y posibles soluciones– [e0302APL03](#)

---

Impacto del diseño de mobiliario en alumnos universitarios  
con TDAH– [e0302APL04](#)

---

Impresión 3D en el Futuro de los Robots– [e0302APL05](#)

---

Impresión 3D: una solución rápida para moldes de plásticos– [e0302APL06](#)

---

El mundo de los murciélagos– [e0302BAS01](#)

---

Explorando el Entrelazamiento Cuántico entre Quarks– [e0302BAS02](#)

---

Hidratación Inteligente: Innovación Tecnológica para el Bienestar y la  
Autonomía de las Personas– [e0302SAL01](#)

---

De la fractura a la regeneración ósea: cuando el soporte se vuelve parte del  
cuerpo–[e0302SAL02](#)

---

Atención dental para todos: Una necesidad urgente para pacientes en silla de  
ruedas–[e0302SAL03](#)

---

¿Se puede eliminar el cromosoma extra en el síndrome de Down? CRISPR/  
Cas9 marca un hito en la genética–[e0302NSA01](#)

---

Desarrollo Tecnológico, IoT e IA en México: Impacto Social, Oportunidades  
y Desafíos–[e0302SOC01](#)

---

# ACERCA DE CIENCIA VITAL

**C**iencia Vital Revista de Divulgación Científica de la UACJ es una publicación seriada, en línea, publicada en modalidad continua con cuatro números anuales por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ) a través del Consejo Editorial. Su propósito fundamental es tender puentes entre el conocimiento científico y la comunidad en general. Con Ciencia Vital, buscamos acercar la ciencia a las personas de una forma clara, accesible y, sobre todo, confiable

## Revisión por pares

Cada manuscrito sometido a Ciencia Vital es meticulosamente evaluado a través de un riguroso proceso de revisión por pares doble ciego. Este proceso asegura la calidad, relevancia y rigor científico de cada artículo. Nuestros revisores, expertos en sus respectivos campos, aportan sus conocimientos y perspectivas críticas para garantizar que cada trabajo cumpla con los más altos estándares académicos

## Invitación a contribuir

Extendemos una cordial invitación a investigadores, académicos y expertos a considerar Ciencia Vital para la publicación de sus trabajos. Su contribución es esencial para continuar construyendo un conocimiento científico accesible, confiable y de vanguardia.

## Acceso abierto para amplificar el conocimiento

Comprometidos con la democratización del conocimiento, Ciencia Vital opera bajo un modelo de acceso abierto. Esto significa que todos los artículos son accesibles sin costo alguno para los lectores de todo el mundo, fomentando una mayor difusión y un impacto más amplio de las investigaciones presentadas. Aunado a esto, las publicaciones se comparten en la página web [cienciavital.uacj.mx](http://cienciavital.uacj.mx) y a través de nuestras redes académicas y sociales en un formato amigable que fácilmente puede ser compartido

## Innovación y actualidad en la investigación

Los autores de Ciencia Vital están en la vanguardia de sus campos, presentando investigaciones innovadoras y relevantes. A través de su trabajo, abordan desafíos actuales y ofrecen nuevas perspectivas y soluciones.

## Diversidad y colaboración internacional

Alentamos la participación de autores de todo el mundo, creando un espacio inclusivo y diverso para la discusión científica. Nuestra plataforma fomenta la colaboración internacional, regflejando la naturaleza global de la ciencia y la investigación.



# Materiales compuestos laminados con auto-reparación: innovación y futuro

**Alejandro E. Rodríguez-Sánchez**

Universidad Panamericana

*aerodriguez@up.edu.mx*

## Resumen

Los materiales compuestos laminados, caracterizados por su estructura en capas, ofrecen propiedades mecánicas superiores y al mismo tiempo son ligeros, por lo que en industrias como la aeroespacial y la automotriz son de amplio uso. En este artículo se explora la innovadora tecnología de auto-reparación o self-healing en estos materiales, la cual permite reparar daños internos sin intervención externa ni aporte energético suplementario. Así, se presentan los mecanismos y elementos principales de dicha tecnología, sus técnicas de implementación y aplicaciones potenciales, destacando cómo esta capacidad puede mejorar la durabilidad y seguridad de las estructuras fabricadas con materiales compuestos laminados. Además, se abordan perspectivas futuras de la tecnología en cuestión en estos materiales, incluyendo la integración de sensores y nanotecnología para materiales más inteligentes y sostenibles. El desarrollo de materiales compuestos con capacidades de auto-reparación está abriendo nuevas posibilidades para estructuras más eficientes en diversas industrias.

## Introducción

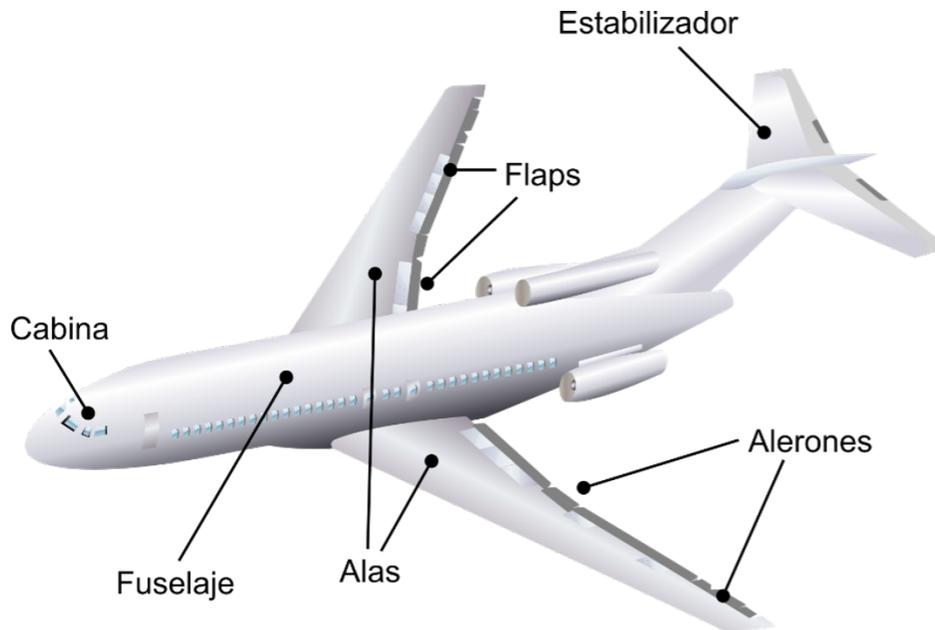
Un material se considera compuesto cuando está formado por dos o más materiales, de naturaleza distinta, que, al combinarse, generan características superiores a las de sus componentes por separado [1]. Esta sinergia permite que los materiales compuestos ofrezcan propiedades como alta resistencia a la tracción, baja densidad, resistencia a la fatiga y resistencia a la corrosión, virtudes que no se encuentran en los materiales

como el metal (que tiene alta densidad), la madera (la cual es frágil) o el plástico (que no es altamente resistente). Los materiales compuestos son utilizados para la fabricación de estructuras que requieren rigidez y alta resistencia, pero que al mismo tiempo necesitan baja densidad para obtener diseños más ligeros y eficientes que reduzcan el consumo energético. El caso más ejemplar en la ingeniería es el de las aeronaves. Los aviones, por ejemplo, deben ser lo más ligeros posible, pero también deben resistir las cargas a las que están sometidos durante su ciclo de operación (desde su despegue hasta el aterrizaje).

Por esta razón, muchas piezas y estructuras de un avión, como el fuselaje, las alas y los estabilizadores, están fabricadas con compuestos laminados; de hecho, alrededor de un 50% de los materiales usados en aeronaves son compuestos laminados, siendo el fuselaje de aviones modernos donde más se aplican (Figura 1) [2]. Así, los materiales compuestos permiten que los aviones mantengan una alta resistencia estructural mientras reducen significativamente su peso, mejorando la eficiencia en el consumo de combustible y su rendimiento en general.

reducir los costos de mantenimiento y aumentar la seguridad en aplicaciones críticas como la aviación.

En este artículo, se presenta la técnica de self-healing en compuestos laminados, explorando los mecanismos por los cuales estos materiales pueden detectar y reparar daños, las técnicas de implementación y sus potenciales aplicaciones, como la industria aeroespacial, la automotriz, y otras más, destacando cómo la auto-reparación puede revolucionar la durabilidad y la fiabilidad de las estructuras compuestas en el futuro.



**Figura 1.** Partes principales de un avión Boeing 727. Fuente: modificado de [3].

Además, los compuestos ofrecen una excelente resistencia a la corrosión y a la fatiga, lo cual es crucial para la longevidad y seguridad de muchas aeronaves.

Una de las innovaciones más destacadas en el campo de los materiales compuestos es la capacidad de auto-reparación o self-healing [4]. Este concepto se basa en la integración de agentes reparadores dentro de la matriz de un material compuesto, los cuales se activan cuando se produce un daño, como micro fisuras, y logran restaurar la integridad estructural del material sin intervención externa. Esta tecnología promete extender la vida útil de los componentes fabricados con compuestos,

## Materiales compuestos laminados

Los materiales compuestos laminados representan una categoría avanzada de materiales de ingeniería, y están caracterizados por su estructura de capas —o láminas—. Cada capa puede estar compuesta por fibras orientadas en direcciones específicas, unidas por una matriz, típicamente de polímero, que puede ser termoestable o termoplástica (Figura 2) [5]. Esta configuración permite diseñar y fabricar materiales con propiedades específicas de acuerdo con una dirección de carga, optimizando la resistencia y rigidez donde más se necesita.

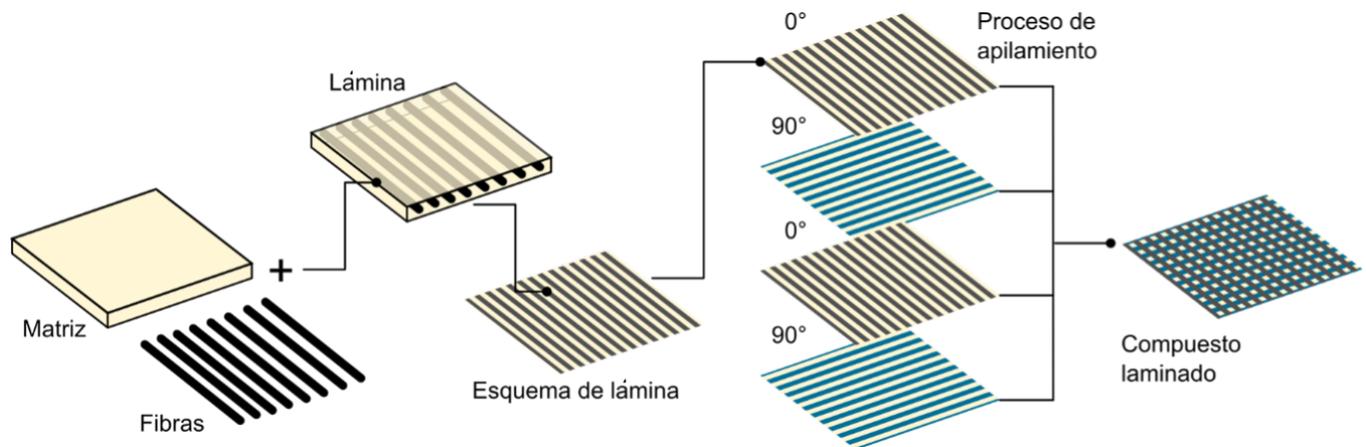
Esto es particularmente valioso en aplicaciones donde el peso y la resistencia son críticos, como en la industria aeroespacial, la automotriz y en deportes de alto rendimiento. En el ámbito aeroespacial, puede considerarse como un buen ejemplo el fuselaje de un avión moderno (Figura 1).

Los materiales compuestos laminados se utilizan para fabricar secciones del fuselaje debido a su capacidad para ofrecer alta resistencia en direcciones específicas. Así, las fibras de carbono pueden ser orientadas a lo largo de su longitud para soportar la tensión a lo largo del fuselaje, mientras que otras capas pueden tener fibras orientadas en otras direcciones para resistir, por ejemplo, fuerzas de torsión.

difícil de alcanzar con materiales homogéneos como es el aluminio.

Más aún, los beneficios de los compuestos laminados no se limitan solo a su resistencia y ligereza; también incluyen una excelente resistencia a la corrosión, capacidad de amortiguación, y con los avances recientes, la integración de funcionalidades como la auto-reparación.

Esta característica permite que los materiales compuestos laminados puedan detectar y reparar daños internos automáticamente, extendiendo así su vida útil y mejorando la seguridad en aplicaciones críticas.



**Figura 2.** Ejemplo del proceso de fabricación de un compuesto laminado a partir de cuatro láminas con orientaciones 0-90-0-90. Fuente: elaboración propia.

De hecho, la laminación de estos materiales además de mejorar las propiedades mecánicas, también permite la incorporación de otros materiales funcionales, como capas conductoras o aislantes, ampliando así su versatilidad.

El proceso de fabricación de compuestos laminados incluye varias técnicas. La más común es el lay-up manual o automatizado (Figura 2) [5], donde se colocan capas de material reforzante impregnadas con resina en un molde, seguido por el curado bajo presión y temperatura.

Otra técnica notable es el filament winding, donde fibras continuas son enrolladas alrededor de un mandril y luego impregnadas con resina. Estas técnicas permiten la creación de formas complejas de piezas y estructuras, y la personalización de las propiedades del material en función de la aplicación final, ofreciendo así una flexibilidad de diseño que es

## Auto-reparación en compuestos laminados

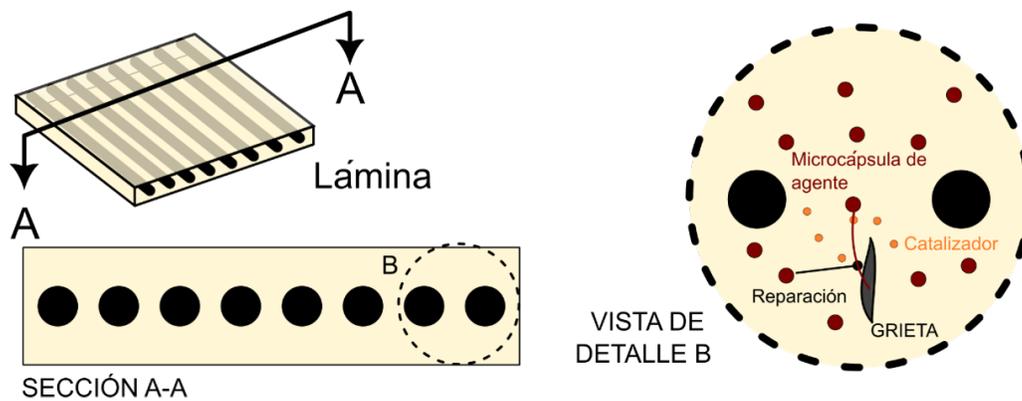
La idea de materiales con propiedades de auto-reparación no es nueva; de hecho, los antiguos romanos ya utilizaban mezclas de mortero que podían repararse a sí mismas gracias a reacciones químicas con el agua de lluvia, prolongando la vida de sus construcciones [6]. En los compuestos laminados modernos, este concepto se ha sofisticado, integrando agentes de curación que pueden ser polímeros termoestables (una vez que se moldean y endurecen, no se pueden volver a fundir ni reformar) o termoplásticos (se pueden fundir, moldear y volver a fundir muchas veces), los cuales, al activarse reparan el daño y pueden mejorar la cohesión entre las fibras y la matriz, aumentando la durabilidad y la resistencia del material frente a futuros impactos o cargas [7]. Como tal, el *self-healing* o auto-reparación en materiales compuestos es una tecnología reciente

que les permite detectar y reparar daños internos sin intervención externa. En los compuestos laminados, esta capacidad se logra mediante la incorporación de microcápsulas o vasos capilares que contienen agentes reparadores. Uno de estos agentes es el dicitopentadieno, que se almacena en microcápsulas (Figura 3). Así, cuando se produce una fisura o grieta, estas cápsulas se rompen, liberando este agente que, al entrar en contacto con un catalizador presente en la matriz del compuesto, se polimeriza y sella la grieta, recuperando así parte de la integridad estructural del material.

La investigación en este campo busca optimizar estos procesos para que la auto-reparación sea más eficiente, rápida y adaptable a diferentes tipos de daños y ambientes. De hecho, la medición y evaluación de la efectividad de la auto-reparación en un material compuesto laminado puede trazarse mediante la siguiente ecuación [4]:

$$\eta = \frac{P_{reparada} - P_{dañada}}{P_{virgen} - P_{dañada}} \times 100$$

Donde  $P_{virgen}$  se refiere a alguna propiedad, usualmente mecánica, del material medida antes de la operación de una estructura o de una pieza fabricada con un compuesto laminado;  $P_{dañada}$  es esta misma propiedad una vez que se detectó daño en una pieza, y  $P_{reparada}$  se refiere a la propiedad medida del material una vez que se detectó la auto-reparación. Para los compuestos laminados, dos de las propiedades más importantes son el límite de fatiga y la resistencia a la tracción.



**Figura 3.** Elementos principales del proceso de auto reparación de una grieta al interior de una lámina de un compuesto por medio de microcápsulas de agente dicitopentadieno. Fuente: elaboración propia.

El primero tiene que ver con los ciclos de carga que una estructura puede sobrellevar antes de generar grietas, y el segundo está relacionado con la carga máxima que soporta antes de ver fractura en ello. Las aplicaciones potenciales del self-healing en materiales compuestos son prometedoras. En la industria aeroespacial, por ejemplo, la capacidad de auto-reparación puede revolucionar la durabilidad y seguridad de las estructuras de las aeronaves. Imagina un fuselaje que puede detectar y reparar microfisuras automáticamente, reduciendo así la necesidad de mantenimiento frecuente y prolongando la vida útil de los componentes.

Esta tecnología también tiene un gran potencial en la industria automotriz, donde las carrocerías podrían beneficiarse de la auto-reparación, mejorando la seguridad y reduciendo los costos de reparación.

Además, el self-healing podría tener un impacto significativo en la exploración espacial [8]. Los materiales que pueden repararse automáticamente podrían proteger las estructuras de las estaciones espaciales y los vehículos de los daños causados por operación. Esta capacidad no solo mejoraría la longevidad de las estructuras espaciales, sino que también reduciría la necesidad de misiones de reparación costosas y peligrosas. El self-healing en materiales compuestos tiene el potencial de transformar una amplia gama de industrias, mejorando la eficiencia, la seguridad y la sostenibilidad de las estructuras y componentes.

## Conclusión y perspectivas futuras

La tecnología de auto-reparación en materiales compuestos laminados es innovadora dentro de la ciencia e ingeniería de materiales, y se perfila como una promesa para lograr durabilidad y eficiencia del diseño de estructuras en múltiples industrias, como la automotriz y la aeroespacial. A medida que la ingeniería avanza, las perspectivas futuras de esta tecnología incluyen la mejora de los mecanismos de auto-reparación para actuar más rápido y con mayor eficacia, así como la integración de sensores que puedan predecir y prevenir daños antes de que ocurran, proveyendo así una reparación reactiva con una proactiva.

Como tal, la investigación continúa para superar desafíos como la escalabilidad de la producción, la compatibilidad de los agentes de curación con diferentes matrices y fibras, y la garantía de que la reparación no comprometa otras propiedades del material (como lo puede ser su rigidez o su resistencia mecánica). Además, se espera que la nanotecnología y la inteligencia artificial jueguen roles cruciales en la tecnología del self-healing, permitiendo a los materiales repararse a sí mismos y adaptarse en respuesta a su entorno. Estos campos prometen igualmente una reducción significativa en el uso de recursos y en la huella de carbono, al prolongar la vida útil de los productos y reducir la necesidad de reemplazos.

En conclusión, el desarrollo de materiales compuestos con capacidades de self-healing está allanando el camino hacia estructuras más inteligentes, sostenibles y seguras, con aplicaciones que podrían extenderse desde la aviación y el automovilismo hasta la construcción y más allá, marcando el inicio de una era donde los materiales no solo soportan, sino que también se regeneran y evolucionan.

## Referencias

- [1] D. R. Askeland, *Ciencia e ingeniería de los materiales*, 3rd ed., G. Sánchez García, Trans. Mexico City, Mexico: Grupo E. Iberoamérica, 1998, pp. 1-790. ISBN: 9687529369.
- [2] B. Parveez, M. I. Kittur, I. A. Badruddin, S. Kamangar, M. Hussien, and M. A. Umarfarooq, "Scientific Advancements in Composite Materials for Aircraft Applications: A Review," *Polymers*, vol. 14, no. 22, p. 5007, 2022. <https://doi.org/10.3390/polym14225007>
- [3] Federal Aviation Administration, "Boeing 727 flight control surfaces," 7 September 2013. Disponible en línea en: [http://www.faa.gov/regulations\\_policies/handbooks\\_manuals/aircraft/amt\\_handbook/media/FAA-8083-30\\_Ch03.pdf](http://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aircraft/amt_handbook/media/FAA-8083-30_Ch03.pdf). [Accesado el 7 de septiembre de 2024]. (Figura de dominio público).
- [4] Wang, Y., D. T. Pham, C. Ji, and E. Harkin-Jones. 2015. "Self-healing Composites: A Review." *Cogent Engineering* 2, no. 1. <https://doi.org/10.1080/23311916.2015.1075686>.
- [5] Xu, Y., J. Zhu, Z. Wu, et al. 2018. "A Review on the Design of Laminated Composite Structures: Constant and Variable Stiffness Design and Topology Optimization." *Advances in Composites and Hybrid Materials* 1: 460–477. <https://doi.org/10.1007/s42114-018-0032-7>.
- [6] C. Allard, "Self-healing Roman concrete," *Nat Rev Mater*, vol. 8, no. 80, pp. 80, 2023. <https://doi.org/10.1038/s41578-023-00539-z>.
- [7] Kanu, Nand Jee, Eva Gupta, Umesh Kumar Vates, and Gyanendra Kumar Singh. 2019. "Self-healing Composites: A State-of-the-Art Review." *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* 121: 474-486. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2019.04.012>.
- [8] Pernigoni, L., U. Lafont, and A. M. Grande. 2021. "Self-healing Materials for Space Applications: Overview of Present Development and Major Limitations." *CEAS Space Journal* 13: 341–352. <https://doi.org/10.1007/s12567-021-00365-5>.





# ¿Cómo reacciona la pupila a la luz? Un enfoque a través del color y la tecnología

**\*Carlos Omar González Morán**

**Rodrigo Hernández Moncayo**

Centro Universitario UAEMEX Valle de México  
[cogonzalezm@uaemex.mx](mailto:cogonzalezm@uaemex.mx)

**Juan Carlos Belen Luna**

CINVESTAV-IPN

**José de Jesús Agustín Flores Cuautle**

“Secihti - Instituto Tecnológico de Orizaba”

**Asdrúbal López Chau**

Centro Universitario UAEM Zumpango

## Resumen

La luz es fundamental para la visión: al entrar al ojo, atraviesa sus diferentes estructuras hasta llegar a los fotorreceptores, que convierten esa luz en señales que el cerebro interpreta, permitiéndonos reconocer y comprender nuestro entorno. La pupila, que es el orificio en el centro del iris, regula cuánta luz ingresa al ojo. Estudiar el comportamiento de la pupila ha abierto nuevas oportunidades en campos tan diversos como el marketing, la medicina y la educación.

Esta investigación propone una alternativa basada en video-oculografía, una técnica de registro no invasivo que utiliza cámaras para estudiar el movimiento de los ojos, para analizar los reflejos pupilares cuando se exponen a estímulos de luz de colores primarios (rojo, verde y azul, conocidos como RGB). El objetivo es conocer, comprender y obtener datos significativos sobre el comportamiento de la pupila.

A partir de estos datos, es posible realizar análisis estadísticos que, en el futuro, permitirán desarrollar sistemas basados en inteligencia artificial para prevenir problemas visuales y apoyar el diagnóstico temprano de enfermedades oculares.

## Introducción

La visión juega un papel crucial en el desarrollo humano, ya que permite percibir el entorno y comprender la realidad. Desde las primeras etapas de la vida, la visión impulsa el desarrollo de habilidades cognitivas como la percepción, la atención y la memoria. Estas capacidades evolucionan desde la infancia hasta la adultez, siendo un motor clave en el progreso intelectual y tecnológico de la humanidad.

Según el blog de la Secretaría de Salud [1], en 2022 había 200 millones de personas en el mundo con algún problema visual, según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS). En México, existen 12 millones 237 mil personas con una deficiencia visual. Las principales afecciones incluyen errores de refracción (como miopía, hipermetropía y astigmatismo) y enfermedades más graves como catarata senil, degeneración macular, glaucoma, retinopatía diabética y opacidades en la córnea.

Muchas de estas condiciones pueden prevenirse o estabilizarse mediante un diagnóstico temprano. Por ello, es fundamental implementar técnicas que permitan detectar a tiempo posibles problemas visuales, evitando que avancen hasta provocar ceguera u otras complicaciones severas.

Actualmente, existen técnicas no invasivas para estudiar el reflejo pupilar, las cuales pueden asociarse con distintas enfermedades. Por ejemplo, en [2] se presenta un estudio sobre alteraciones de los reflejos pupilares en pacientes con depresión en la vejez. En [3], se describe un sistema de estimulación visual y registro de movimientos oculares mediante video-oculografía infrarroja (una técnica que utiliza luz infrarroja para capturar los movimientos del ojo) con el objetivo de detectar problemas neurodegenerativos. El trabajo de [4] demuestra, mediante pupilografía infrarroja, cómo es posible identificar alteraciones en pacientes con neuromielitis óptica y esclerosis múltiple. Asimismo, en [5] se desarrolla un sistema económico para estudiar y cuantificar el reflejo pupilar en personas con diabetes.

Este trabajo propone la implementación de un sistema computacional para estudiar y registrar de manera no invasiva el comportamiento y los reflejos pupilares. Esta información permitirá, en el futuro, aplicar técnicas de Inteligencia Artificial (IA) para reconocer patrones y establecer conexiones con posibles enfermedades. La organización del documento es la siguiente: primero se presenta un resumen sobre cómo viaja la luz a través del ojo; luego se describen algunas técnicas de estudio pupilar no invasivas (como el seguimiento ocular, la video-oculografía y la pupilometría); y, finalmente, se detalla la implementación del sistema computacional para obtener datos del área pupilar.

El paso de la luz en el ojo y los fotorreceptores. La luz es esencial para la visión. Al ingresar al ojo, atraviesa diversas estructuras que transforman y procesan la información. Estas partes se dividen en zonas externas, medias e internas del ojo, como se muestra en las Figuras 1 y 2.

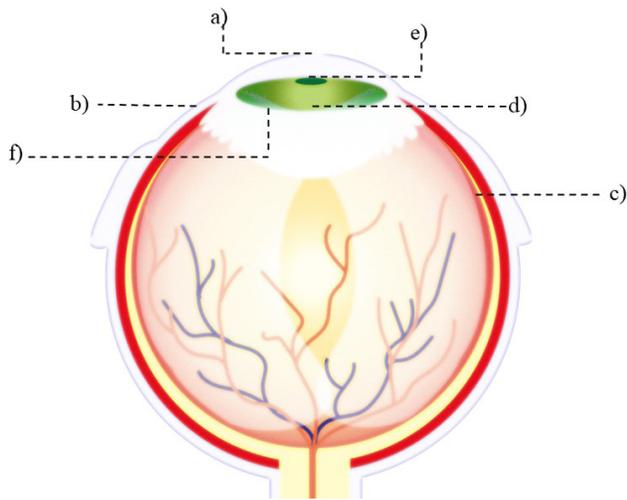
El ojo tiene forma semiesférica, con un diámetro de entre 26 y 28 milímetros. En su parte externa se encuentra la córnea, una capa transparente y curva que permite enfocar la luz hacia el interior. Detrás de la córnea está la esclerótica (o esclera), una capa blanca que protege el ojo y bloquea el paso de la luz [6].

En el centro del ojo se ubica el iris, una membrana que le da color al ojo.

En el centro del iris está la pupila, un orificio que regula el paso de la luz mediante dos músculos: el esfínter (que contrae la pupila, miosis) y el dilatador (que la expande, midriasis), para proteger los fotorreceptores de la retina.

Detrás del iris se encuentra el cuerpo ciliar, que junto con su músculo, permite el proceso de acomodación (ajuste de la curvatura del cristalino) para enfocar objetos a distintas distancias.

El cristalino es una lente transparente que permite enfocar la luz en un punto específico [7].



**Figura 1.** Localización anatómica de las partes exterior y media del ojo: a) córnea, b) esclerótica, c) coroides, d) iris, e) pupila y f) cuerpo ciliar.

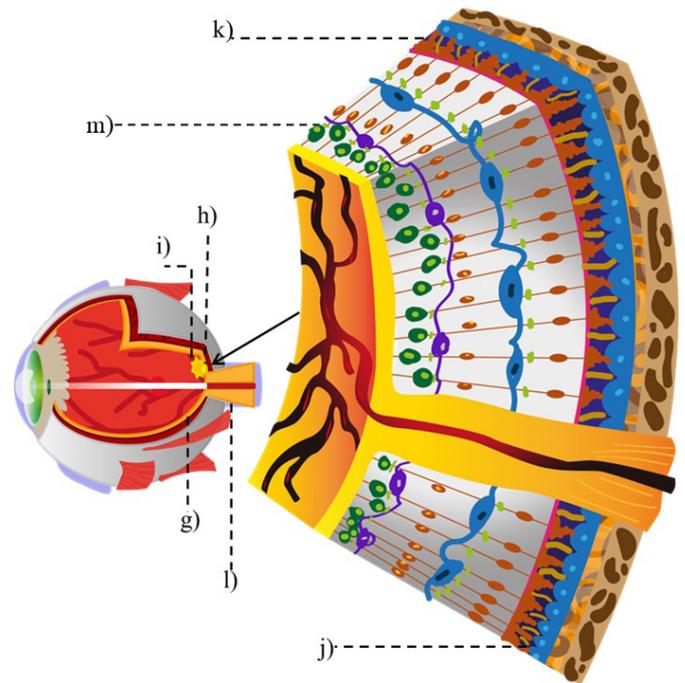
La retina es la capa más interna del ojo y está compuesta por fotorreceptores (células que perciben la luz) y células ganglionares. La retina capta las imágenes formadas por la luz, las convierte en impulsos eléctricos y los envía al cerebro a través del nervio óptico. En el centro de la retina está la mácula lútea, encargada de formar imágenes nítidas y reconocer detalles como colores y formas. En su centro se encuentran la fovea y la foveola, donde hay una alta concentración de fotorreceptores y células ganglionares, lo que permite una visión más precisa.

### Existen dos tipos de fotorreceptores:

- **Conos**, que permiten la visión central, la percepción de colores (rojo, verde y azul) y funcionan bien con luz intensa.
- **Bastones**, que permiten la visión periférica y son más sensibles en condiciones de poca luz, pero solo perciben tonos de gris.

La luz atraviesa la córnea y el cristalino, que funcionan como lentes para enfocar los rayos luminosos en la retina. Esta interpreta las señales y, mediante los conos y bastones, distingue formas, colores y distancias.

Finalmente, la información se transmite al cerebro a través del nervio óptico [6][7].



**Figura 2.** Localización de las partes del ojo mencionadas en la zona interna: g) retina, h) fovea, i) mácula, j) bastones, k) conos, l) nervio óptico, m) células ganglionares.

### Técnicas de estudio pupilar

El ojo y la visión son fundamentales para el ser humano, ya que permiten una vida independiente y un desarrollo social y cognitivo plenos. Por esta razón, se han impulsado numerosas investigaciones orientadas a encontrar soluciones a problemas médicos y visuales [8]. Entre estas investigaciones destacan técnicas como el seguimiento ocular, la video-oculografía y la pupilometría, todas ellas diseñadas para detectar los movimientos oculares y pupilares de manera no invasiva.

El **seguimiento ocular** (*eye-tracker*) es una técnica que utiliza sensores, cámaras infrarrojas y algoritmos para detectar hacia dónde está mirando una persona. Permite medir el tiempo que una persona pasa observando cierta información y analizar el comportamiento de la mirada. En medicina [9], se ha desarrollado un prototipo que integra un casco de realidad virtual con un eye-tracker para registrar los movimientos oculares y de las manos. Esta investigación sugiere que los patrones de movimiento ocular pueden ser biomarcadores de enfermedades neurodegenerativas como el Parkinson y el Alzheimer.

La **pupilometría** es una técnica que utiliza diferentes longitudes de onda de luz para estimular la pupila. En oftalmología, es común emplear esta herramienta para evaluar la salud ocular mediante estímulos de luz de distintos colores (cromáticos). Por ejemplo, en [10], se emplea luz en el espectro RGB (rojo, verde y azul) para realizar estudios en personas con glaucoma y analizar si es posible detectar la enfermedad en etapas tempranas.

La **video-oculografía** (VOG) permite registrar los movimientos del ojo o la pupila mediante una cámara. Para el registro se pueden utilizar videos o fotografías, y el análisis puede incorporar algoritmos de IA para evaluar la información obtenida. Por ejemplo, en [11], se presenta una opción para realizar estudios de retinopatía (enfermedad de la retina) en infantes mediante telemedicina, utilizando un conjunto de imágenes de retina para entrenar un algoritmo, logrando buenos resultados. Este trabajo es relevante, ya que muestra cómo las consultas remotas pueden apoyar el diagnóstico en lugares donde no hay acceso a tecnología médica avanzada.

En el estudio de los reflejos pupilares, se ha trabajado en la búsqueda de biomarcadores, es decir, características o señales biológicas que permiten identificar indicios de una enfermedad. En [12], se demuestra cómo la variación en el tamaño de la pupila tras una conmoción cerebral puede servir como biomarcador. El estudio analiza los cambios en el área y el reflejo pupilar según la edad y el sexo de los participantes.

Actualmente, en el **Centro Universitario UAEM Valle de México**, se está implementando una infraestructura y un sistema computacional para estudiar la pupila mediante estímulos cromáticos. Esto permitirá obtener datos relevantes sobre el sistema visual y, en el futuro, identificar biomarcadores pupilares que ayuden a prevenir problemas visuales.

## Implementación

Para la implementación del sistema computacional, se replicó el trabajo presentado en [13], que describe un sistema experimental para evaluar los reflejos pupilares (conocidos en inglés como Pupillary Light Reflex, PLR) utilizando estímulos de luz en colores RGB. Los ensayos fueron aprobados por el Comité de Ética en Investigación (CONBIOÉTICA-15-CEI-002-20210531) y realizados conforme a la Declaración de Helsinki, un conjunto de principios éticos para la investigación médica en seres humanos.

## Metodología y arquitectura

La metodología utilizada en [13] es de tipo **top-down**, es decir, se comienza desde una perspectiva general para luego desglosar los elementos específicos. En este caso, se construyó un sistema de **VOG** para grabar los reflejos pupilares y, posteriormente, analizar los datos extraídos de dichas grabaciones. La arquitectura, representada en la Figura 3, incluye los siguientes pasos:

1. Implementar un sistema VOG para registrar el efecto de dilatación de la pupila ante estímulos de luz RGB.
2. Seleccionar y descartar fotogramas que puedan afectar el análisis (por ejemplo, parpadeos o movimientos involuntarios).
3. Implementar un algoritmo de detección y cálculo del área pupilar, apoyado en técnicas de visión artificial.
4. Almacenar la información en una base de datos.
5. Realizar análisis estadísticos sobre los datos obtenidos.



Figura 3. Arquitectura utilizada para la implementación del sistema de evaluación de reflejos pupilares basada en [13].

## Instrumentación y aplicación

El sistema VOG para registrar los estímulos pupilares se instala dentro de una jaula de Faraday, que es un recinto que bloquea interferencias electromagnéticas, garantizando que el experimento se realice en completa oscuridad. Dentro de esta jaula, se coloca un campímetro (instrumento para medir la percepción visual en distintos puntos del campo visual) con iluminación de fondo mediante una tira de luces LED.

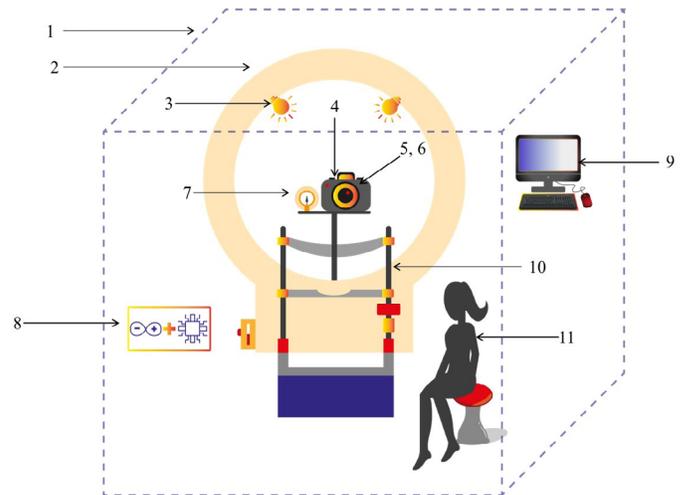
Para la grabación, se utiliza una cámara Canon Rebel T6 montada sobre una base deslizante, equipada con un lente macro de 50 mm para obtener tomas detalladas. Cada grabación dura 10 segundos por estímulo de color y se realiza en alta definición (HD) a 60 fotogramas por segundo (FPS).

La proyección de los estímulos de luz RGB se realiza mediante un LED de un watt, calibrado a  $93.19 \text{ cd/m}^2$ , controlado por una placa Arduino. El circuito está colocado a 30 cm de distancia del ojo del sujeto, junto a un teléfono inteligente. Los estímulos se aplican durante 10 milisegundos, tres veces, en un periodo de 10 segundos por cada color. Frente al lente de la cámara se coloca un anillo con 8 LEDs infrarrojos para mejorar la visibilidad en la oscuridad.

Para supervisar el proceso, una computadora permite duplicar el video en tiempo real y almacenar los resultados. El sujeto se sienta frente al lente macro en una base mentonera, desinfectada previamente, que sostiene la cabeza para evitar movimientos. La Figura 4 ilustra la disposición de los elementos.

Después de la grabación, el análisis de los datos puede realizarse fuera de la jaula de Faraday. En esta etapa, se eliminan los fotogramas donde el participante parpadea o cierra los ojos para evitar errores en el análisis. El cálculo del área pupilar se realiza utilizando el lenguaje de programación Python y la librería OpenCV, una herramienta de visión artificial que permite analizar imágenes y videos.

Los datos obtenidos se almacenan en una base de datos para su posterior análisis estadístico.



**Figura 4.** Representación gráfica de la disposición espacial de los elementos necesarios para la obtención de los estímulos pupilares: 1.- jaula de Faraday, 2.- campímetro, 3.- iluminación de fondo, 4.- cámara Canon Rebel T6, 5.- lente macro, 6.- anillo de luz infrarrojo, 7.- estímulo RGB, 8.- control con Arduino, 9.- computadora, 10.- sujeto de prueba.

En el CU UAEM Valle de México, esta investigación representa un paso inicial en el estudio del área pupilar mediante visión artificial. Actualmente, se cuenta con la infraestructura para realizar experimentos; sin embargo, es necesario definir la población de estudio. Se propone comenzar con estudiantes universitarios (de 18 a 22 años) y personal docente y administrativo, formando distintos grupos de prueba. El objetivo es obtener datos sobre los reflejos pupilares, entender los procesos de midriasis (dilatación de la pupila) y miosis (contracción), y encontrar patrones que puedan contribuir a la detección temprana de enfermedades a partir del estudio de los reflejos pupilares. La Figura 5 muestra un fotograma generado por esta investigación.



**Figura 5.** Fotograma de reflejo pupilar obtenido de la implementación del sistema computacional de [13].

### Conclusiones

La visión es un sentido fundamental en el desarrollo humano, ya que sin ella la interacción con el entorno se vería limitada y la percepción de la realidad cambiaría drásticamente. Por ello, la investigación sobre el ojo y las enfermedades visuales es esencial y debe ser divulgada de manera constante.

Este proyecto tiene un amplio potencial de crecimiento. Aunque se encuentra en una etapa inicial, ya se han logrado capturar fotogramas de reflejos pupilares (PLR) de manera satisfactoria. El análisis de estos reflejos podría ayudar a identificar patrones y definir biomarcadores, lo que facilitaría la detección, prevención o diagnóstico de enfermedades mediante técnicas de Inteligencia Artificial.

### Agradecimientos

Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT) por la beca otorgada para realizar esta investigación. Folio: EESP2024-1005.

### Referencias

[1] Secretaría de Salud, "Día Mundial de la Visión 2020", Gobierno de México. [En línea]. Disponible: <https://www.gob.mx/salud/es/articulos/dia-mundial-de-la-vision-2020?idiom=es>. [Fecha de acceso: Nov 14, 2024].

[2] Y.-T. Lee, Y.-H. Chang, H.-J. Tsai, S.-P. Chao, D. Y.-T. Chen, J.-T. Chen, Y.-G. Cherng, and C.-A. Wang, "Altered pupil light and darkness reflex and eye-blink responses in late-life depression," *BMC Geriatrics*, vol. 24, no.545, 2024. doi: <https://doi.org/10.1186/s12877-024-05034-w>

[3] F. H. Sánchez, T. V. Romaguera, and C. R. V. Seisdedos, "Sistema de estimulación y registro del movimiento ocular con el empleo de la videoculografía infrarroja," *MediSan*, vol. 24, no. 03, pp. 515-528, 2020.

[4] S. Samadzadeh, R. Abolfazli, S. Najafina, C. Morcinek, and P. Rieckmann, "Quantification of pupillary light reflex abnormalities in patients with neuromyelitis optica spectrum disorder and multiple sclerosis automated infrared pupillometry," *Journal of the Neurological Sciences*, vol. 405, Suppl., p. 53, Oct. 2019. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jns.2019.10.316>

[5] M. Jara, R. Araya, C. García, et al., "Probarán medición de reactividad pupilar como ayuda en la detección de retinopatía diabética," *Medicina Universidad de Chile*, 2021. [En línea]. Disponible: <https://medicina.uchile.cl/noticias/183263/probaran-medicion-de-reatividad-pupilar-para-pesquisar-retinopatia-> [Fecha de acceso: Abril 03, 2025].

[6] E. Graue, *Oftalmología en la práctica de la medicina general*, 5ta ed. Ciudad de México: Editorial Facultad de Medicina, UNAM | McGraw-Hill, 2019.

[7] F. Conti, P.P. Battaglini and E. Mora, *Oftalmología en la práctica de la medicina general*, 1ra ed. España: Editorial McGraw-Hill Interamericana de España S.L., 2010

[8] H. P. Monteiro, E. N. C. Rossi N.R, A. J Paranhos, A.F. Ueslei, G. I. Teodoro and R. C. Mrtins, "Evaluating machine learning techniques for enhanced glaucoma screening through Pupillary Light Reflex analysis," *ARRAY*, Sep. 2024. doi: <https://doi.org/10.1016/j.array.2024.100359>

[9] R. Santhoshikka, C. Laranya, C. Harshavarthini, R. Preetha, and K. Saran Kumar, "Eye tracking and its applications," *IJAR-SET*, vol. 8, no. 8, pp. 126 -130, Ago. 2021. doi: <https://doi.org/10.17148/IARJSET.2021.8824>

[10] M. C. Tripolone, L. A. Issolio, C. A. Aguero, A. Lavaque and P. A. Barrionuevo, "Pupílometría cromática en pacientes con sospecha de glaucoma primario de ángulo abierto," *Oftalmología Clínica y Experimental*, vol. 16, no. 4, pp. 346-356, Dic. 2023. doi: <https://doi.org/10.17148/IARJSET.2021.8824>

[11] A. S. Coyner, T. Murickan, M. A. Oh, B. K. Young, S. R. Ostmo, P. Singh, R. V. P. Chan, D. M. Moshfeghi, P. K. Shah, N. Venkatapathy, M. F. Chiang, J. Kalpathy-Cramer, and J. P. Campbell, "Multinational external validation of autonomous retinopathy of prematurity screening," *JAMA Ophthalmol.*, vol. 141, no. 3, pp. 264-272, 2023. doi: <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2023.0100>

[12] F. R. Carrick, S. F. Azzolino, M. Hunfalvay, G. Pagnacco, E. Oggero, R. C. N. D'Arcy, M. Abdulrahman, and K. Sugaya, "The pupillary light reflex as a biomarker of concussion," *Brain Injury*, vol. 37, no. 1, pp.12-19, 2024. doi: <https://doi.org/10.1080/02699052.2024.1909234>

[13] J. C. Belen-Luna, C. O. González-Morán, V. Lima-Gómez and E. Suaste-Gómez, "Pattern Recognition of Pupillary Reflex Dynamics to Isoluminescent RGB Chromatic Stimuli," presentada en In Mexican Conference on Pattern Recognition, Jun. 2024, doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-62836-8\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-031-62836-8_13)



# Fabricar en casa: motivaciones, retos y posibles soluciones

**Jesús Armando García Contreras**

**\*Blanca Ivette Duarte Álvarez**

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

*blanca.duarte@uacj.mx*

## Resumen

El movimiento maker reúne a entusiastas que fabrican objetos personalizados utilizando tecnologías como la impresión 3D y el corte láser. Más allá de la simple fabricación, este fenómeno responde a la necesidad de personalización, el aprendizaje de nuevas habilidades y la satisfacción de crear algo propio. Los makers buscan crear y adaptar objetos a sus necesidades específicas, desarrollando conocimientos en fabricación digital.

Las motivaciones principales de la comunidad incluyen la posibilidad de aprender habilidades técnicas, la personalización de productos y, en algunos casos, el ahorro de costos. Además, el espíritu colaborativo fomenta el intercambio de conocimientos en foros y espacios conocidos como maker spaces. Sin embargo, enfrentan desafíos como el acceso limitado a herramientas, la dificultad de usar programas de diseño y los retos propios de fabricar objetos.

Para facilitar la participación de más personas en la fabricación DIY (Do It Yourself, es decir, “hazlo tú mismo”), se presenta una herramienta digital que permite configurar muebles de manera sencilla. Esta plataforma ayudaría a personalizar dimensiones y generar archivos listos para la fabricación, reduciendo la curva de aprendizaje. Aunque no es una solución definitiva, representa un paso importante para hacer el movimiento maker más accesible, incentivando la creatividad y la colaboración.

## Introducción

**H**oy en día, no es raro encontrar grupos de entusiastas que se dedican a “hacer” o “fabricar” todo tipo de objetos por su

cuenta: lámparas, juguetes, dispositivos electrónicos, o incluso mobiliario para el hogar u oficinas. A este fenómeno se le conoce como movimiento maker, comunidades donde se entrelazan la cultura del hazlo tú mismo (DIY, por sus siglas en inglés), la

creatividad y el acceso a tecnologías de fabricación digital, como el corte láser e impresión 3D.

Pero ¿qué hay detrás de esta pasión por crear, personalizar y aprender nuevas habilidades? ¿Por qué tanta gente decide invertir su tiempo en fabricar productos únicos o personalizados en lugar de comprar opciones ya disponibles en tiendas? En este artículo se expondrán algunas razones que llevan a la comunidad maker a sumergirse en el mundo de la fabricación DIY.

Veremos sus motivaciones, los retos que enfrentan y cómo el desarrollo de herramientas digitales puede facilitarles la tarea de diseñar y producir objetos a su medida.

## La cultura maker y la importancia de la personalización

El movimiento maker suele asociarse con espacios llamados fab labs (laboratorios de fabricación) o maker spaces, donde las personas encuentran herramientas avanzadas —como impresoras 3D y cortadoras láser— y comparten proyectos, conocimientos y consejos.

Aunque no todos los makers tienen acceso a estos equipos en casa, estos espacios colaborativos permiten que, con un poco de curiosidad y creatividad, cualquiera pueda aprender a diseñar y fabricar objetos [1].

Pero ¿por qué es tan relevante la personalización? Una de las respuestas más habituales es que crear algo a medida hace que el objeto sea más útil y significativo.

Imaginemos, por ejemplo, a una persona que vive en un departamento pequeño y no encuentra un mueble comercial que se adapte perfectamente a su espacio. Fabricarlo por su cuenta no solo resuelve el problema de espacio, sino que también aporta un toque personal. Además, la posibilidad de involucrarse en el diseño despierta un sentido de propiedad emocional, pues el mueble final es mucho más que un producto: es el fruto de un aprendizaje y un proceso creativo [2].

## Motivaciones de la comunidad maker: ¿por qué fabricar en casa?

Para conocer mejor las motivaciones de la comunidad maker, se realizó una encuesta en línea dirigida a integrantes de foros y grupos donde los makers suelen acudir para resolver dudas o compartir proyectos. El cuestionario recopiló información sobre sus motivaciones, habilidades y las barreras que enfrentan al realizar sus proyectos. Con base en los datos obtenidos y estudios previos [3], se identificaron factores clave que impulsan a estas personas a diseñar y fabricar sus propios productos.

- **Aprendizaje de habilidades.** Más del 60% de los participantes en la encuesta afirmó que uno de los aspectos más gratificantes de ser maker es aprender y mejorar habilidades técnicas. Desde usar programas de modelado 3D hasta cortar madera con herramientas tradicionales, disfrutaban del proceso de aprendizaje continuo [4].

- **Deseo de personalización.** Aproximadamente el 75% mencionó que la personalización —en dimensiones, colores, materiales o formas— es su principal motivación. Fabricar un producto “a la medida” permite adaptarlo a las necesidades funcionales y preferencias estéticas de cada persona. No se trata solo de un aspecto práctico, sino de expresar identidad y creatividad [5].

- **Colaboración.** En el ADN de la cultura maker existe una tendencia a compartir. Se aprenden trucos en foros, se intercambian diseños digitales y se recibe retroalimentación de otros usuarios. Este ambiente resulta inspirador y ayuda a quienes inician sin mucha experiencia [6].

- **Ahorro de costos** (en algunos casos). Aunque acceder a herramientas especializadas puede requerir inversión (o acudir a un maker space), muchos consideran que fabricar sus propios muebles es más económico que comprarlos en tiendas. El factor económico no siempre es determinante, pero sí es un beneficio adicional.

## Del diseño a la práctica

No todo es sencillo en el mundo DIY. Para algunas personas, la curva de aprendizaje puede ser empinada: aprender a usar un software de diseño, manejar equipos de corte, dominar técnicas de ensamble... Cada paso requiere habilidades que pueden ser un obstáculo si no se cuenta con la información o la práctica necesaria [7].

## Acceso a herramientas

Aunque la red de maker spaces y fab labs crece en el mundo (Figura 1), no todas las regiones tienen acceso igualitario. En algunas zonas urbanas hay múltiples espacios colaborativos con maquinaria avanzada, pero en áreas menos pobladas o alejadas de grandes ciudades, los makers pueden depender de talleres colectivos o de la colaboración con otros. Esta desigualdad puede retrasar o impedir que muchas ideas lleguen a materializarse [8].

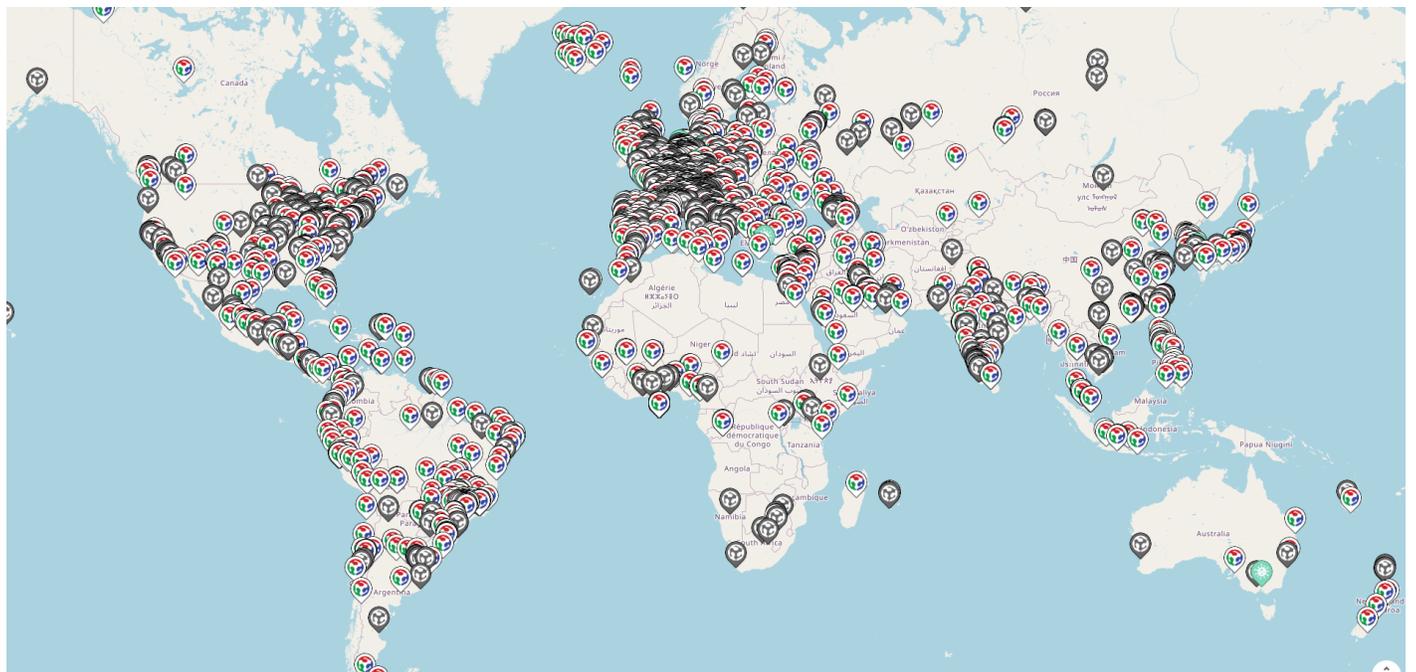


Figura 1. Mapa de la red de fablabs en el mundo.

## Dificultad de uso del software

Programas como Blender o Fusion 360 ofrecen múltiples posibilidades, pero pueden ser abrumadores para principiantes.

Otras herramientas, como Tinkercad (figura 2), son más fáciles de usar, aunque limitadas para proyectos complejos o que requieren cálculos de resistencia [3].

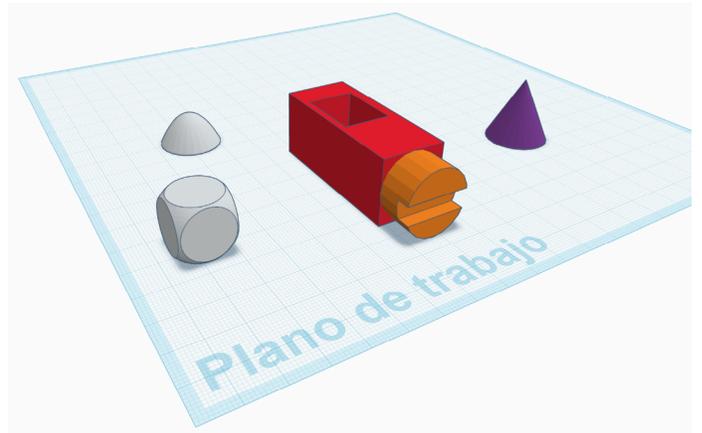


Figura 2. Lienzo de trabajo de Tinkercad <https://www.tinkercad.com/>.

## Trabajo con madera y componentes impresos

Muchas personas tienen impresoras 3D en casa y desean combinar piezas de plástico con elementos de madera. Sin embargo, elegir el tipo de filamento

(material de impresión) o la madera adecuada, y saber cómo unirlos correctamente, requiere conocimientos sobre técnicas de ensamble, adhesivos y tornillos.

### SketchChair: un ejemplo a seguir

SketchChair es un proyecto que combina creatividad y tecnología para permitir a cualquier persona diseñar sus propias sillas personalizadas. La herramienta central es un software de modelado 3D muy fácil de usar, lo que permite a cualquiera, sin importar su experiencia, dar rienda suelta a su imaginación (Figura 3).

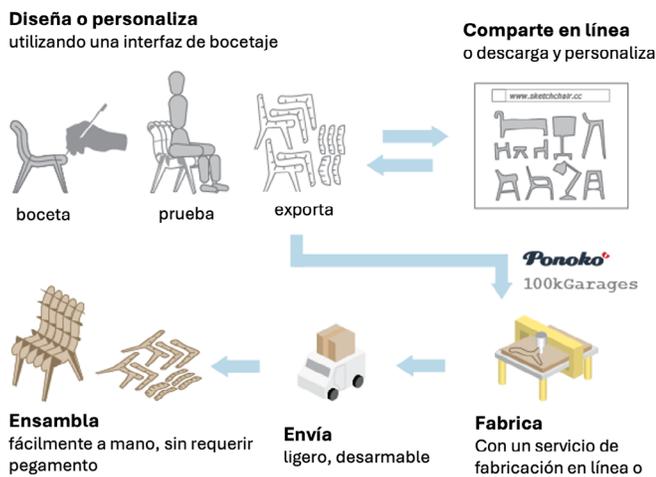


Figura 3. Flujo de trabajo de SketchChair (Diatom Studio).

Lo más destacado de SketchChair es que no se limita al diseño. Una vez que completas tu proyecto, el software genera automáticamente los planos y archivos necesarios para la fabricación, listos para ser usados en una cortadora láser o router CNC (máquinas controladas por computadora para cortar materiales). El proyecto, creado por Greg Saul y el grupo de Diseño de Interfaz de Usuario JST ERATO Igarashi en Tokio, ha tenido gran impacto, presentándose en conferencias y eventos de diseño. Gracias al apoyo de patrocinadores, SketchChair se financió exitosamente en Kickstarter y se lanzó como un sistema de código abierto y gratuito [9].

### Una herramienta digital para configurar muebles: ¿solución o primer paso?

Uno de los aportes principales de esta investigación es la propuesta de crear una herramienta digital para configurar muebles. La idea es que, mediante una interfaz sencilla, cualquier maker pueda ajustar medidas (alto, largo, ancho), co-diseñando un mueble según sus necesidades y el espacio disponible. Después, la herramienta generaría los planos o archivos listos para la fabricación (ya sea en casa o en un maker space).

Esta herramienta busca reducir la complejidad de aprender software avanzado y facilitar la personalización (Figura 4). Además, permitiría que personas con poca experiencia no se sientan limitadas por su falta de conocimientos en carpintería o diseño digital.

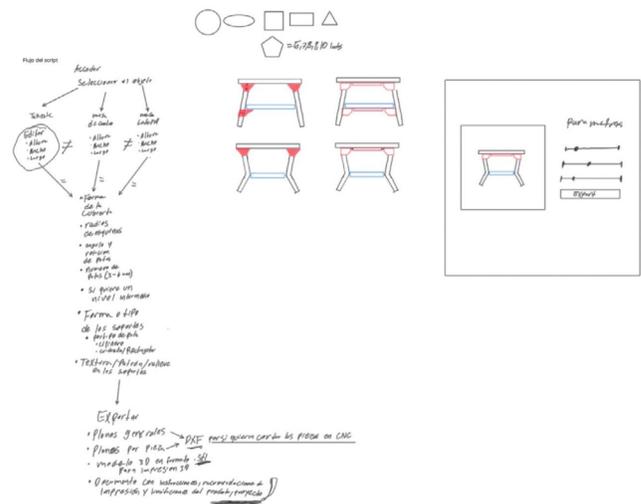


Figura 4. Boceto con ideas de los pasos de interacción del usuario con la herramienta (creación propia).

¿Es la solución definitiva? Seguramente no. Siempre será necesario experimentar y practicar en el mundo real. Sin embargo, esta herramienta podría ser un puente para que más personas participen en la fabricación DIY de mobiliario, impulsando la creatividad y la colaboración.

## De la encuesta a la herramienta

Los resultados de la encuesta a los makers sirvieron de guía para diseñar la herramienta:

- Personalización. Tres de cada cuatro encuestados la consideraron su principal motivación. Por eso, en el panel izquierdo de la herramienta (Figura 5) permite ajustar medidas, colores y otros valores, que se actualizan al instante.

- Aprender mientras se experimenta. Más de la mitad disfruta descubrir cómo funcionan las cosas. Por ello, la herramienta muestra los cambios en tiempo real en un visor central, permitiendo ver cómo afecta cada ajuste. También incluye un botón de realidad aumentada para previsualizar el proyecto en su espacio real.

- Sin software complicado. Casi la mitad considera que los programas CAD son intimidantes. Por eso, la herramienta reduce los pasos al mínimo: solo es necesario ajustar algunos valores, revisar el modelo y descargar un archivo ZIP con los planos y archivos listos para fabricar.

Aunque hay barreras y la curva de aprendizaje puede ser un desafío, el movimiento sigue creciendo gracias a su espíritu colaborativo y a la motivación por personalizar objetos cotidianos. La propuesta de una herramienta digital para configurar muebles es una alternativa prometedora para quienes desean diseñar y fabricar sin ser expertos en diseño 3D o carpintería.

Desde esta plataforma, los usuarios podrían ajustar medidas, elegir materiales y generar archivos listos para impresión 3D o corte en madera.

Así, la fabricación DIY de mobiliario podría ser más incluyente y creativa, reforzando esa sensación de logro personal y conexión emocional que tanto motiva a la comunidad maker.

Al final, se trata de una invitación a imaginar espacios únicos, diseñados a la medida, y a disfrutar el proceso de aprendizaje más allá de una simple compra.

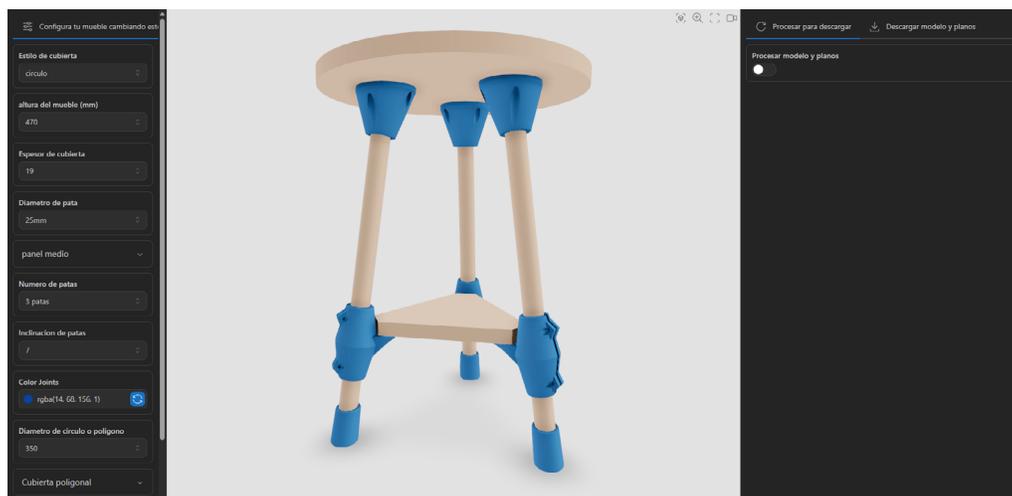


Figura 5. Vista de la herramienta para configurar muebles disponible en [www.wekanastudio.com](http://www.wekanastudio.com) (creación propia).

## Conclusiones

La comunidad maker no se conforma con comprar productos prefabricados: valoran la capacidad de crear, aprender y expresar su estilo mediante la fabricación digital.

## Referencias

- [1] P. Blikstein, "Travels in Troy with Freire: technology as an agent of emancipation", en *Social Justice Education for Teachers Paulo Freire and the Possible Dream*, BRILL, 2008, pp. 205–244. doi: <https://doi.org/10.1163/9789460911446>.

- [2] R. Oxman, “Theory and design in the first digital age”, *Des Stud*, vol. 27, núm. 3, pp. 229–265, may 2006, doi: 10.1016/j.destud.2005.11.002.
- [3] S. Kuznetsov y E. Paulos, “Rise of the expert amateur”, en *Proceedings of the 6th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Extending Boundaries*, New York, NY, USA: ACM, oct. 2010, pp. 295–304. doi: <https://doi.org/10.1145/1868914.1868950>.
- [4] J. Cutcher-Gershenfeld, A. Gershenfeld, y N. Gershenfeld, “Digital fabrication and future of the work”, *High-tech futures*, pp. 8–13, 2018.
- [5] B. G. C. Dellaert, “The Consumer Production Journey: Marketing to Consumers as Co-Producers in the Sharing Economy”, *SSRN Electronic Journal*, ene. 2018, doi: <https://doi.org/10.2139/SSRN.3102773>.
- [6] N. Gershenfeld, “How to Make Almost Anything The Digital Fabrication Revolution”, *Foreign Affairs*, vol. 91, núm. 6, pp. 43–57, 2012. <https://www.jstor.org/stable/41720933>
- [7] J. Hagel III, J. Seely Brown, y L. Davison, “From Do It Yourself to Do It Together”, *Harvard Business Review*, feb. 2010.
- [8] P. C. Herrera, R. Scheeren, y D. M. Sperling, *APPROPRIATIONS OF DIGITAL FABRICATION FROM LATIN AMERICA >>>2022 3.0*. Editorial UPC, 2022.
- [9] Diatom Studio, “SketchChair”. Consultado: el 21 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://diatom.cc/sketchchair>



# Impacto del diseño de mobiliario en alumnos universitarios con TDAH

**Lic. Diana Díaz**

**\*Mtro. Armando Martínez**

**Dr. David Cortés**

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

*armando.martinez@uacj.mx*

## Resumen

En la mayoría de las aulas de las instituciones de educación superior, el mobiliario no está diseñado considerando a alumnos con trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH). Aunque el mobiliario se ha uniformado para todos los integrantes de una clase, las necesidades de cada persona son distintas. Para este sector creciente de la población, es complicado desempeñarse igual que otros estudiantes, ya que sus síntomas incluyen falta de concentración e inquietud constante, lo que genera una necesidad de movimiento. Este artículo aborda la problemática del mobiliario actual en relación con los alumnos con TDAH y propone cómo el diseño de producto puede ofrecer soluciones.

## Introducción

El propósito del siguiente artículo es analizar cómo el mobiliario puede impactar de forma positiva o negativa a estudiantes con TDAH y cómo el diseño puede generar soluciones innovadoras a esta problemática.

El mobiliario en las aulas de cualquier centro educativo tiene un impacto directo en el desempeño y experiencia de los alumnos. Es en contacto con sillas, bancos, mesas y escritorios donde los estudiantes pasan la mayor parte del día desarrollando sus

actividades académicas. El mobiliario estandarizado no toma en cuenta las diferencias individuales.

En este sentido, es importante considerar a estudiantes con TDAH, para quienes el mobiliario tradicional podría no ser adecuado (Figura 1).

Se estima que de los 3.8 millones de estudiantes universitarios en México en 2019, un 4 % (alrededor de 150 mil personas) cumplían con los criterios para ser diagnosticados con TDAH.

## Alumnos universitarios que cuentan con sintomatología de TDAH en el país



**Figura 1.** Gráfica de universitarios en México con sintomatología de TDAH.

Aunque se creía que solo afectaba a niños, hoy se sabe que a nivel global el 8.8 % de la población lo padece y que el trastorno tiene una prevalencia del 0.7 % en adultos mayores de 20 años [1].

Este trastorno afecta a los estudiantes, quienes tienden a evitar actividades que requieren concentración sostenida. Según el DSM-5 (Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales), otros síntomas incluyen desorganización, dificultad para terminar tareas, inquietud constante y distracción con facilidad [2].

El diseño de producto puede desarrollar soluciones innovadoras para mejorar la experiencia educativa de estudiantes con esta condición.

### El alumno con TDAH

Los estudiantes con TDAH enfrentan dificultades en aulas tradicionales, donde deben permanecer sentados largos periodos y prestar atención en espacios poco cómodos (Figura 2). Este trastorno de origen neurológico afecta principalmente la concentración, dificultando su desempeño académico. Si hay síntomas de hiperactividad, el impacto puede ser aún mayor en los ámbitos social, académico o laboral [2].



**Figura 2.** Alumno teniendo dificultades para concentrarse.

Es fundamental que los estudiantes cuenten con un entorno saludable para su desarrollo académico. Para diseñar soluciones adecuadas, se debe considerar la ergonomía (estudio de la eficiencia en el entorno de trabajo) y la neuroergonomía, que analiza cómo responde el cerebro humano en distintos contextos, como el estudio [3].

Por ejemplo, para mitigar síntomas como la hiperactividad, las personas pueden autorregularse sensorialmente mediante pequeños movimientos repetitivos [3].

En las instituciones de educación superior, fomentar valores como el respeto y la inclusión impulsa la educación. En la UACJ, se considera que para lograr el aprendizaje, las personas deben sentirse respetadas, recibidas, acompañadas e inspiradas [4]. Para estudiantes con TDAH, es fundamental sentirse incluidos y contar con espacios adecuados que atiendan sus necesidades.

### Mobiliario tradicional

El diseño de mobiliario ha influido en cómo se llevan a cabo las actividades educativas, incluso en la disposición del espacio y la disciplina en clase. En muchas aulas universitarias, el mobiliario se reduce a un escritorio y una silla.

Estas sillas tipo visitante suelen ser de polipropileno rígido con estructura de acero tubular (acabado en pintura epóxica negro mate), sostenidas por dos barras en forma de “U”.

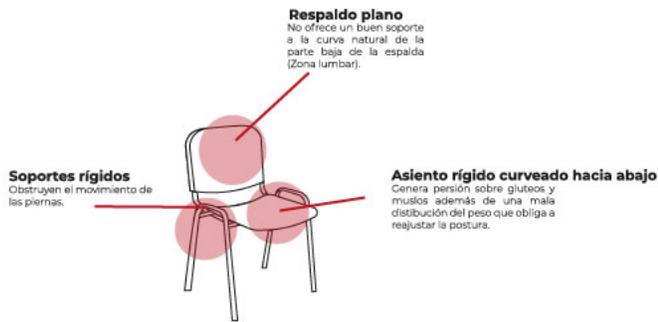


Figura 3. Silla tipo visitante.

Estas sillas no presentan problemas de funcionalidad o calidad, pero sí de comodidad. Sentarse durante largos periodos en una superficie rígida puede causar malestar físico, lo cual interfiere con la concentración, especialmente en estudiantes con TDAH (Figura 3).

### Soluciones al mobiliario actual

Un estudio de 2021 señala que la postura de los usuarios en los asientos varía constantemente, por lo que los diseños deberían adaptarse a esta variabilidad, incluso mientras están sentados [5].

En México, el manual “Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones” contiene un volumen sobre diseño de mobiliario que regula mesas y asientos escolares, promoviendo posturas adecuadas (Figura 4) [6].

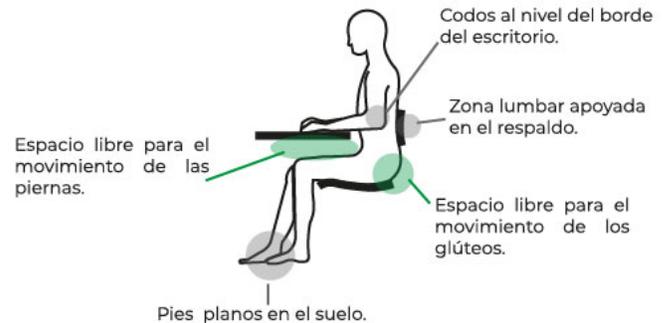


Figura 4. Posición sedente sugerida al utilizar las sillas escolares

Sin embargo, esta postura “correcta” no se mantiene mucho tiempo. En la práctica, los estudiantes cruzan, flexionan, balancean o deslizan sus piernas en busca de comodidad. Este comportamiento natural no es considerado por los diseños tradicionales.

En el pasado, se propusieron soluciones para alumnos de educación básica, como pelotas de terapia o cojines suaves, que favorecen el movimiento durante la clase. Estas alternativas demostraron ser efectivas, pero en estudiantes universitarios podrían no ofrecer los mismos beneficios, dada la diferencia de contextos [7].

Por ejemplo, en 2003 se creó la “balance ball chair”, retomada en años posteriores para preescolares y alumnos de primaria.

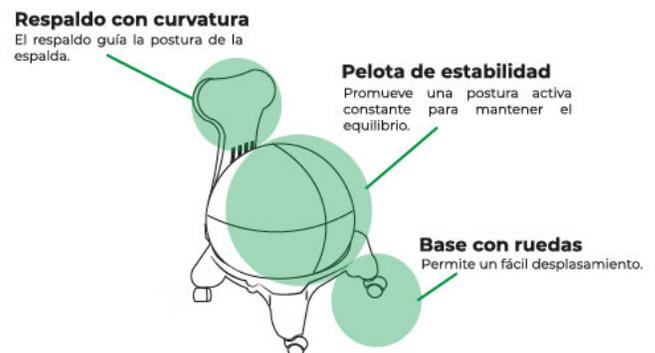


Figura 5. Balance ball chair.

La solución podría estar en asientos que promuevan movimiento moderado, mejorando la concentración y permitiendo autorregulación. No obstante, las dimensiones y el estilo de estos asientos no se adaptan fácilmente a aulas universitarias.

Diseñadores como Peter Opskiv desarrollan asientos que se ajustan a un cuerpo en movimiento constante. Aunque no están dirigidos específicamente a personas con TDAH, su enfoque puede inspirar soluciones al problema. Por ejemplo, sus diseños consideran el movimiento de los pies o posturas alternativas, como apoyar las rodillas para liberar presión en la pelvis.



Figura 6. Silla Variable de Peter Opskiv.

## Conclusión

Comprender la sintomatología del TDAH permite diseñar soluciones creativas que mejoren la experiencia educativa de estos estudiantes. Una proporción creciente de la población universitaria se beneficiaría de mobiliario que se adapte a sus necesidades, promoviendo mayor interacción y comodidad.

El mobiliario debe evolucionar con los avances en ergonomía y salud mental. Un diseño adecuado no solo favorece a estudiantes con TDAH, sino también a toda la comunidad universitaria. La ergonomía es clave en el proceso de diseño, ya que un mueble mal diseñado puede causar molestias físicas y mentales. Es esencial considerar dimensiones y formas adecuadas, así como los movimientos naturales del cuerpo humano.

El TDAH puede afectar el desempeño académico. Dificultades para concentrarse y la necesidad de moverse constantemente exigen entornos de aprendizaje adaptativos e inclusivos.

El mobiliario escolar es esencial para el aprendizaje. No debe imponer condiciones al estudiante, sino adaptarse a sus necesidades. En el pasado, se han desarrollado asientos interactivos para niños con resultados positivos, pero se ha ignorado a los estudiantes universitarios. Hoy, más personas con trastornos como el TDAH acceden a la educación superior, lo que invita a repensar la diversidad en las aulas. El uso del diseño como agente de cambio en la sociedad permite crear soluciones a diversos problemas del entorno de manera creativa. ¿Es entonces el diseño capaz de aportar soluciones que mejoren la calidad de vida de las personas convergiendo con otras disciplinas?

## Referencias

- [1] Organización Panamericana de la Salud. Informe mundial sobre la salud mental: Transformar la salud mental para todos. Washington, D.C.: OPS; 2023. doi: <https://doi.org/10.37774/9789275327715>
- [2] American Psychiatric Association. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. Fifth Edition (DSM 5). Arlington, VA: American Psychiatric Publishing; 2013. doi: <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596>
- [3] Ayaz H, Dehais F, eds. Neuroergonomics: The Brain at Work and in Everyday Life. Cambridge, MA: Academic Press; 2019. doi: <https://doi.org/10.1016/C2016-0-02196-4>
- [4] Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Modelo educativo visión 2040. Juárez: UACJ; 2022. Disponible en: <https://www.uacj.mx/Transparencia/Documents/Modelo%20Educativo%20UACJ%202040.pdf>
- [5] Chen YL, Chan YC, Zhang LP. "Postural variabilities associated with the most comfortable sitting postures: A preliminary study." Healthcare (Switzerland). 2021;9(12). doi: <https://doi.org/10.3390/healthcare9121685>
- [6] Secretaría de Educación Pública. Normas y especificaciones para proyectos, construcción e instalaciones. Volumen 3: Habitabilidad y Funcionamiento. Tomo III: Diseño de mobiliario. Ciudad de México: SEP; 2019. Disponible en: <https://www.dgpi.es/gob.mx/normas/NORMAS%20Y%20ESPECIFICACIONES%20PARA%20PROYECTOS.pdf>

- [7] Rahman JA, Zafirah NZ, Zahari M, Jasmani I, Kamarudin Z. "Review of an alternative seating for Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) children." International Journal for Studies on Children, Women, Elderly and Disabled. 2018;3:103–109. Disponible en: [https://www.ijcweds.com/wp-content/uploads/2018/07/IJCWED3\\_JA\\_Rahman.pdf](https://www.ijcweds.com/wp-content/uploads/2018/07/IJCWED3_JA_Rahman.pdf)



# Impresión 3D en el Futuro de los Robots

**Samuel Burgos Fausto**

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

*samuel.burgos@uacj.mx*

## Resumen

Los rodamientos fabricados mediante impresión 3D están transformando la creación de articulaciones robóticas, al ofrecer soluciones funcionales que no requieren ensamblaje. Gracias al uso de inteligencia artificial es posible diseñar brazos robóticos personalizados y optimizados para su fabricación mediante impresión 3D, integrando estos rodamientos como componentes esenciales de sus articulaciones. Esta tecnología también permite la impresión directa en el sitio de uso, lo que facilita la producción de piezas adaptadas a necesidades específicas. Además, los polímeros empleados en la impresión 3D pueden diseñarse para operar eficazmente en entornos extremos, donde su desempeño resulta crucial.

## Introducción

El rápido avance de las tecnologías de fabricación aditiva —también conocida como impresión 3D— ha revolucionado la producción de piezas con geometrías complejas y componentes personalizados. Uno de los métodos más comunes dentro de esta tecnología es el modelado por deposición fundida (FDM, por sus siglas en inglés), conocido por su simplicidad y versatilidad [1], [2] (Figura 1).

La fabricación de componentes robóticos mediante impresión 3D se está convirtiendo en una práctica cada vez más común [3]. Esta tecnología

ofrece ventajas importantes frente a otros métodos, ya que permite producir objetos personalizados directamente en el lugar de trabajo, incluso en sitios remotos —como plataformas petroleras, embarcaciones o regiones con temperaturas extremas—. Esto abre nuevas oportunidades en términos de eficiencia energética, ahorro de tiempo y reducción de costos [4], [5], [6].

Una de sus mayores fortalezas es la posibilidad de crear sistemas con múltiples articulaciones en un solo paso, sin necesidad de ensamblaje, y manteniendo la movilidad deseada [7]. El uso combinado de esta tecnología con materiales plásticos reforzados permite diseñar piezas mecánicas

complejas e integradas en una sola impresión. Esta capacidad resulta especialmente útil cuando los robots tradicionales enfrentan dificultades para operar debido a condiciones ambientales adversas o falta de repuestos.

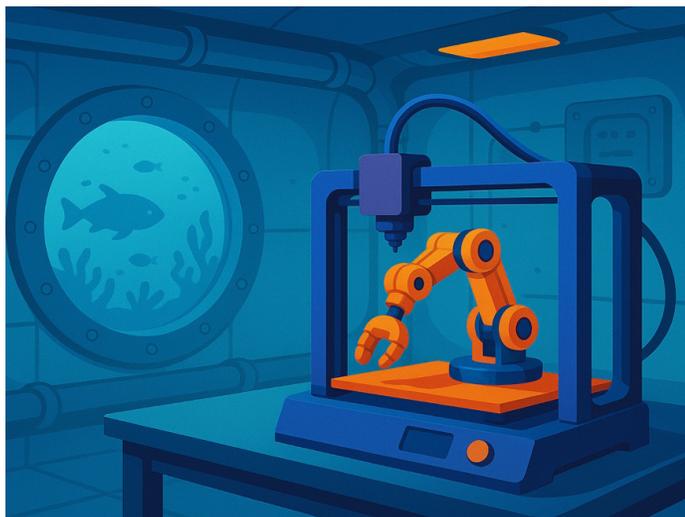


Figura 1. Impresión de brazo robótico en lugar remoto.

### Manufactura aditiva

La manufactura aditiva, o impresión 3D, abre un nuevo horizonte para el diseño personalizado de piezas, gracias a sus avanzadas capacidades de modelado y la variedad de materiales resistentes que utiliza. Ha revolucionado la creación de brazos robóticos funcionales, al permitir fabricar estructuras complejas de una sola vez. Esto reduce significativamente los costos y los tiempos de producción al eliminar el ensamblaje de múltiples partes.

Además, su capacidad de personalización facilita la adaptación de los diseños a diversas aplicaciones industriales, mejorando la precisión de los movimientos.

Paralelamente, los avances en materiales como plásticos reforzados y compuestos metálicos han permitido que los brazos robóticos sean más resistentes, duraderos y funcionales.

La manufactura aditiva está generando nuevas oportunidades para desarrollar brazos robóticos de alto rendimiento, con énfasis en la eficiencia de recursos y la personalización.

### La impresión 3D y la inteligencia artificial

La combinación de impresión 3D con inteligencia artificial (IA) está transformando la manera en que se diseñan y fabrican productos (Figura 2). La IA mejora el proceso de impresión en varias formas: optimiza los diseños, asegura un control de calidad más preciso, automatiza ajustes y permite personalizar productos de acuerdo con necesidades específicas.

Este enfoque conjunto proporciona mayor flexibilidad, eficiencia y precisión en la creación de productos complejos, abriendo un abanico de nuevas oportunidades en sectores tan diversos como el automotriz, el médico o el aeroespacial.

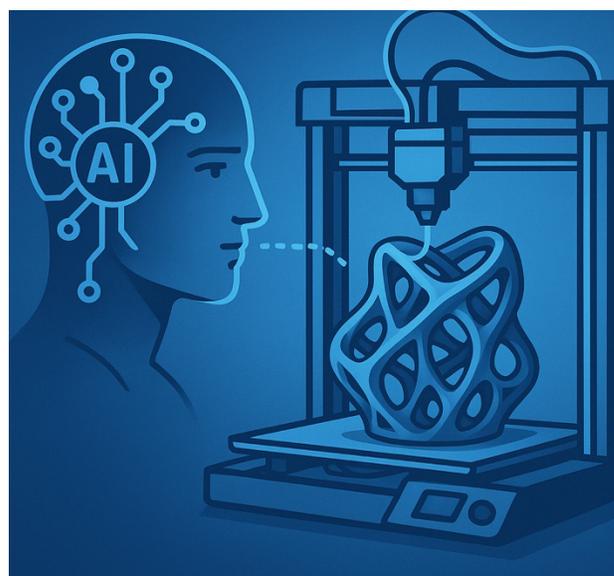


Figura 2. Inteligencia artificial y manufactura aditiva trabajando en diseños personalizados.

### Polímeros en la manufactura aditiva

Los polímeros son materiales formados por cadenas largas de moléculas, como ciertos plásticos, que pueden ofrecer alta resistencia mecánica y térmica, además de elasticidad. Hoy en día, muchos polímeros adaptados a la manufactura aditiva son extremadamente fuertes y más ligeros que algunos metales.

En las articulaciones robóticas, los rodamientos de plástico (piezas que permiten movimiento giratorio o lineal entre partes) representan una

alternativa superior a los metálicos. No requieren lubricación, son más silenciosos y funcionan mejor en ambientes secos o corrosivos. Además, tienen una vida útil más prolongada, no necesitan mantenimiento y ofrecen un rendimiento excelente, especialmente en condiciones de alta humedad o temperaturas extremas.

Una de las ventajas más importantes de la impresión 3D en este contexto es la posibilidad de producir los brazos robóticos directamente en el sitio donde se necesitan. Además, permite diseñar piezas con formas altamente personalizadas, lo que abre nuevas posibilidades para crear soluciones adaptadas a situaciones específicas.

Hoy en día, un brazo robótico comercial puede costar miles de dólares y tardar meses en ser entregado. Con la manufactura aditiva, se logran ahorros significativos en costos, tiempo de producción y envío. También se reduce la complejidad de los ensamblajes y se optimiza el uso de materiales, haciendo el proceso mucho más eficiente.

### Rodamientos como articulación robótica

En la manufactura aditiva existen varios tipos de rodamientos que pueden ser usados como articulaciones robóticas (Figura 3), como el engranaje helicoidal, el rodamiento lineal dentado y el rodamiento de bolas. Estos elementos permiten mejorar el rendimiento y la durabilidad de las articulaciones, reduciendo vibración y ruido en comparación con sus equivalentes metálicos.

Un análisis ha mostrado que el tipo de rodamiento más adecuado para una articulación robótica es el helicoidal.

Este tipo cuenta con cilindros dentados, similares a los engranajes helicoidales en su centro, rodillos y cara interna. Su diseño permite imprimirlo tanto en posición vertical como horizontal sin perder funcionalidad.

Gracias a esto, es posible imprimir brazos robóticos completos en una sola operación, sin necesidad de ensamblaje, con articulaciones totalmente funcionales desde el primer momento.



**Figura 3.** Rodamientos en manufactura aditiva como articulaciones robóticas sin ensambles para fabricar brazos robóticos.

### Conclusión

Los rodamientos fabricados por impresión 3D representan una solución innovadora para crear articulaciones robóticas funcionales y sin necesidad de ensamble.

La inteligencia artificial permite generar diseños optimizados y personalizados para la impresión 3D, integrando estos rodamientos en los brazos robóticos desde la etapa de diseño.

Además, el uso de polímeros adecuados permite construir brazos robóticos que operan en entornos extremos —como ambientes criogénicos (temperaturas muy bajas), bajo el agua, en el espacio o en instalaciones navales—, donde cumplen funciones clave y de gran importancia (Figura 4).



**Figura 4.** Brazo robótico impreso en 3D para uso en el área espacial.

## Referencias

- [1] O. Adeniran, W. Cong, and A. Aremu, "Material design factors in the additive manufacturing of Carbon Fiber Reinforced Plastic Composites: A state-of-the-art review," Nov. 01, 2022, Elsevier B.V. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aime.2022.100100>.
- [2] W. Li, H. Sun, M. Tong, N. Mustafee, and L. Koh, "Customizing customization in a 3D printing-enabled hybrid manufacturing supply chain," *Int J Prod Econ*, vol. 268, Feb. 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.109103>.
- [3] R. Toshev, D. Bengs, P. Helo, and M. Zamora, "Advancing Free-Form Fabrication: Industrial Robots' Role in Additive Manufacturing of Thermoplastics," in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2024, pp. 3131–3140. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.02.129>.
- [4] T. Kosmal et al., "Hybrid additive robotic workcell for autonomous fabrication of mechatronic systems - A case study of drone fabrication," *Additive Manufacturing Letters*, vol. 3, Dec. 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.addlet.2022.100100>.
- [5] A. A. Krimpenis, V. Papapaschos, and E. Bontarenko, "HydraX, a 3D printed robotic arm for Hybrid Manufacturing. Part I: Custom design, manufacturing and assembly," in *Procedia Manufacturing*, Elsevier B.V., 2020, pp. 103–108. doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.016>.
- [6] A. Baghdadi, L. Ledderose, S. Ameri, and H. Kloft, "Experimental and numerical assessments of new concrete dry connections concerning potentials of robotic CNC manufacturing technique," *Eng Struct*, vol. 280, Apr. 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2023.115605>.
- [7] E. Elsacker, E. Peeters, and L. De Laet, "Large-scale robotic extrusion-based additive manufacturing with living mycelium materials," *Sustainable Futures*, vol. 4, Jan. 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2022.100085>.



# Impresión 3D: una solución rápida para moldes de plásticos

**Erika Atayde**

**\*Cesar Omar Balderrama Armendariz**

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

*cesar.balderrama@uacj.mx*

## Resumen

La manufactura aditiva (MA), también conocida como impresión 3D, ha surgido como una revolución en la industria, transformando la manera en que se diseñan y fabrican objetos. A diferencia de los métodos tradicionales sustractivos (donde se remueve material de un bloque sólido), la MA construye objetos tridimensionales capa por capa a partir de modelos digitales. Este artículo presenta los fundamentos de esta tecnología, sus principales técnicas, ventajas y desventajas, así como sus aplicaciones en diversas industrias. También se analiza su impacto en el diseño y desarrollo de productos, su potencial para una producción personalizada y sostenible, y se exponen los retos y perspectivas futuras de esta tecnología emergente.

## Introducción

La industria dedicada a la manufactura de componentes plásticos enfrenta importantes desafíos para desarrollar moldes de inyección, como altos costos, largos tiempos de producción y la necesidad de contar con equipo y personal especializado. En este contexto, la manufactura aditiva (también conocida como impresión 3D) ofrece ventajas prometedoras.

Actualmente, es esencial optimizar los recursos en todos los ámbitos de la manufactura, con el objetivo de simplificar, abaratar y agilizar las actividades cotidianas. El moldeo es un claro ejemplo de ello. La manufactura aditiva es un conjunto de tecnologías que se ha usado en años recientes para diseñar y fabricar productos personalizados con gran complejidad.



Figura 1. Molde impreso con cavidades complejas.

El moldeo por inyección de plásticos es una rama relevante dentro de la manufactura, aunque costosa y lenta, ya que el tiempo que se tarda en fabricar los moldes influye directamente en la salida de producción. La MA ha demostrado facilitar este proceso, permitiendo una amplia variedad de diseños, lo cual incrementa la posibilidad de fabricar productos en diversas áreas de investigación [1].

En muchas industrias, los moldes de acero o aluminio son comunes, pero pueden costar miles de dólares y tardar hasta tres meses en producirse [2]. A esto se suman los tiempos de entrega, que pueden variar de 90 a 150 días debido al transporte y trámites de importación/exportación [3].

La impresión 3D aparece como una alternativa viable que cambia los enfoques tradicionales de manufactura, gracias al uso de nuevas tecnologías como el prototipado rápido y herramientas digitales que facilitan y expanden las posibilidades de producción [3].

Una forma sencilla de entender la manufactura aditiva es pensar que, en lugar de eliminar material de un bloque sólido (como ocurre en procesos sustractivos), esta tecnología agrega material por capas, como si se construyera un edificio. Esto

permite una gran libertad de diseño y una precisión que muchas veces no es posible con los métodos tradicionales [4].

Buscar moldes rentables y de buena calidad es fundamental para reducir costos, sobre todo en la creación de prototipos o lotes pequeños. En este sentido, la impresión 3D representa una solución viable, aunque aún se enfrentan desafíos como la durabilidad de los moldes y los acabados superficiales [5].

## Manufactura aditiva e impresión 3D

La impresión 3D, también llamada manufactura aditiva, es una tecnología que permite crear objetos tridimensionales depositando capas sucesivas de material fundido. Su popularidad ha aumentado en industrias que requieren diseños flexibles y tiempos de entrega cortos.

A diferencia de los métodos tradicionales como el fresado o mecanizado (que eliminan material), la impresión 3D construye piezas directamente a partir de un modelo digital. Entre sus principales ventajas están la simplificación de los procesos de fabricación y la posibilidad de crear incluso productos finales

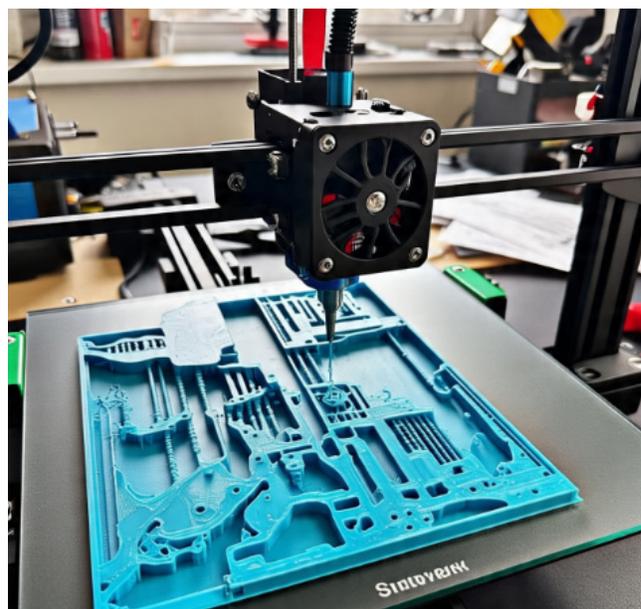


Figura 2. Impresora 3D generando cavidades detalladas.

usando materiales como polímeros, cerámicas, metales o compuestos, aprovechando sus propiedades mecánicas, térmicas o químicas [6].

Una de las técnicas más usadas es el modelado por deposición fundida (FDM, por sus siglas en inglés), que consiste en depositar material fundido capa por capa hasta completar el diseño realizado en un software de modelado. Esta técnica permite imprimir moldes usando materiales con alta resistencia térmica y mecánica. También existen otras opciones, como las resinas de FormLabs, que utilizan estereolitografía (curado por luz); el sinterizado láser selectivo, donde un láser funde polvo de material para formar piezas sólidas; o el bombardeo de electrones, que permite trabajar con polvos metálicos de alta resistencia [6].

## Materiales y propiedades

Hoy en día existe una amplia variedad de materiales de alto rendimiento adecuados para la fabricación de moldes por impresión 3D. Algunos ejemplos con potencial para insertos de moldes en inyección de plásticos incluyen:

*Policarbonato (PC)*: plástico resistente al impacto y rígido. Mantiene su rigidez hasta los 140 °C y su tenacidad (capacidad de absorber energía sin romperse) hasta los 20 °C. Su temperatura óptima de impresión está entre 260 °C y 290 °C [7], [8].

*PEI (Polieterimida)*: conocido comercialmente como Ultem, es un material ideal para moldeo debido a su alta resistencia térmica. Su temperatura de extrusión se sitúa entre 370 °C y 390 °C [8].

*Materiales compuestos*: combinación de dos o más materiales que, al unirse, mejoran sus propiedades. Son más ligeros y resistentes que el acero, y más rígidos, lo que los hace adecuados para moldes de inyección [1].

*PEEK (Poliéter éter cetona)*: material orgánico compuesto por éteres y cetonas. Tiene buena

durabilidad, es biocompatible (compatible con el cuerpo humano), resiste químicos, permite el paso de rayos X y tiene propiedades comparables al aluminio o titanio [9].

*Polímeros reforzados*: polímeros a los que se añade fibra (de vidrio, carbono o kevlar) en forma corta o continua. Son materiales destacados por su baja expansión térmica y buena conductividad [10].

## Las experiencias recientes

La impresión mediante tecnologías 3D sigue revolucionando la manufactura en distintas industrias, y la aplicación en moldes no es la excepción. En los últimos años se han realizado diferentes aplicaciones de moldes fabricados con manufactura aditiva en distintas ramas de la industria, experimentando con materiales y procesos adecuándolos a sus necesidades.

Como primer ejemplo, un grupo de investigadores de la Universidad de Bolonia trabajaron con el diseño de un molde impreso en tecnología 3D, con el objetivo de proteger el tapón de combustible de una motocicleta de carreras. ¿Cuál fue el truco? Ellos utilizaron fibra de carbono y ajustaron los parámetros de impresión para que tuviera una mayor resistencia y un mejor acabado superficial [5].

Otro ejemplo es la investigación realizada por un equipo de la Academia de Ciencias de Hungría, donde se enfocaron en el análisis del impacto de cargas térmicas y mecánicas de insertos de moldes que fueron fabricados con impresión 3D. Su estudio concluyó con una correlación entre la tensión de los insertos y la presión de la cavidad, lo que les permitió predecir posibles fallas mecánicas antes de que estas pasaran [11].

En una investigación aparte, un grupo participante en la conferencia ESAFORM 2021 evaluó la Polieterimida (PEI) en insertos usados en moldes para la inyección de plásticos. Se dieron cuenta de que, aunque el material es térmicamente estable, se

presentaban problemas con la expulsión de las piezas y la permeación de agua. Ellos recomendaron pulir las piezas y utilizar recubrimientos para mejorar las características superficiales [8].

Loaiza y su equipo, de la Universidad EAFIT en Colombia, se enfocaron en la manufactura de moldes para cuchillos desechables, haciendo uso de tecnologías 3D como lo son la estereolitografía (SLA, por sus siglas en inglés), la impresión en pantalla de cristal líquido (LCD, por sus siglas en inglés) y la estereolitografía enmascarada (MSLA, por sus siglas en inglés). Como consejo final, propusieron verificar las dimensiones de los diseños y evaluar diferentes tipos de resinas para así poder optimizar los costos de las investigaciones [12].

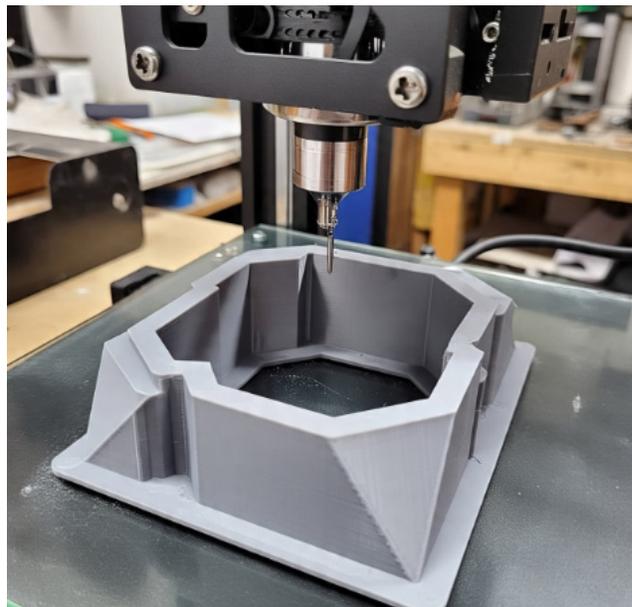
Otra investigación, dirigida por un grupo de la Universidad Politécnica de Valencia, exploró la impresión 3D en la fabricación a gran escala utilizando fibra de carbono. Lograron mejorar sus procesos con ayuda de simulaciones y también realizaron las impresiones en ángulos de 45 grados, con lo que redujeron el consumo de material, y los productos finales resultaron ser de buena calidad [13].

### Conclusión

Las investigaciones muestran que la manufactura aditiva en moldes para inyección de plásticos es una alternativa viable que puede mejorar la calidad, reducir costos y ofrecer procesos más sostenibles. La MA resulta ideal para fabricar moldes en prototipos o producciones cortas.

Los estudios sugieren considerar materiales como PolyCast o PolySmooth para mejorar la estabilidad térmica y mecánica, así como aplicar procesos posteriores (como pulido o recubrimientos) para lograr mejores acabados.

Un aspecto clave es analizar bien las propiedades de los materiales, ajustando los parámetros de impresión para aprovechar al máximo sus cualidades. También se recomienda investigar los postprocesos para reforzar o mejorar partes específicas del molde.



**Figura 3.** Capacidad de impresora 3D de imprimir moldes en distintas alturas.

En conclusión, la impresión 3D no solo es una alternativa viable para fabricar moldes, sino que también permite procesos más eficientes, con menores costos y tiempos de entrega. Esto tiene un impacto económico positivo en las empresas, ayudándolas a adaptarse a los cambios del mercado.

La manufactura aditiva está revolucionando la forma en que fabricamos, y con el desarrollo continuo de tecnologías y materiales, se posiciona como una herramienta clave en el futuro de la industria. ¡Sin duda, estos avances seguirán dando mucho de qué hablar!

### Referencias

- [1] M. J. Rosel Solís, J. Molina Salazar, J. A. Paz González, and J. A. Ruíz Ochoa, "La manufactura aditiva y los materiales compuestos en el diseño de prótesis transtibiales de uso deportivo," *REVISTA DE CIENCIAS TECNOLÓGICAS*, vol. 1, no. 1, pp. 27–43, Sep. 2018, doi: <https://doi.org/10.37636/recit.v112743>.
- [2] Espinosa R. José D. and Rodríguez S. José L., "Diseño y simulación de un molde construido mediante el uso de manufactura aditiva para la fabricación de botellas plásticas," 2020. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/50354>
- [3] G. Carrillo, C. Nuila, J. Laínez, G. Carrillo, C. Nuila, and J. Laínez, "Prototipado rápido en la fabricación de moldes impresos en 3D para soplado de plástico," *Ingenius*, no. 24, pp. 28–35, Jun. 2020, doi: <https://doi.org/10.17163/ings.n24.2020.03>.

- [4] C. Alfonso, F. Roldan, A. Miyer, and S. Castrillón, “MANUFAC TURA ADITIVA EN MATERIALES POLIMÉRICOS POR PROCESO 3D FDM,” *Revista digital de Semilleros de Investi gación REDSI*, vol. 3, pp. 1–7, 2020. doi: <https://doi.org/10.24054/sei.v3i1.1192>.
- [5] P. Ferretti *et al.*, “Molds with advanced materials for carbon fiber manufacturing with 3d printing technology,” *Polymers (Basel)*, vol. 13, no. 21, Nov. 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/polym13213700>.
- [6] Hernández P. Andrea A., “La manufactura aditiva en la pro ducción de prototipos 3D dentro del CCAI,” *Revista de investiga ción y Desarrollo tecnológico CCAI TESE*, vol. X, pp. 1–6, 2023. <https://revista.ccaite.se.com/index.php/ridt/article/view/11/2>
- [7] A. Bahar, S. Belhabib, S. Guessasma, F. Benmahiddine, A. E. A. Hamami, and R. Belarbi, “Mechanical and Thermal Properties of 3D Printed Polycarbonate,” *Energies (Basel)*, vol. 15, no. 10, May 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/en15103686>.
- [8] D. Farioli, M. Strano, F. B. Vangosa, V. G. Zaragoza, and A. Aicardi, “Rapid tooling for injection molding inserts,” in *ESA FORM 2021 - 24th International Conference on Material For ming*, PoPuPS (University of LiFge Library), 2021. doi: <https://doi.org/10.25518/esaform21.4186>.
- [9] R. Dua, Z. Rashad, J. Spears, G. Dunn, and M. Maxwell, “Applications of 3d-printed peek via fused filament fabrication: Asystematic review,” Nov. 01, 2021, *MDPI*. doi: <https://doi.org/10.3390/polym13224046>.
- [10] M. Tutar, “A Comparative Evaluation of the Effects of Manufac turing Parameters on Mechanical Properties of Additively Ma nufactured PA and CF-Reinforced PA Materials,” *Poly mers (Basel)*, vol. 15, no. 1, Jan. 2023, doi: <https://doi.org/10.3390/polym15010038>.
- [11] S. Krizsma, N. K. Kovács, J. G. Kovács, and A. Suplicz, “In-si tu monitoring of deformation in rapid prototyped injection molds,” *Addit Manuf*, vol. 42, Jun. 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.addma.2021.102001>.
- [12] Loaiza V. Juan C. and Echeverry C. Carlos M, “MAQUINAS Y RESINAS DE BAJO COSTO APLICADOS AL DESARRO LLO DE PIEZAS PLASTICAS EN LA FASE DE VALIDCION POR MANUFACTURA ADITIVA EN MOLDES DE INYEC CIÓN,” 2022. . [Online]. Available: <https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/3d192e0f-677e-4ef6-8e62-cab4dcef39a9/content>
- [13] C. García Gascón, “Diseño y fabricación de moldes para materiales compuestos en fabricación aditiva de gran formato: Hacia la economía circular del proceso.” Jul. 2023, Accessed: Oct. 09, 2023. [Online]. Available: <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/195432>



# El mundo de los murciélagos



\***Diana Irán López López**

**Juan Luis Patiño Ortega**

Universidad Autónoma Metropolitana

*dianairan@xanum.uam.mx*

## Resumen

Los murciélagos son mamíferos únicos: son los únicos capaces de volar y representan alrededor del 26% de las especies de mamíferos del mundo. Aunque a menudo son vistos con miedo, estos animales cumplen un papel fundamental en los ecosistemas: polinizan plantas, dispersan semillas, controlan plagas de insectos y hasta ayudan en estudios médicos con su saliva. Su alimentación es muy variada: algunos comen insectos, otros frutas, néctar, carne o incluso sangre. Su sistema de ecolocalización les permite volar y cazar en la oscuridad, emitiendo sonidos que rebotan y les ayudan a orientarse. En México hay una gran diversidad de murciélagos, algunos endémicos como el murciélago amarillo de infiernillo, y otros con distribución más amplia como el murciélago barba arrugada. A pesar de su importancia, los murciélagos siguen siendo temidos y es fundamental cambiar esta visión, reconociendo su papel vital en el equilibrio de la naturaleza.

## Introducción

Los murciélagos son animales muy especiales han sido temidos y rechazados por relacionarlos con los vampiros con deidades diabólicas y con la oscuridad, representan alrededor del 26% de las especies de mamíferos existentes en el mundo, son los únicos mamíferos que tienen la capacidad de volar, por tener los miembros anteriores modificados en forma de ala pero su estructura

difiere de las aves, porque su pulgar está bien desarrollado en la mayoría de las especies, tienen un gran variedad de coloración del pelambre los hay de color negro, pardo rojo, amarillo, naranja, gris, algunas especies tienen líneas en el rostro y dorso de color blanco, también existen murciélagos de coloración totalmente blanca. Su alimentación es muy diversa desde polen, frutos, sangre y carne.

Su sentido mejor desarrollado es el oído con el se ubican en la oscuridad (ecolocación). Se distribuyen en amplias regiones pero hay algunas especies que tienen una distribución muy restringida. Su vuelo es un salto al aire, pueden volar de un árbol a otro, pero también a ras del suelo en la búsqueda de alimento. Los murciélagos cuelgan de los árboles para descansar pero esto también les permite emprender el vuelo ya que no pueden alzar el vuelo como las aves ya que los huesos de los murciélagos son más densos. Así los podemos encontrar entre los árboles, en casas abandonadas, iglesias, cuevas, minas en general en lugares oscuros y tranquilos.

### Alimentación

Entre los quirópteros (animales que pueden volar gracias a sus alas formadas por una membrana que une sus dedos largos) existen diferencias en su estructura (Figura 1) y ambiente en que viven, presentan gran diversidad de hábitos de alimentación ya que pueden consumir insectos, fruta, carne, néctar, polen y sangre. Los murciélagos son los encargados de polinizar cerca de 500 especies de 96 géneros de plantas en el mundo, son grandes dispersores, ya que pueden dispersar más semillas que las aves. Algunas plantas polinizadas son los agaves y cactus, en zonas desérticas, estos producen una flor únicamente una vez en su ciclo de vida, pero son llamativas y de aroma intenso lo que atrae murciélagos como

son: el murciélago magueyero menor (*Leptonycteris yerbabuena*), el magueyero (*L. nivalis*) y el murciélago hociquilargo mexicano (*Choeronycteris mexicana*) [1]. Los murciélagos polinizan plantas, por ejemplo la especie *Artibeus jamaicensis* es un murciélago que consume varios tipos de frutos silvestres y cultivos como son higos, plátano, guayaba, ciruelo, zapote, mango, almendro de montaña, almendro indio y aguacate, así como diversas moras de la familia Moraceae [2].

Por otro lado, los murciélagos insectívoros consumen decenas de toneladas de insectos entre 50 y 150% su peso corporal. Consumen insectos que son nocivos para la agricultura y otros que son dañinos para el ser humano como los mosquitos. Algunas especies regeneran ecosistemas en lugares afectados por fenómenos naturales o humanos al dispersar las semillas de plantas pioneras.

También existen los murciélagos carnívoros como *Vampyrum spectrum*, *Trachops cirrhosus* y *Chrotopterus auritus* que se alimentan de pequeños mamíferos, anfibios, reptiles, aves y algunos insectos. *Vampyrum spectrum* es el murciélago más grande del continente Americano, se encuentra al sur de México y parte de centro y Sudamérica. Otro tipo de alimentación es piscívora, se alimenta de peces (Figura 2-2) aunque podríamos decir que es carnívora porque se alimentan de peces e insectos,



**Figura 1.** Cráneos de murciélago. 1. *Pteronotus parnelli* murciélago insectívoro (se alimenta de insectos) con mandíbulas fuertes. 2. *Artibeus intermedius*- murciélago frugívoro (se alimenta de frutos) dentición poderosa. 3. *Desmodus rotundus* murciélago hematófago (se alimenta de sangre) incisivos afilados. Fotos de: Ángel Pozos.



**Figura 2.** Ejemplos de murciélagos. 1. *Choeronycteris mexicana* larga lengua para extraer el polen de las flores, Foto de: Lamberton, K. Enciclovida [3]. 2. *Noctilio leporinus* garras muy fuertes y uropatagio para pescar. Foto de: Diana I. López.

sin embargo prefiere a los peces como alimento principal este tipo de alimentación la encontramos en murciélagos como *Myotis vivesi* y *Noctilio leporinus* este último murciélago tiene fuertes garras para atrapar a sus presas y uropatagio (membrana inferior donde deposita los peces). Además tienen el hábito de hidratarse diariamente en las fuentes de agua, pueden ser lagos o ríos cercanos y en estas zonas es donde se capturan para su estudio.

### Eclocalización

Los murciélagos ven bien pero viven en zonas oscuras como cuevas u oquedades, así que su sentido mejor desarrollado es el oído, ya que utilizan ecos y sonidos de alta frecuencia para ubicarse y buscar alimento. En las ciudades podemos encontrarlos en pequeños grupos dentro de campanarios de ciertas iglesias, mientras que en campo lo encontramos dentro de cuevas, oquedades de troncos, fincas abandonadas principalmente.

Durante mucho tiempo la consigna popular mencionaba que los murciélagos eran ciegos, más tarde se supo que su comunicación era a base de ondas sonoras. Entre las diferentes especies existe una gran diversidad de su oído externo. En el caso de murciélagos que buscan alimento a ras del suelo, la ecolocalización (ondas sonoras que emite un animal por boca o nariz) les ayuda ya que las ondas sonoras impactan en un objeto que produce ecos que rebotan para llegar a las orejas del murciélago; así pueden distinguir formas y tamaños de objetos, para identificar a sus presas [4].

### Reproducción

Los murciélagos poseen una tasa reproductiva baja comparada con otros mamíferos como los caninos y felinos, su época de reproducción depende de la especie, pueden presentar ciclos reproductivos monoestral es decir que tienen un celo durante el año o ciclo poliestríco con varios

celos durante el año. Las hembras son capaces de retener espermatozoides en condiciones viables, esto ocurre en especies que hibernan generalmente en zonas frías, posteriormente se da la ovulación y la fertilización [5]. Posterior al periodo de celo le sigue la fase de acumulación de grasa que sirve para la hibernación en los meses fríos, la cual puede durar hasta 5 meses en algunos lugares. Generalmente tienen una sola cría, una vez que nacen las crías, las hembras se agrupan para criar, pero los machos están prácticamente ausentes. Por un mes y medio a dos lactan y al alcanzar el tamaño adulto comienzan a volar. Muchos murciélagos hibernan en lugares como huecos de árboles o en refugios subterráneos naturales además de fisuras en rocas o edificios en ciudades así que en invierno son poco visibles. Al finalizar la hibernación se reactiva el ciclo reproductivo [6].

### Distribución

En el mundo existe una diversidad de murciélagos 1487 especies [7], se distribuyen en prácticamente cualquier ecosistema y se dividen en Megachiroptera y Microchiroptera es decir megamurciélagos y micromurciélagos. El primer grupo los Megaquiropteros son murciélagos del Viejo Mundo, este grupo se compone de murciélagos de regiones la zona tropical de África, la región Indomalaya y Australasia; habitan principalmente bosques y selvas donde se encuentran frutas y néctar, ya que la mayoría son frugívoros y algunos nectarívoros. Mientras que los Microquiropteros se les conoce como murciélagos pequeños y son cosmopolitas viven tanto en el Nuevo Mundo como en el Viejo Mundo. Los Microquiropteros, tiene una diversidad de familias, la gran mayoría son insectívoros, pero los hay frugívoros, nectarívoros, hematófagos y carnívoros. En este grupo encontramos gran diversidad de familias: Emballonuridae definidos como murciélagos de ala de bolsa, Noctilionidae murciélagos pescadores, Phyllostomidae murciélagos de hoja nasal, Desmodontinae o vampiros, Natalidae murciélagos

de hojas embudo, Vespertilionidae murciélagos insectívoros, Molossinae murciélagos rabones o de cola libre, Mormopidae murciélagos bigotudos o de cola semilibre.

México es un país rico en mamíferos, alrededor del 20% corresponde a murciélagos ya que en el país se encuentra el límite de zonas biogeográficas como son la Neártica y Neotropical por ello hay tanto especies migratorias como endémicas (es decir que habitan en una región restringida). También existen especies con una amplia distribución un ejemplo de esto es el murciélago barba arrugada de nombre científico *Mormoops megalophylla*, se distribuye por toda la república mexicana además de centroamérica llegando hasta Panamá. Pero en el caso de especies de las cuales es más restringida su distribución, algunas de ellas son endémicas como el murciélago amarillo de infiernillo *Rhogeessa mira*, que se encuentra únicamente en la zona de El Infiernillo y Zicuirán, en Michoacán (Figura 3), así como *Myotis vivesi* del Golfo de California, *Myotis findleyi* y *Myotis planiceps* entre otros [8].



Figura 3. Distribución del murciélago *Rhogeessa mira*. Portal de Geoinformación 2024, [1].

### Conclusión

El propósito de este trabajo es llevar la información al público general, con el firme propósito de evitar ver a los murciélagos como

enemigos del hombre, todo lo contrario, apreciar el alto valor que representan para los ecosistemas en donde habitan, ya sea como polinizadores, dispersores de semillas, controlan plagas, controlan poblaciones de roedores o reptiles el caso de los carnívoros, participan en la regeneración de vegetación, incluso la saliva de los murciélagos hematófagos es la base para estudios como anticoagulante de la sangre. Por todo ello, su existencia es benéfica para la buena salud de nuestro planeta, no debemos rechazarlos por asociarlos con mitos negativos, eliminar el estereotipo de que son vampiros. La gente debe conocerlos y los científicos acercar esta información y hacerla accesible para la población conozca sus beneficios y no se les ataque cuando se encuentren con uno de ellos. Su mundo es muy diverso y fascinante.

## Referencias

- [1] R. Medellín and C. Equihua, “Agaves, mezcales, murciélagos: un triángulo virtuoso”, *Este país*, Julio 2018. Disponible en: [https://estepais.com/impreso/327\\_julio\\_2018/agaves-mezcales-murcielagos-un-triangulo-virtuoso/](https://estepais.com/impreso/327_julio_2018/agaves-mezcales-murcielagos-un-triangulo-virtuoso/)
- [2] A. Salame-Méndez, A. Castro-Campillo, K. Olvera-Olvera, H. Serrano, F. Huerta-García, J. J. Esquivel-Florencio, J. Haro-Cas te llanos, M. A. Briones-Salas, J. Ramírez-Pulido, J. L. Gómez-Olivares, M. D. García-Suárez, “Evaluación estacional de fitoestrógenos en heces de machos del murciélago frutero jamaícuino (*Artibeus jamaicensis* Leich, 1821)”, *Therya* vol. 3 (no. 1), pp. 13-31, Abril 2012. DOI: <https://doi.org/10.12933/therya-12-50>.
- [3] CONABIO. Portal de Geoinformación. Distribución de *Rhogeessa mira*. 2024.
- [4] R. Orr T., Bats en *Mammals of North America*, Doubleday & Company, New York, pp. 24-38, 1990.
- [5] D. E. Wilson and R. A. Mittermeier (eds.), *Handbook of the mammals of the World*, vol. 9, Bats, Barcelona España: Lynx Edicions, 2019, pp. 16-61.
- [6] D. Guixé, and J. Camprodon, “Manual de conservación y seguimiento de los quirópteros forestales”, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Ministerio para la Transición Ecológica. Madrid. No de informe: 013-18-097-8, 2018.
- [7] N. B. Simmon and A. L. Cirranello. *Bats of the World. A Taxonomic and Geographic Database*. American Museum of Natural History. 2025. Disponible en: <https://batnames.org/home.html>
- [8] L. M. Sil-Berra, M. Aguilar-López, M. A. Márquez-Medero and J. M. Cervantes-Cruz, “De México para el Mundo... los murciélagos endémicos”, *Therya ixmana* vol. 1 (no. 1), pp. 29-31, Enero 2022. DOI: [https://doi.org/10.12933/therya\\_ixmana-22-186](https://doi.org/10.12933/therya_ixmana-22-186).



# Explorando el Entrelazamiento Cuántico entre Quarks

\*Jesús Manuel Sáenz Villela

Karen Yael Castrejón Parga

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

[jessaenz@uacj.mx](mailto:jessaenz@uacj.mx)

## Resumen

El artículo presenta las ideas principales del entrelazamiento cuántico, en especial en pares de quarks top-antitop producidos en las colisiones protón-protón del Gran Colisionador de Hadrones. Presenta también los principales conceptos del Modelo Estándar de la Física de Partículas, así como algunos detalles relacionados con nueva física y futuras aplicaciones relacionadas con el entrelazamiento cuántico.

## Introducción

¿Puede una partícula influir en otra de forma instantánea, incluso si están separadas por kilómetros? Aunque parece ciencia ficción, esto predice la mecánica cuántica, una de las teorías más exitosas.

Esta teoría describe el comportamiento de la materia a escalas muy pequeñas: incluso menores que los átomos, sus núcleos y las partículas subatómicas como electrones y protones. A escalas muy pequeñas, las leyes de la mecánica clásica, que explican cómo

se mueven los objetos macroscópicos, dejan de ser válidas. La mecánica cuántica describe las propiedades de las partículas:

- pueden estar en varios estados al mismo tiempo (*superposición*), como si una moneda pudiera estar en cara y cruz al mismo tiempo;
- no se puede saber exactamente dónde está una partícula y qué tan rápido se mueve al mismo tiempo (*incertidumbre*);

- pueden comportarse como partículas o como ondas.

Una de sus propiedades más enigmáticas es el *entrelazamiento cuántico*, una conexión especial entre partículas que puede persistir incluso a distancia: cuando dos partículas están entrelazadas, el estado de una de ellas no puede definirse de forma independiente de la otra. Lo que le ocurra a una afecta inmediatamente cómo se comporta la otra, aunque estén separadas [1], [2].

Estas propiedades son fundamentales en la física cuántica. Siguen siendo objeto de discusión, ya que plantean preguntas aun sin respuesta sobre la naturaleza de la realidad, la información y la medición.

El estudio de átomos y electrones a nivel cuántico ha permitido el desarrollo de parte de la tecnología moderna. Por ejemplo, el transistor, el componente básico de los chips en computadoras y teléfonos, se basa en el comportamiento de los electrones en los materiales, ya que se pueden controlar para encender y apagar señales eléctricas. El láser usado en comunicaciones, medicina y almacenamiento de datos funciona debido a que cuando los electrones bajan de estado de energía, liberan luz controladamente.

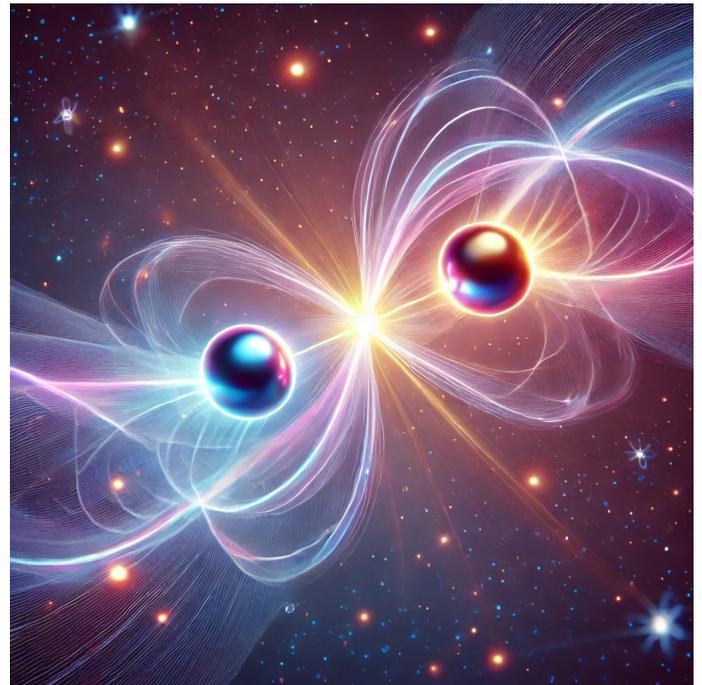
La mecánica cuántica ha permitido la computación cuántica [3], una tecnología emergente que usa la superposición y el entrelazamiento para procesar información, permitiendo resolver problemas, como simulaciones moleculares o ciertos cálculos matemáticos, significativamente más rápidamente que las computadoras actuales porque permite realizar cálculos en paralelo, acelerando el proceso. Sin embargo, la computación cuántica aun está en etapa experimental: los prototipos funcionan en laboratorios, no habiendo aplicaciones comerciales.

Otras aplicaciones del entrelazamiento son en las mediciones de alta precisión y la criptografía cuántica, que permitiría el intercambio seguro de claves, ya que

al interceptar la información se alteraría el sistema, detectado de esta manera al espía [4].

El entrelazamiento no tiene una contraparte en la física clásica. Por ejemplo, si dos personas lanzan monedas, cada persona tiene un 50% de probabilidades de obtener cara o cruz, sin que el resultado de una moneda afecte al resultado de la otra. Si representáramos una moneda entrelazada con otra, sería como si supiéramos automáticamente que, si una es cara, la otra es cruz, y esto sucedería incluso si están separadas por kilómetros [5]. Sin embargo, no es que la medición en un sistema afecte al otro, sino que hay una correlación instantánea entre ambos resultados, sin que haya señales que viajen entre los sistemas. La Figura 1 muestra una representación de entrelazamiento.

La materia está formada por átomos, que a su vez tienen núcleos formados por protones y neutrones, con electrones girando alrededor. Sin embargo, los protones y neutrones tienen estructura



**Figura 1.** Representación del entrelazamiento entre dos partículas generada con DALL-E, una herramienta desarrollada por OpenAI que genera imágenes a partir de descripciones escritas. La figura no debe interpretarse literalmente.

interna, es decir, están formados por partículas aún más pequeñas llamadas *quarks*. Hay seis *sabores* de quarks, llamados *arriba*, *abajo*, *encanto*, *extraño*, *cima* y *fondo*. Estos nombres fueron elegidos para distinguir las propiedades de los quarks como su masa y carga eléctrica y la manera como interactúan entre sí. Los quarks arriba y abajo forman los protones y neutrones, mientras que los otros sabores aparecen en condiciones de alta energía, como en los colisionadores de partículas.

En el Gran Colisionador de Hadrones (LHC), se hacen colisionar protones a altas energías. De las colisiones surgen otras partículas, que son detectadas con aparatos que registran por dónde salieron y cuánta energía llevaban [4]. Uno de los posibles productos de las colisiones son los de quarks cima [2]

En 2023 se dio a conocer el grado de entrelazamiento cuántico entre los pares de quarks cima producidos en las colisiones protón-protón

par y al alejarse mutuamente, cada quark genera pares y partículas a partir de otras [3], [6].

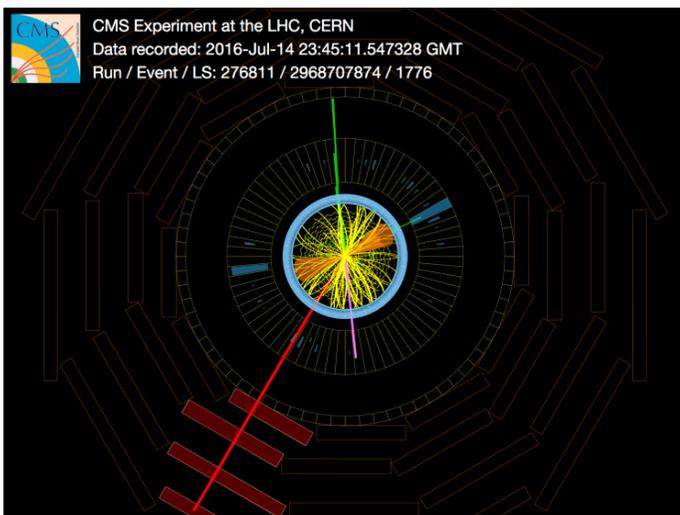
En el LHC se midió la dirección en la que salen las partículas tras la colisión [4]. Esta dirección está relacionada con el entrelazamiento del par de quarks, concretamente con su *spin*, una propiedad cuántica que se comporta como si la partícula girara, aunque no lo hace literalmente. Los resultados observados no se explican si las partículas no estuvieran conectadas cuánticamente [1], [7]. En la Figura 2 se muestra un ejemplo genérico de la producción.

Los resultados de 2023 y 2024 permiten estudiar el entrelazamiento cuántico entre partículas y el comportamiento de los sistemas cuánticos. Además, sugieren que los aceleradores pueden desempeñar un papel crucial en el desarrollo de tecnologías como la computación cuántica [2], [4].

### ¿Qué son los Quarks?

El Modelo Estándar resume la estructura y comportamiento de la materia a nivel fundamental [9]. Existen cuatro interacciones fundamentales: la *gravitacional*; la *interacción fuerte* entre quarks; la *interacción débil* responsable del decaimiento radiactivo; y la *electromagnética*, que es la interacción entre cargas eléctricas. La clasificación de las partículas se muestra en la Figura 3.

En la Figura 3 se observan los *quarks* y los *leptones*, y las partículas mediadoras de fuerza, conocidas como *bosones*. Existen tres generaciones, tanto de leptones como de quarks. Entre los leptones se encuentran el electrón, al muón y al tau (partículas con la misma carga del electrón, pero más pesadas y que decaen muy rápidamente), junto con sus respectivos neutrinos. Los bosones son las partículas que se intercambian en las interacciones: el *fotón* en la electromagnética; los bosones W y Z en la débil; y los *gluones* en la fuerte. A estas escalas, la gravedad entre las partículas es despreciable.



**Figura 2.** Colisión en el experimento CMS del LHC. La línea roja indica un muón, la verde un electrón y la línea morada representa la energía perdida. El par de quarks cima está señalado por los conos naranjas, que representan los conjuntos de partículas que resultan de sus decaimientos. Imagen tomada de [8].

2015 y 2018 [1]. El par de quarks consiste en un quark cima y su correspondiente *antiquark*, que es la antipartícula del quark, teniendo la misma masa, pero carga eléctrica opuesta. Una vez producido el

#### Modelo estándar de física de partículas

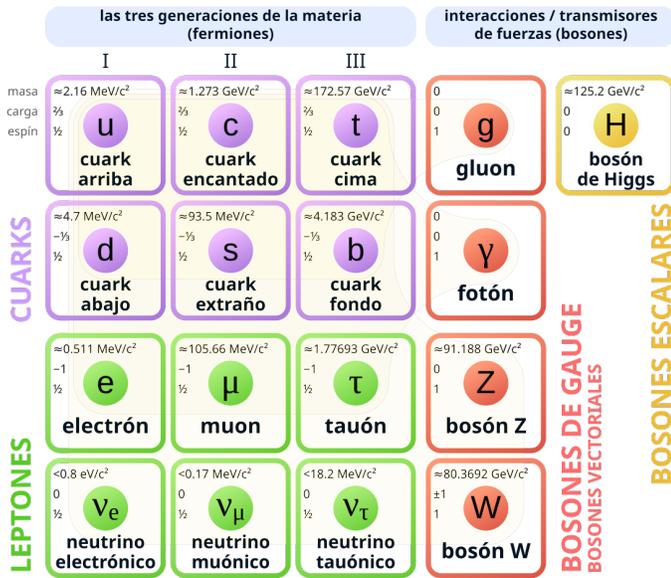


Figura 3. El Modelo estándar. Tomada de [10].

Cada partícula tiene nombre y se indica su masa en múltiplos de unidades de energía en electronvolts (eV) divididos entre la rapidez de la luz al cuadrado. Estas masas se expresan en  $\text{GeV}/c^2$ , donde el prefijo giga significa  $10^9$ , debido a la equivalencia entre masa y energía.

Las partículas pueden tener carga eléctrica y spin. El spin de todos los leptones y quarks es de  $\frac{1}{2}$ , por lo que se clasifican como *fermiones*. Por otro lado, el spin de los bosones es entero: 1 para los bosones mediadores y 0 para el Higgs.

Como mencionamos, los átomos tienen un núcleo (formado por protones y neutrones, ver Figura 4). Los protones están formados por dos quarks arriba y un quark abajo y los neutrones están compuestos por dos quarks abajo y uno arriba, Figura 5. Los quarks forman los *hadrones*. Un *barión* está formado por tres quarks, como el protón y el neutrón.

La interacción entre quarks se debe a tres cargas análogas a la carga eléctrica, llamadas *cargas de color*. Cada quark tiene alguno de los “colores” rojo, verde y azul. Estas cargas de color son propiedades cuánticas

de los quarks y no tienen relación con el concepto familiar de color, pero la analogía es útil, ya que los quarks se combinan en hadrones neutros de color.

El quark cima es tan masivo que decae muy rápidamente, por lo que no se hadroniza [1], [4]. Esta propiedad es la que lo hace especialmente útil en el estudio del entrelazamiento.

#### Fundamentos del Entrelazamiento Cuántico

El entrelazamiento cuántico está relacionado con el trabajo de Albert Einstein, Boris Podolsky y Nathan Rosen [13], en el que cuestionaron si la mecánica cuántica era una teoría completa. En este trabajo se argumenta que la descripción del estado un sistema cuántico no era suficiente para describir la realidad de manera objetiva y local. El artículo planteó que, si la mecánica cuántica fuera completa, al medir una cantidad física en un sistema entrelazado, se debería poder predecir con certeza

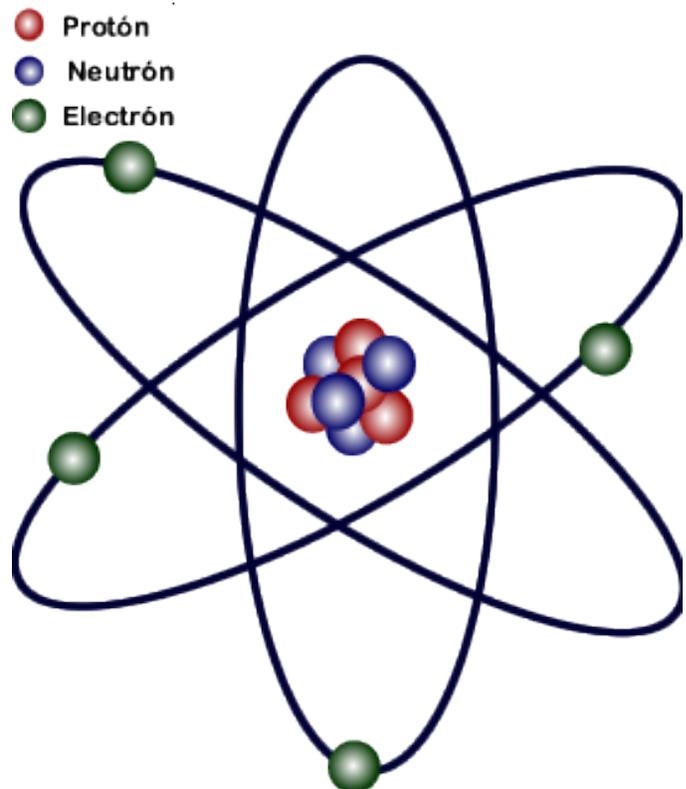


Figura 4. Modelo del átomo. Tomada de [11].

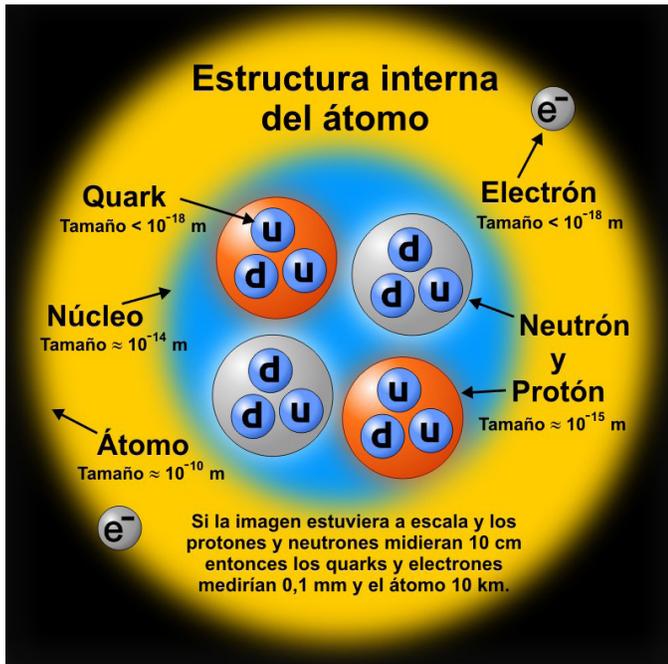


Figura 5. Estructura del núcleo. Tomada de [12].

una cantidad correspondiente en el otro sistema, sin afectar su estado de manera instantánea a distancia. Sin embargo, la mecánica cuántica predice que las partículas entrelazadas mantienen correlaciones no locales. Por esto, los autores propusieron que debiera existir información desconocida en el sistema, conocida como *variables ocultas*, es decir, factores desconocidos que podrían explicar el comportamiento de las partículas sin recurrir a efectos cuánticos. Esta es la paradoja de Einstein, Podolsky y Rosen (EPR).

La analogía del entrelazamiento cuántico donde el resultado de una moneda afecta inmediatamente el resultado de la otra, implicaría que la información entre los sistemas tendría que viajar incluso más rápido que la luz [5]. Aunque Einstein no usó este ejemplo con monedas, originalmente se refirió a esto como una “espantosa acción a distancia”, expresado en una carta dirigida a Born en 1947.

En 1964, Bell demostró [14] cómo las predicciones de la mecánica cuántica pueden violar ciertas desigualdades matemáticas, conocidas como

desigualdades de Bell, que una teoría de variable ocultas locales debe satisfacer. Esto implica que la mecánica cuántica es una teoría no-local, ya que una medición en un sistema afecta las correlaciones con un sistema lejano que conserva entrelazamiento luego de haber interactuado, pero esto no significa que haya una señal viajando entre ellas, y mucho menos más rápido que la luz.

El entrelazamiento en un sistema cuántico puede violar las desigualdades de Bell, es decir, cuando las predicciones cuánticas no pueden explicarse con teorías clásicas que suponen que las partículas no se afectan a distancia [15]. La violación nos permite distinguir entre las teorías clásicas locales y las teorías cuánticas [16].

## Entrelazamiento entre Quarks

Para medir el entrelazamiento entre quarks, se detectaron las direcciones relativas de los productos de decaimiento de los eventos generados en las colisiones protón-protón en el experimento ATLAS a una energía de  $13 \times 10^{12}$  eV [4]. Dado que los quarks cima decaen rápidamente, la información de su spin es transferida a sus productos de decaimiento; por lo tanto, la detección de las direcciones relativas de los productos permite deducir el spin que tenían los quarks antes de decaer [4].

Se define un parámetro numérico para medir si hay entrelazamiento entre las partículas, el cual indica entrelazamiento si [4]. Cuanto más negativo, más fuerte es la conexión. En las mediciones reportadas en 2023-2024, se obtuvo un valor de [7], indicando entrelazamiento entre los quarks [2].

## Implicaciones y Aplicaciones

Aunque actualmente no se usan quarks en computación cuántica, entender su entrelazamiento ayuda a estudiar la teoría para futuras aplicaciones.

Una de las aplicaciones tecnológicas del entrelazamiento son los bits cuánticos o qubits. A diferencia de los bits comunes, que solo pueden ser 0 o 1, los qubits pueden estar en una combinación de ambos debido a la superposición.

Como ejemplo, los quarks tienen spin que puede tomar uno de dos valores  $\pm\frac{1}{2}$ . Esto permite usarlos como si fueran qubits: pueden estar en un estado o en una combinación de ambos [4]. En un sistema de dos quarks entrelazados, sus spins están conectados: si uno tiene un valor, el otro automáticamente tendrá el valor opuesto [15].

La computación cuántica ha permitido hacer simulaciones de partículas entrelazadas utilizando qubits [3]. En [6] se reporta una simulación cuántica de la propagación y entrelazamiento entre los conjuntos o chorros de partículas resultantes cuando un par quark-antiquark se separan tras la colisión. Este trabajo es uno de los pioneros en la simulación cuántica de chorros de partículas generados por la colisión.

La relevancia de la medición del entrelazamiento entre los quarks cima y anticima radica en que los experimentos realizados en el LHC siguen siendo útiles para explorar los fundamentos de la mecánica cuántica [4].

### Desafíos en la Investigación

Una de las principales dificultades para medir el entrelazamiento entre partículas producidas es que las colisiones generan una gran cantidad de productos, lo que es como tratar de “escuchar un murmullo en un concierto de rock”. [2]. En [4], para que un evento generado en la colisión protón-protón fuera seleccionado para medir, debería contener un electrón y un muón con cargas opuestas, además de al menos dos chorros.

Los resultados tomaron en consideración la incertidumbre en los modelos de la producción de pares cima-anticima y sus decaimientos, además de las incertidumbres relacionadas con los detectores [4]. Se combinaron las diversas fuentes de error en una estimación total de las incertidumbres teóricas y experimentales (calibración, eficiencia y resolución de los detectores). También se tomaron en cuenta las incertidumbres estadísticas, relacionadas

directamente con el tamaño y fluctuaciones de los datos. El valor medido fue [4], lo que confirma el entrelazamiento entre pares de quarks cima-anticima.

El estudio del entrelazamiento cuántico en el LHC también abre una ventana a la exploración de física más allá del modelo estándar [4], [15]. En [15] se menciona que esta posible nueva física modificaría el entrelazamiento cuántico conocido en situaciones previstas por las teorías actuales.

### Conclusión

El estudio de la mecánica cuántica ha permitido entender el comportamiento de las partículas a escalas microscópicas y también ha hecho posible el desarrollo de la tecnología actual como transistores y láseres. La investigación sobre el entrelazamiento cuántico ha permitido explorar los alcances de nuestras teorías sobre la naturaleza, desafiando las intuiciones de la física clásica. El entrelazamiento no solo es interesante teóricamente, sino que brinda la promesa de futuras aplicaciones, como la criptografía y computación cuántica.

Los experimentos recientes en el LHC demuestran que los quarks cima y anticima pueden estar entrelazados. Los resultados confirman las predicciones cuánticas incluso en entornos de muy alta energía, abriendo la posibilidad de explorar los límites del modelo estándar. Estas investigaciones sientan la base teórica para las futuras aplicaciones tecnológicas. Aunque los quarks no se utilizan directamente en computación cuántica, el estudio de su entrelazamiento permite realizar simulaciones cuánticas para mejorar nuestro entendimiento de las propiedades de estos sistemas.

Desde que Heisenberg y Schrödinger formularon la teoría cuántica en 1925, sus conceptos han despertado un interés no solo en la comunidad científica, sino también en el público general, debido a su naturaleza contraintuitiva. Un ejemplo es la

no-localidad del entrelazamiento cuántico, donde una modificación en el estado de una partícula afecta instantáneamente a otra, independientemente de la distancia que las separe, siempre y cuando no se haya roto el entrelazamiento por algún agente externo.

En 2022, el Premio Nobel de Física fue otorgado a Alain Aspect, John F. Clauser y Anton Zeilinger por sus “experimentos con fotones entrelazados, que establecieron la violación de las desigualdades de Bell y abrieron el camino para la ciencia de la información cuántica.” Su trabajo impulsó avances en información cuántica.

## Referencias

- [1] ATLAS Experiment, “First direct observation of top quark pair production in proton collisions,” CERN, Dec. 15, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://atlas.cern/Updates/Briefing/Top-En-entanglement>. [Acceso: Sep. 30, 2024].
- [2] D. Garisto, “Quantum Entanglement in Quarks Observed for the First Time,” Scientific American, Sep. 25, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.scientificamerican.com/article/quantum-entanglement-in-quarks-observed-for-the-first-time/>. [Acceso: Sep. 30, 2024].
- [3] “Quantum code simulations track entangled particles,” Phys.org, Mar. 15, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://phys.org/news/2024-03-quantum-code-simulations-track-entangled.html>. [Acceso: Oct. 1, 2024].
- [4] The ATLAS Collaboration, “Observation of quantum entanglement with top quarks at the ATLAS detector,” Nature, vol. 633, pp. 542-547, Sept. 2024. doi: 10.1038/s41586-024-07824-z.
- [5] K. Byrum, “Scientists measure entanglement at the LHC,” Symmetry Magazine, Mar. 30, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.symmetrymagazine.org/article/scientists-measure-entanglement-at-the-lhc>. [Acceso: Oct. 1, 2024].
- [6] A. Florio, D. Frenklakh, K. Ikeda, D. Kharzeev, V. Korepin, S. Shi, and K. Yu, “Real-time nonperturbative dynamics of jet production in Schwinger model: Quantum entanglement and vacuum modification,” Physical Review Letters, vol. 131, no. 2, p. 021902, 2023. doi: 10.1103/PhysRevLett.131.021902.
- [7] ATLAS Collaboration, “Search for pair-produced vector-like top partners in final states with two leptons with the ATLAS detector,” CERN, ATLAS-CONF-2023-069, Aug. 25, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://atlas.web.cern.ch/Atlas/GROUPS/PHYSICS/CONFNOTES/ALAS-CONF-2023-069/>. [Acceso: Sep. 30, 2024].
- [8] CMS Collaboration, “Watching the top quark mass run,” CERN, Sept. 25, 2023. [En línea]. Disponible es: <https://cms.cern/news/watching-top-quark-mass-run>. [Acceso: Oct. 01, 2024].
- [9] CERN, “The Standard Model,” [En línea]. Disponible en: <https://home.cern/science/physics/standard-model>. [Acceso: Sep. 30, 2024].
- [10] “Standard Model of Elementary Particles,” Wikipedia, Jun. 15, 2022. [En línea]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo\\_estandar\\_de\\_la\\_fisica\\_de\\_particulas#/media/Archivo:Standard\\_Model\\_of\\_Elementary\\_Particles.svg](https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_estandar_de_la_fisica_de_particulas#/media/Archivo:Standard_Model_of_Elementary_Particles.svg). [Acceso: Sep. 30, 2024].
- [11] “Átomo de Rutherford con neutrones,” Wikipedia, Feb. 11, 2013. [En línea]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Atomo\\_de\\_Rutherford\\_con\\_neutrones.png#file](https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Atomo_de_Rutherford_con_neutrones.png#file). [Acceso: Sep. 30, 2024].
- [12] “Estructura interna del átomo,” Wikimedia Commons, Nov. 20, 2006. [En línea]. Disponible en: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Estructura\\_interna\\_atomo\\_es.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Estructura_interna_atomo_es.jpg). [Acceso: Sep. 30, 2024].
- [13] A. Einstein, B. Podolsky, and N. Rosen, “Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?,” Physical Review, vol. 47, pp. 777-780, May. 1935. doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRev.47.777>
- [14] J. S. Bell, “On the Einstein Podolsky Rosen paradox,” Physics, vol. 1, no. 3, pp. 195-200, 1964.
- [15] M. Fabbrihesi, R. Floreanini, and E. Gabrielli, “Constraining new physics in entangled two-qubit systems: top-quark, tau-lepton and photon pairs,” Eur. Phys. J. C, vol. 83, no. 162, 2023. doi: <https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-023-11307-2>
- [16] R. Aoude, E. Madge, F. Maltoni, and L. Mantani, “Probing new physics through entanglement in diboson production,” of High Energy Physics, vol. 2023, no. 12, Dic. 2023,  017. doi: [https://doi.org/10.1007/JHEP12\(2023\)017](https://doi.org/10.1007/JHEP12(2023)017)

# Hidratación Inteligente: Innovación Tecnológica para el Bienestar y la Autonomía de las Personas

**Ing. Mario Hernández Villa**

**\*Dra. Nelly Gordillo Castillo**

**Dr. David Cortés Sáenz**

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

*nelly.gordillo@uacj.mx*

## Resumen

El artículo explora la importancia de una correcta hidratación y los efectos perjudiciales de la deshidratación en distintas etapas de la vida. Se presentan los tres tipos de deshidratación (hipotónica, isotónica e hipertónica) y sus impactos en la salud, distinguiendo entre afecciones directas e indirectas. Además, se detallan estrategias para una hidratación efectiva, incluyendo la Estrategia 4+, que enfatiza la ingesta adecuada de líquidos y alimentos ricos en agua. Finalmente, se destacan tecnologías comerciales para monitorear la hidratación, como sensores de sudor, dispositivos en inodoros y ropa inteligente, y se plantea la necesidad de innovaciones que prioricen la prevención en lugar de solo la detección tardía de la deshidratación.

## Introducción

¿Conoces realmente el impacto de una buena hidratación en nuestro cuerpo? Antes de contestar esta pregunta, debemos recordar que el cuerpo humano está compuesto en su mayoría por agua: entre un 50% y un 70%. Por lo tanto, mantener una buena hidratación es fundamental, ya que contribuye a distintos procesos dentro de nuestro organismo. El agua ayuda en el transporte de oxígeno y nutrientes,

permitiendo que nuestros órganos funcionen correctamente. También regula la temperatura corporal y es clave en la eliminación de desechos producidos por el cuerpo, entre muchas otras funciones (Figura 1-A) [1].

Sin embargo, la deshidratación puede tener efectos negativos, dependiendo de su tipo y

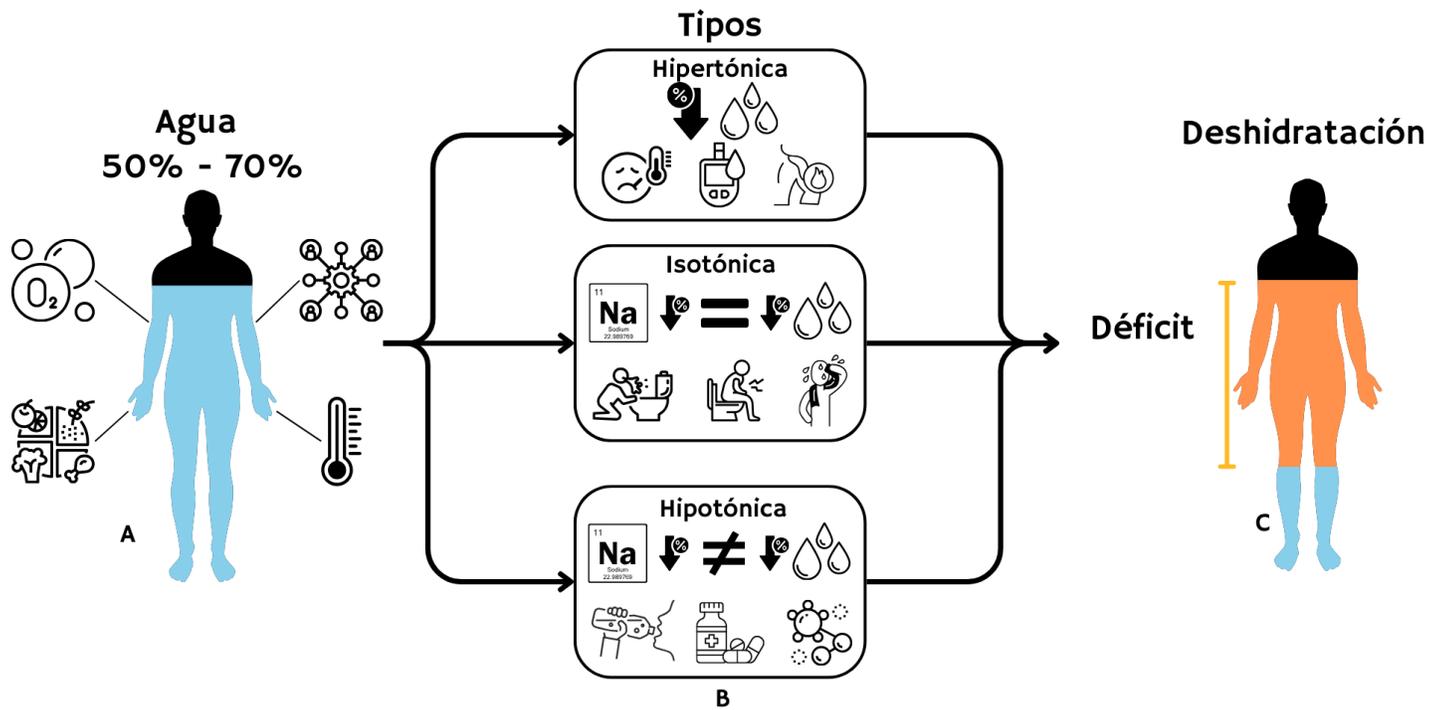


Figura 1. Diagrama ilustrativo: A) Hidratación, B) Tipos de deshidratación, C) Deshidratación. Fuente: elaboración propia basada en [1]-[3].

severidad. El porcentaje real de agua en nuestro cuerpo varía según la cantidad que se utiliza o se elimina a través de procesos como la respiración, el sudor, la orina o las heces.

## Tipos de deshidratación

**Deshidratación hipotónica** ocurre cuando el cuerpo pierde sodio (un mineral esencial para el equilibrio de líquidos). Puede presentarse en casos como el síndrome de secreción inadecuada de hormona antidiurética (trastorno que altera la regulación del agua en el cuerpo), por uso prolongado de diuréticos o al rehidratarse únicamente con agua purificada después de una sudoración excesiva.

**Deshidratación isotónica** se produce cuando se pierde agua y electrolitos (minerales como sodio, potasio y cloro) de manera equilibrada, sin cambios importantes en la concentración de sodio en la sangre. Es común en situaciones

como diarrea, vómito, hemorragias abundantes o sudoración intensa en climas cálidos sin acceso a líquidos.

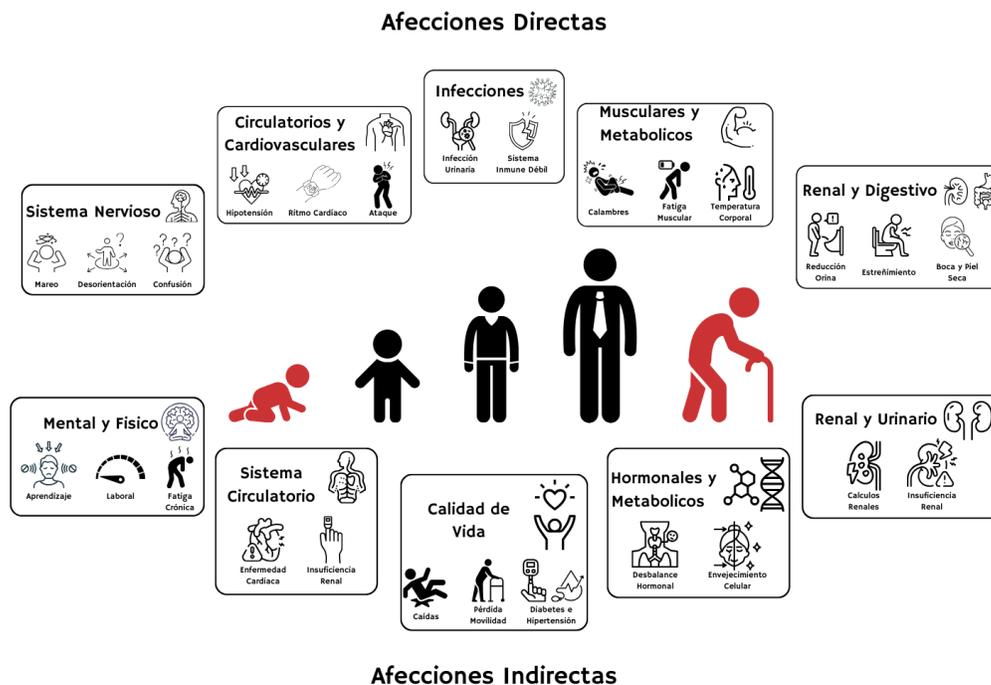
**Deshidratación hipertónica** se caracteriza por la pérdida de más agua que electrolitos, lo que provoca un aumento en la concentración de sodio en la sangre. Puede ser causada por fiebre alta durante periodos prolongados sin ingerir líquidos, diabetes insípida (un trastorno que produce grandes cantidades de orina diluida y causa sed constante) o quemaduras extensas que provocan pérdida de agua por evaporación. Para una mejor comprensión, véase la Figura 1-B [2].

## Consecuencias de la deshidratación

La deshidratación afecta a todas las edades, aunque sus consecuencias varían según la etapa de la vida. Se pueden dividir en efectos **directos** (inmediatos) e **indirectos** (complicaciones a largo plazo o que agravan otras condiciones). Véanse la Tabla 1 y la Figura 2.

**Tabla 1.** Clasificación de afecciones y síntomas causados por la deshidratación. Fuente: Elaboración propia basada en [1]-[3].

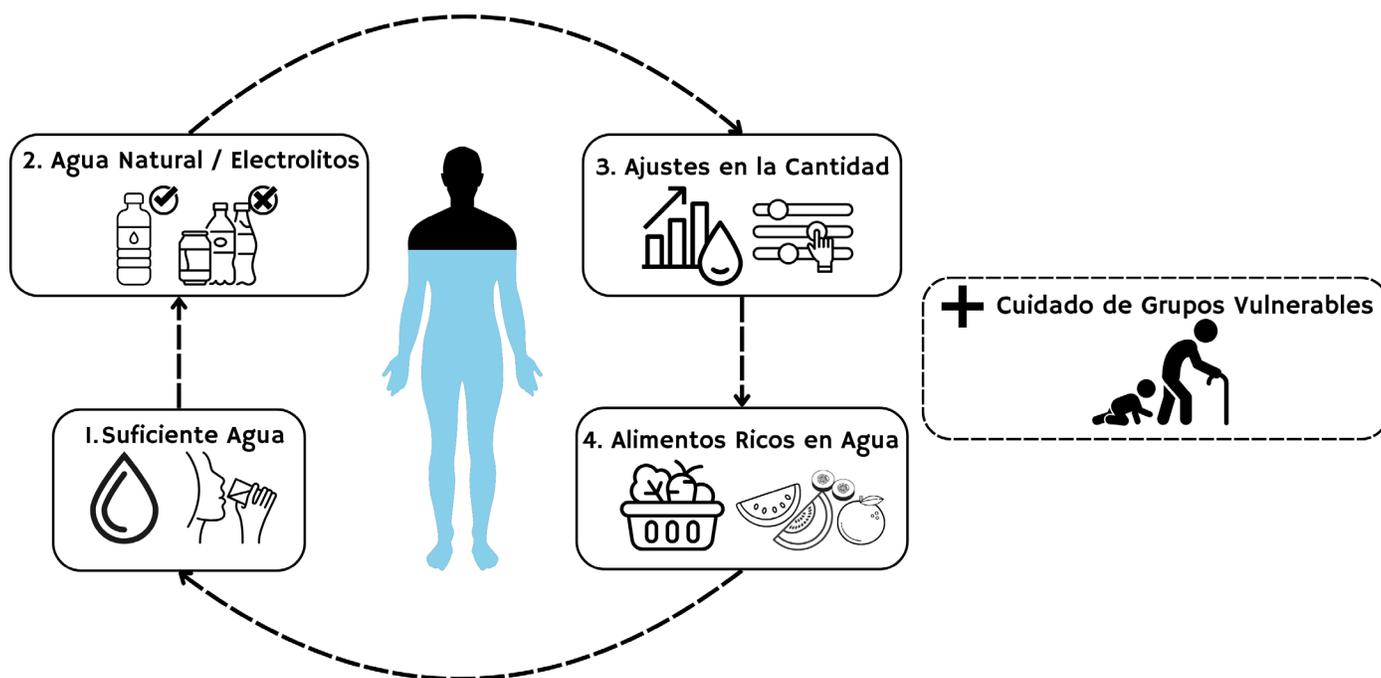
Tipo	Afecciones	Síntomas
Directas	Desequilibrios en el sistema nervioso	Mareos, desorientación, confusión, fatiga extrema, falta de concentración.
	Sistema circulatorio y cardiovascular	Hipotensión (presión arterial baja), aumento del ritmo cardíaco, riesgo de choque hipovolémico (falla del corazón por pérdida de líquidos).
	Sistema muscular y metabolismo	Calambres, fatiga muscular, dificultad para regular la temperatura corporal.
	Afecciones renales y digestivas	Reducción de la orina, estreñimiento, boca y piel seca.
Indirectas	Rendimiento mental y físico	Dificultad para aprender, bajo rendimiento en niños, disminución de la productividad laboral, fatiga crónica.
	Complicaciones renales y urinarias	Formación de cálculos (piedras), insuficiencia renal crónica.
	Problemas en el sistema circulatorio	Hipertensión, enfermedades cardíacas, envejecimiento prematuro.
	Alteraciones hormonales y metabólicas	Desequilibrios hormonales, deterioro en la calidad de vida, pérdida de movilidad, mayor riesgo de caídas y fracturas.



**Figura 2.** Afecciones directas e indirectas por la deshidratación. Fuente: elaboración propia basada en [1]-[3].

**Tabla 2.** Descripción de la estrategia de hidratación “4+”. Fuente: elaboración propia basada en [1]-[3].

Estrategia 4+	Características
1. Beber suficiente agua durante el día	No esperar a tener sed (es un signo temprano de deshidratación). Llevar siempre una botella con agua.
2. Consumir líquidos adecuados	Priorizar agua natural, evitar bebidas azucaradas o con cafeína. En climas cálidos o al hacer ejercicio, tomar bebidas con electrolitos (pero sin exceso de azúcar). Sopas, infusiones y jugos naturales pueden ser un complemento.
3. Ajustar el consumo de líquidos según la actividad	Beber antes, durante y después de actividades físicas. Si estas duran más de una hora, incluir bebidas con sodio y minerales.
4. Consumir alimentos ricos en agua	Frutas y verduras como sandía, pepino, melón, apio y naranja. Evitar exceso de sal y cafeína, ya que favorecen la pérdida de líquidos.
+ . Cuidar la hidratación de grupos vulnerables	Ofrecer agua frecuentemente a bebés y niños. Recordar a los adultos mayores beber agua regularmente, ya que su sensación de sed es menor.



**Figura 3.** Estrategia de Hidratación «4+». Fuente: elaboración propia basada en [1]-[3].

Grupo	Agua por Día
 Bebés (0-6)	0.7 L (leche materna o fórmula)
 Bebés (6-12 meses)	0.8 L (incluyendo agua y alimentos)
 Niños (1-3)	1.3 L
 Niños (4-8 años)	1.7L
 Adolescentes (9-13 años)	2.1 L (mujeres) - 2.4 L (hombres)
 Jóvenes y adultos (14-50 años)	2.7 L (mujeres) - 3.7 L (hombres)
 Adultos mayores (> 50 años)	2.5 L (mujeres) - 3.2 L (hombres)
 Embarazadas	3.0 L
 Mujeres Lactantes	3.8 L

Figura 4. Referencia de cantidad de agua por edades (litros). Fuente: elaboración propia basada en [1]-[3].

La deshidratación puede tener consecuencias graves si no se trata a tiempo. En bebés y adultos mayores, el riesgo es mayor, mientras que en adolescentes y adultos puede afectar el rendimiento físico, mental y metabólico a largo plazo [3].

### Estrategias para mejorar la hidratación

Una estrategia recomendada para mantener una buena hidratación es la llamada “4+”, descrita en la Tabla 2 y en la Figura 3.

La cantidad de agua recomendada varía según la edad, las necesidades y los hábitos de cada persona. La Figura 4 ofrece una referencia de los valores recomendados por edad.

### Tecnologías para el seguimiento de la hidratación

Hoy en día existen diversos dispositivos comerciales que permiten medir los niveles de hidratación de una persona. Estas herramientas ayudan a evaluar, gestionar y tomar decisiones para mantener una hidratación adecuada. La Figura 5 muestra algunos de estos dispositivos y sus principales características.

Sin embargo, es importante reflexionar: ¿es suficiente que la tecnología solo nos informe de nuestros niveles de hidratación, incluso si ya estamos deshidratados? A veces, estos avisos llegan demasiado tarde.

Por eso, surge la idea de una **hidratación inteligente**: un enfoque preventivo que ayude a las personas a mantener una hidratación constante a lo largo del día, evitando que aparezcan los primeros signos de deshidratación que pueden afectar a nuestro cuerpo.

¿Sabías que un grupo de investigadores de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez está desarrollando un dispositivo para detectar la ingesta de líquidos y así prevenir la deshidratación en adultos mayores, uno de los grupos más vulnerables ante sus efectos?



Figura 5. Tecnologías comerciales para el seguimiento de la hidratación. Fuente: elaboración propia basada en [4]-[12].

¿Estás listo para mejorar tu hidratación diaria?  
¡Empieza hoy mismo!

## Conclusiones

La hidratación es fundamental para el bienestar humano, ya que interviene en funciones vitales como el transporte de nutrientes, la regulación de la temperatura y la eliminación de desechos. La deshidratación puede tener consecuencias graves en cualquier etapa de la vida, desde afectar la concentración y el rendimiento físico hasta provocar enfermedades renales y cardiovasculares.

Aunque existen tecnologías avanzadas para monitorear la hidratación, es preferible adoptar estrategias preventivas como la **hidratación inteligente**, que fomente un consumo adecuado de líquidos durante todo el día y ayude a evitar complicaciones.

Diseñar y desarrollar productos basados en las necesidades reales de las personas es clave para prevenir problemas, no solo para detectarlos. Esto impulsa la búsqueda de soluciones innovadoras con impacto social, mejorando la calidad de vida de los usuarios, especialmente de los adultos mayores.

## Referencias

- [1] Y. Song et al., "Analysis on fluid intake and urination behaviors among the elderly in five cities in China: a cross-section al study", *Front Nutr*, vol. 10, 2024, doi: <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1280098>.
- [2] C. Y. Hsieh, H. Y. Huang, C. T. Chan, y L. T. Chiu, "An Analysis of Fluid Intake Assessment Approaches for Fluid Intake Monitoring System", *Biosensors (Basel)*, vol. 14, núm. 1, ene. 2024, doi: <https://doi.org/10.3390/bios14010014>.
- [3] O. Masot, J. Miranda, A. L. Santamaría, E. P. Pueyo, A. Pascual, y T. Botigüé, "Fluid intake recommendation considering the physiological adaptations of adults over 65 years: A critical review", el 1 de noviembre de 2020, *MDPI AG*. doi: <https://doi.org/10.3390/nu12113383>.
- [4] Liipoo Company, "Liipoo AbsolutSweat Hydration Biosensor". Consultado: el 9 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://liipoo.com/>

- [5] J. Meliá, “Sensores sostenibles para la monitorización de la salud”. Consultado: el 9 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://blogs.uoc.edu/informatica/es/proyecto-hydrasport/>
- [6] E. Andrade, “Una plataforma inteligente para medir el estado de hidratación”. Consultado: el 9 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://caixaresearch.org/es/convocatoria-caixaresearch-validate-2017-proyecto-hidratacion>
- [7] HidrateSpark Co., “Hydration, perfected. ”. Consultado: el 15 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://hidratespark.com/?srsltid=AfmBOopsNzXk78nCpd8eNVMDpjuJheeFH0Fhy9ZIPdDjwLnkQixPjHMI>
- [8] WaterH Co., “Your Hydration journey starts here. ”. Consultado: el 15 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.waterh.com/>
- [9] Garmin Co., “Tecnología Garmin - Hidratación”. Consultado: el 15 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.garmin.com/es-MX/garmin-technology/health-science/hydration/>
- [10] Mobile Creatures Co., “Water Time Tracker: Beber Agua”. Consultado: el 15 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mobilecreatures.drinkwater&hl=es\\_MX](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mobilecreatures.drinkwater&hl=es_MX)
- [11] K. Smolka, “Track your daily water intake with WaterMinder. ”. Consultado: el 15 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://waterminder.com/>
- [12] Codium App Ideas OG, “Join The #1 Water App - Drink Reminder”. Consultado: el 15 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://hydrocoach.com/>



# De la fractura a la regeneración ósea: cuando el soporte se vuelve parte del cuerpo

Descubre cómo el Bioglass 45S5 y los polímeros reabsorbibles trabajan juntos para reparar el tejido óseo dañado y facilitar su regeneración.

\*Melva Alejandra Martínez Flores

Amanda Carrillo Castillo

Christian Chapa González

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

*melva.martinez@uacj.mx*

## Resumen

Cada vez que una persona sufre un defecto óseo, como una fractura, se enfrenta a un proceso de rehabilitación que puede ser lento y doloroso, sin contar el largo tiempo durante el cual la extremidad permanece inmóvil, lo que en muchas ocasiones impide la autonomía para realizar actividades cotidianas. Aunque nuestro cuerpo posee una notable capacidad para reparar el hueso dañado, en algunos casos necesita ayuda adicional para recuperarse adecuadamente y de forma rápida. Especialmente cuando la pérdida ósea es considerable, los tratamientos tradicionales como injertos o prótesis no siempre logran una integración exitosa con el cuerpo.

Ante este desafío, se han desarrollado combinaciones de materiales cerámicos aglutinados por polímeros, complementando las propiedades físicas y biológicas de ambos, para crear un material eficiente en el tratamiento de defectos óseos.

## Introducción

Cada vez que una persona sufre un defecto óseo, como una fractura, se enfrenta a un proceso de rehabilitación que puede ser lento y doloroso, sin contar el largo tiempo durante el cual la extremidad permanece inmóvil, lo que en muchas ocasiones impide la autonomía para realizar actividades cotidianas.

Aunque nuestro cuerpo posee una notable capacidad para reparar el hueso dañado, en algunos casos necesita ayuda adicional para recuperarse adecuadamente y de forma rápida.

Especialmente cuando la pérdida ósea es considerable, los tratamientos tradicionales como injertos o prótesis no siempre logran una integración exitosa con el cuerpo. Ante este desafío, se han desarrollado combinaciones de materiales cerámicos

aglutinados por polímeros, complementando las propiedades físicas y biológicas de ambos, para crear un material eficiente en el tratamiento de defectos óseos [1].

## Cerámico bioactivo

El Bioglass 45S5 es uno de los materiales utilizados para crear estructuras temporales que actúan como guía para el crecimiento del nuevo tejido. Está compuesto por elementos como silicio, calcio, sodio y fósforo, todos ellos compatibles con nuestro cuerpo [2].

Lo especial de este material es que es bioactivo, lo que significa que no solo está presente en el cuerpo, sino que interactúa con él. Cuando el Bioglass entra en contacto con los fluidos corporales, reacciona formando una capa de hidroxiapatita, un mineral que constituye la base del tejido óseo. Esta capa estimula a las células óseas a crecer sobre la zona aplicada y reconstruir el hueso de manera natural [3].

Este material fue desarrollado en 1969 por el Dr. Larry Hench, un investigador que originalmente no buscaba un material para reparar huesos, sino que experimentaba con materiales resistentes a condiciones extremas, como las que enfrentan las armas militares [4]. Sin embargo, durante el desarrollo, Hench notó que una de sus formulaciones tenía una interacción inusual con los fluidos biológicos [5].

A lo largo del tiempo, las aplicaciones de este material se han expandido desde la odontología hasta áreas más complejas como la ortopedia avanzada, enfocada en la integración de endoprótesis (implantes internos) en tejido óseo dañado, y tecnologías emergentes como la bioimpresión (Figura 1).

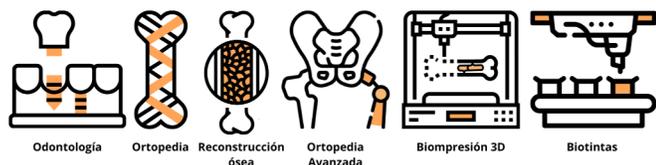


Figura 1. Evolución de las aplicaciones del Bioglass.

## Aglutinantes: Polímeros biodegradables

Los polímeros biodegradables son materiales sintéticos diseñados para descomponerse de forma natural y gradual dentro del cuerpo o en el ambiente, sin dejar residuos tóxicos [6]. Su principal ventaja es que cumplen una función temporal: proporcionan soporte mientras el tejido se regenera y luego se degradan lentamente hasta desaparecer por completo, sin requerir una segunda cirugía para retirarlos, como sí ocurre con los metales y aleaciones [7], [8].

Algunos de los materiales más utilizados en regeneración ósea son:

- Ácido Poliláctico (PLA): valorado por su resistencia y biodegradabilidad controlada [9].
- Polivinilpirrolidona (PVP): ofrece flexibilidad y biocompatibilidad, es decir, no produce reacciones adversas al estar en contacto con el cuerpo [10].
- Polietilenglicol (PEG): favorece la hidratación del tejido y reduce las respuestas inflamatorias [11].
- Alcohol Polivinílico (PVA): aporta soporte mecánico y porosidad adecuada para permitir el crecimiento celular [12].

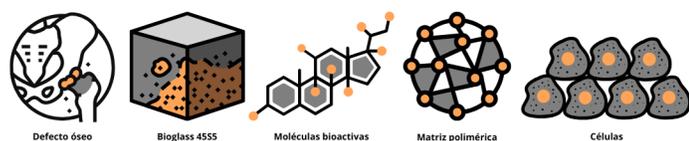
## Estructuras bioactivas: fusionando tecnología y biología

Actualmente, esta combinación de materiales se utiliza en diversas áreas médicas donde se requiere promover la regeneración ósea o mejorar la integración de implantes [13]. En odontología, se emplea como recubrimiento en implantes dentales para mejorar la unión entre el tornillo y el hueso de la mandíbula [14]. En traumatología, se usa para reparar fracturas complejas y expuestas, actuando como relleno bioactivo en zonas donde el hueso ha sido dañado o perdido, en combinación con placas, tornillos o clavos [15]. También se aplica en cirugía maxilofacial y reconstrucciones por trauma o cáncer, rellenando defectos óseos y estimulando la regeneración [16].

El diseño de estos materiales busca imitar las características físicas y químicas de la matriz extracelular, una red natural que rodea las células y les brinda soporte estructural y señales bioquímicas [17].

Esta matriz permite que las células óseas se adhieran, se especialicen y comiencen a formar hueso nuevo de manera organizada (Figura 2).

Uno de los aspectos más importantes al colocar un material en un defecto óseo es su porosidad: debe presentar canales y espacios que permitan el paso de nutrientes, oxígeno y células para el crecimiento del nuevo tejido [18]. Si la estructura fuera completamente cerrada, impediría la regeneración, actuando más como barrera que como guía [19].



**Figura 2.** Estructuras diseñadas para defectos a base de Bioglass, incorporando polímeros sintéticos para facilitar su fabricación [20], [21].

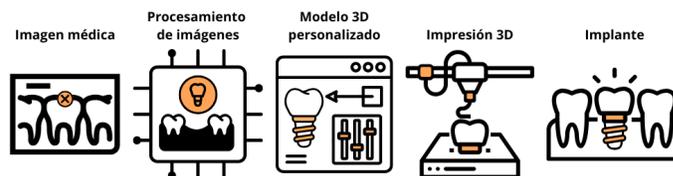
Estas estructuras no están diseñadas para ser permanentes ni rígidas como una prótesis tradicional. Son porosas, se implantan dentro del cuerpo y funcionan como un “esqueleto temporal” que orienta a las células en la reconstrucción de la zona afectada [22].

## El futuro de la regeneración ósea

La investigación actual sobre materiales aglutinantes para el Bioglass continúa explorando mejoras en su formulación y diseño, con el fin de optimizar su eficacia, reducir los tiempos de recuperación y mejorar la calidad de vida de los pacientes. Lo que antes parecía ciencia ficción, hoy forma parte de tratamientos médicos avanzados en regeneración ósea [23].

Uno de los avances más prometedores es el desarrollo de biotintas, materiales que combinan polímeros con células vivas, especialmente formulados para su uso en bioimpresoras 3D.

Estas impresoras permiten crear estructuras que imitan la forma del hueso dañado, así como su composición interna y comportamiento biológico (Figura 3) [24].



**Figura 3.** De la imagen médica al implante: cómo se crean andamios óseos a medida [25].

## Conclusión

El diseño personalizado de estructuras óseas, junto con la incorporación de polímeros reabsorbibles al Bioglass 45S5, marca un hito en la medicina regenerativa. Esta combinación permite crear andamios que se adaptan con precisión al cuerpo humano y, al mismo tiempo, lo estimulan a regenerarse por sí mismo.

Al integrar materiales con propiedades complementarias, se logran tratamientos más efectivos, menos invasivos y adaptados a las necesidades de cada paciente.

Estas innovaciones reflejan una nueva visión de la salud, donde la ciencia, la tecnología y la ingeniería convergen para ofrecer soluciones biológicamente personalizadas y más accesibles. Una forma de sanar que repara lo dañado y acompaña al cuerpo en su propio proceso de reconstrucción.

Un ejemplo claro de cómo la ciencia puede transformar vidas, hueso por hueso.

## Referencias

- [1] A. Pizzi, A. N. Papadopoulos, and F. Policardi, “Wood composites and their polymer binders,” May 01, 2020, MDPI AG. doi: <https://doi.org/10.3390/POLYM12051115>.
- [2] A. Pugely, “Influence of 45S5 Bioactive Glass in A Standard Calcium Phosphate Collagen Bone Graft Substitute on the Posterolateral Fusion of Rabbit Spine,” *Iowa Orthop J*, 2021. [En línea]. Disponible: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8372710/>
- [3] F. Bairo, G. Novajra, and C. Vitale-Brovarone, “Bioceramics and scaffolds: A winning combination for tissue engineering,” 2015, *Frontiers Media S.A.* doi: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2015.00202>

- [4] L. Hench, "The story of Bioglass<sup>®</sup>," *J. Mater. Sci. Mater. Med.*, vol. 17, no. 11, pp. 967–978, Nov. 2006. doi: <https://doi.org/10.1007/s10856-006-0432-z>.
- [5] A. Hoppe, N. S. Güldal, and A. R. Boccaccini, "A review of the biological response to ionic dissolution products from bioactive glasses and glass-ceramics," *Biomaterials*, vol. 32, no. 11, pp. 2757–2774, Apr. 2011. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2011.01.004>.
- [6] A. Martelli, D. Bellucci, and V. Cannillo, "Additive Manufacturing of Polymer/Bioactive Glass Scaffolds for Regenerative Medicine: A Review," Jun. 01, 2023, MDPI. doi: <https://doi.org/10.3390/polym15112473>.
- [7] N. Mani, A. Sola, A. Trinchì, and K. Fox, "Is there a future for additive manufactured titanium bioglass composites in biomedical application? A perspective," *Biointerphases*, vol. 15, no. 6, Nov. 2020. doi: <https://doi.org/10.1116/6.0000557>. [8] J. N. Oliver, Y. Su, X. Lu, P. H. Kuo, J. Du, and D. Zhu, "Bioactive glass coatings on metallic implants for biomedical applications," Dec. 01, 2019, KeAi Communications Co. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2019.09.002>.
- [9] N. Söhling et al., "In vitro Evaluation of a 20% Bioglass-Containing 3D printable PLA Composite for Bone Tissue Engineering," *Int. J. Bioprint.*, vol. 8, no. 4, pp. 65–81, 2022. doi: <https://doi.org/10.18063/ijb.v8i4.602>.
- [10] Q. Yao et al., "Multifunctional chitosan/polyvinyl pyrrolidone/45S5 Bioglass<sup>®</sup> scaffolds for MC3T3-E1 cell stimulation and drug release," *Mater. Sci. Eng. C*, vol. 56, pp. 473–480, Jul. 2015. doi: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2015.06.046>.
- [11] Y. Liu et al., "A strategy to tailor the mechanical and degradation properties of PCL-PEG-PCL based copolymers for biomedical application," *Eur. Polym. J.*, vol. 198, p. 112388, Oct. 2023. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2023.112388>.
- [12] N. Shankhwar, M. Kumar, B. B. Mandal, and A. Srinivasan, "Novel polyvinyl alcohol-bioglass 45S5 based composite nanofibrous membranes as bone scaffolds," *Mater. Sci. Eng. C*, vol. 69, pp. 1167–1174, Dec. 2016. doi: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2016.08.018>.
- [13] L. Hench, "Chronology of Bioactive Glass Development and Clinical Applications," *New J. Glass Ceram.*, vol. 03, no. 02, pp. 67–73, 2013. doi: <https://doi.org/10.4236/njgc.2013.32011>.
- [14] L. Felipe et al., "Resistencia a la Fractura de Dientes Tratados Endodónticamente Obturados con Selladores Biocerámicos Versus Selladores Resinosos. Revisión Sistemática," 2019. [En línea]. Disponible: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actadontocol/article/view/79123>
- [15] D. Nogueira et al., "Biological Behavior of Bioactive Glasses SinGlass (45S5) and SinGlass High (F18) in the Repair of Critical Bone Defects," *Biomolecules*, vol. 15, no. 1, Jan. 2025. doi: <https://doi.org/10.3390/biom15010112>.
- [16] V. Bermúdez García et al., "Obtención de hidroxiapatita a través de residuos biológicos para injertos óseos dentales," *Rev. Estomatol. Herediana*, vol. 31, no. 2, pp. 111–116, Jul. 2021. doi: <https://doi.org/10.20453/reh.v31i2.3971>.
- [17] L. Vasconcellos et al., "Electrospun poly(Butylene-adipate-co-terephthalate)/nano-hydroxyapatite/graphene nanoribbon scaffolds improved the in vivo osteogenesis of the neofomed bone," *J. Funct. Biomater.*, vol. 12, no. 1, Mar. 2021. doi: <https://doi.org/10.3390/jfb12010011>.
- [18] E. Zeimaran et al., "Bioactive glass reinforced elastomer composites for skeletal regeneration: A review," Aug. 01, 2015. doi: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2015.04.035>.
- [19] S. Park et al., "Bone formation by Irisin-Poly vinyl alcohol modified bioglass ceramic beads in the rabbit model," *J. Mater. Sci. Mater. Med.*, vol. 35, no. 1, Dec. 2024. doi: <https://doi.org/10.1007/s10856-024-06788-w>.
- [20] L. Mendoza-Cerezo et al., "Fabrication and characterisation of bioglass and hydroxyapatite-filled scaffolds," *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.*, vol. 144, Aug. 2023. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2023.105937>.
- [21] E. Mancuso et al., "Three-dimensional printing of porous load-bearing bioceramic scaffolds," *Proc. Inst. Mech. Eng. H*, vol. 231, no. 6, pp. 575–585, Jun. 2017. doi: <https://doi.org/10.1177/0954411916682984>.
- [22] B. Thavornyutikarn et al., "Porous 45S5 Bioglass<sup>®</sup>-based scaffolds using stereolithography: Effect of partial pre-sintering on structural and mechanical properties of scaffolds," *Mater. Sci. Eng. C*, vol. 75, pp. 1281–1288, Jun. 2017. doi: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2017.03.001>.
- [23] A. Szwed-Georgiou et al., "Bioactive Materials for Bone Regeneration: Biomolecules and Delivery Systems," 2023, American Chemical Society. doi: <https://doi.org/10.1021/acsbiomaterials.3c00609>.
- [24] W. L. Ng, S. Wang, W. Y. Yeong, and M. W. Naing, "Skin Bioprinting: Impending Reality or Fantasy?" *Trends Biotechnol.*, vol. 34, no. 9, pp. 689–699, 2016. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2016.04.006>.
- [25] D. Reboledo-Grau and G. Martínez-Bordes, "Metodología para el diseño computacional de andamios a ser utilizados en reparación ósea," *Rev. UIS Ing.*, vol. 19, no. 4, pp. 301–314, Jun. 2020. doi: <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n4-2020025>.



# Atención dental para todos: Una necesidad urgente para pacientes en silla de ruedas

\*Nancy Maciel Sánchez

David Cortés Sáenz

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez  
[nancy.macielsanchez@gmail.com](mailto:nancy.macielsanchez@gmail.com)

## Resumen

El presente documento explora las limitaciones de las sillas dentales tradicionales, concebidas como equipos diseñados para personas con condiciones físicas típicas, y no para el uso de personas en silla de ruedas. También se plantea por qué una intervención desde el diseño es relevante, no solo en términos de accesibilidad, sino también de seguridad para los pacientes y el personal de salud dental.

## Introducción

El 45 % de la población mundial padece una enfermedad bucodental. Dentro de los grupos más vulnerables a desarrollarlas se encuentran las personas con discapacidad [1].

Aquellas que presentan una discapacidad motriz (dificultad para mover el cuerpo) y necesitan usar silla de ruedas se estiman en alrededor de 75 millones de personas a nivel mundial, pero sólo entre el 5 % y el 15 % tienen acceso a una [2].

Esta situación, entre muchas otras, ilustra el complicado panorama que enfrentan quienes, al ser minoría, suelen ver ignoradas sus necesidades.

Un ejemplo claro es el acceso a la atención dental, pues estas personas se topan con barreras de diversa índole: falta de infraestructura y de equipo especializado.

El presente documento explora las limitaciones de las sillas dentales tradicionales—diseñadas para personas con condiciones físicas típicas—y subraya por qué una intervención desde el diseño es urgente, no solo en términos de accesibilidad sino también de seguridad para pacientes y personal de salud dental. Finalmente, revisa cómo el diseño ha comenzado a transformar la experiencia de atención de quienes utilizan silla de ruedas.

## Falta de accesibilidad

Alrededor del 15 % de la población mundial posee algún tipo de discapacidad. Estas personas enfrentan barreras al buscar servicios de salud, como espacios inaccesibles, dificultades de comunicación, falta de formación de los profesionales y obstáculos financieros [3].

Un gabinete odontológico es el espacio donde se realizan los procedimientos y tiene como elemento central la silla dental (Figura 1). Estas sillas incluyen instrumentos, herramientas y aditamentos ergonómicos esenciales para distintos tratamientos, diseñados para comodidad de profesional y paciente. Sin embargo, no son adecuadas para personas con limitaciones físicas, sobre todo quienes usan silla de ruedas



Figura 1. Silla dental. Adaptado de [4].

Para que los pacientes en silla de ruedas accedan a la silla dental, se han implementado dos métodos:

1. Asistencia mecánica, que emplea grúas o aparatos especiales (Figura 2).



Figura 2. Grúa de traslado de pacientes. Adaptado de [5].

2. Asistencia humana, que incluye:
- Transporte individual: el paciente se traslada por sus propios medios.
  - Transporte con asistencia parcial: requiere ayuda del profesional.
  - Transporte con asistencia total: familiares o profesionales realizan todo el traslado (Figura 3) [6].



Figura 3. Transporte por asistencia total. Adaptado de [6].

El método mecánico presenta el inconveniente del alto costo: una grúa de traslado puede costar hasta \$57, 500 MX [7]. Al optar por asistencia humana, surgen varios problemas:

- a. Se incumple el derecho a la salud al no garantizar una atención segura, lo cual constituye discriminación [8].
- b. Se vulnera la autonomía de quienes consideran la silla de ruedas una extensión de su persona [9].
- c. Pacientes con enfermedades neurológicas (por ejemplo, parálisis cerebral, espina bífida) ya tienen sus sillas adaptadas; cargarlos para trasladarlos supone un riesgo.
- d. Este traslado manual aumenta el riesgo de accidentes o lesiones tanto para el paciente como para acompañantes y personal, que ya presenta predisposición a trastornos musculoesqueléticos por las exigencias físicas de su labor [10].

## Riesgos de seguridad en la práctica odontológica

El diseño debe garantizar seguridad y comodidad para paciente y profesional. Debe permitir ajustar altura, inclinación y reposacabezas, mitigando fatiga y lesiones a largo plazo.

Según Fimbres et al. [10], el 60 % de los odontólogos trabaja en una unidad inadecuada y el 89 % adopta posturas erróneas, lo que se relaciona con que el 69 % sufre dolor lumbar moderado. Muchas lesiones provienen de “posturas forzadas, movimientos repetitivos y mal diseño del puesto de trabajo”.

Para el profesional, la posición sentada es la más adecuada: requiere menos esfuerzo, menor consumo de energía, mejor control visual y menor carga en ligamentos y articulaciones.

Una postura correcta es aquella con las manos a la altura de la línea sagital del esternón, muslos formando un ángulo de 90 ° respecto a la espalda y pies apoyados en el suelo, separados en triángulo (Figura 4).



Figura 4. Correcta posición sentado. Adaptado de [11].

En cuanto al paciente, puede adoptar varias posiciones:

- Decúbito supino (posición acostada boca arriba): la espalda forma un ángulo menor a 20 ° con el eje horizontal, lo que facilita la visión y los procedimientos, y resulta menos incómodo para el paciente (Figura 5).

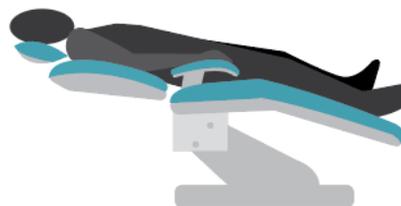


Figura 5. Posición en decúbito supino. Adaptado de [12].

- Semirreclinada (espalda con ángulo entre 20 ° y 45 °): aumenta el riesgo de atragantamiento (obstrucción de la vía aérea) y obliga al operador y al auxiliar a trabajar de pie (Figura 6).

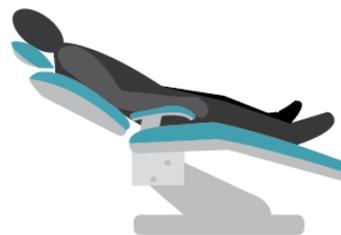


Figura 6. Posición semirreclinada. Adaptado de [13].

La posición completamente sentada permite cirugías que requieren fuerza y es ideal para pacientes con afecciones cardíacas, respiratorias o mujeres embarazadas en tercer trimestre, pero obliga al profesional a permanecer de pie.

En síntesis, aunque las sillas dentales ofrecen beneficios para pacientes con capacidades típicas y comodidad al odontólogo, no están diseñadas para la seguridad, comodidad ni traslado de quienes utilizan silla de ruedas.

Atender sin la inclinación adecuada puede perjudicar la salud del dentista y la eficiencia del tratamiento.

## ¿Por qué intervenir desde el diseño y desarrollo de producto?

Aparte de la grúa de traslado, se han realizado distintos diseños de asistencia mecánica para facilitar la atención dental [14]. Un ejemplo de ello es el que se muestra en la Figura 7. Este diseño no solo permite atender al paciente desde la comodidad de su propia silla de ruedas y ajustar el ángulo de inclinación, sino que el profesional puede trabajar cómodo y con un adecuado campo de visión. Desafortunadamente, esta opción no es accesible económicamente, pues llega a costar hasta \$171, 409,42 MX [15].



**Figura 7.** Reclinador de silla de ruedas. Adaptado de [18].

Al ser tan costosos, muchas clínicas no los adquieren, y los pacientes prefieren servicios gratuitos o económicos, dado que el 48,6 % de las personas con discapacidad vive en pobreza y el 9,8 % en pobreza extrema [16].

## Conclusiones

La inclusión ha cobrado relevancia en los últimos años. En México, 7 168 178 personas tienen alguna discapacidad, de las cuales el 41 % presenta dificultades para caminar, subir o bajar, sin especificarse cuántas usan silla de ruedas [17]. Tampoco existe suficiente información sobre la interacción de estos pacientes con profesionales dentro del gabinete dental. Esta carencia de datos es

un área de oportunidad para investigaciones que aborden no solo aspectos físicos y estructurales, sino también la experiencia emocional de las personas con discapacidad.

La falta de equipo especializado refleja el desinterés hacia este grupo vulnerable, y demuestra el papel crucial que puede desempeñar el diseño de producto al incorporar principios empáticos.

Integrar el diseño inclusivo en las unidades dentales mejora la seguridad y accesibilidad, contribuyendo a eliminar las barreras que dificultan el acceso a una atención dental adecuada. Finalmente, se reconoce especialmente a los profesionales de la salud bucodental que, más allá de sus obligaciones, apoyan el traslado de pacientes a la silla dental, exponiendo su propia salud y seguridad.

## Referencias

- [1] Organización Mundial de la Salud, “La OMS destaca que el descuido de la salud bucodental afecta a casi la mitad de la población mundial,” 18 nov. 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news/item/18-11-2022-who-highlights-oral-health-neglect-affecting-nearly-half-of-the-world-s-population>. [Accedido: 16 nov. 2023].
- [2] Organización Mundial de la Salud, “Tecnología de asistencia,” 2025. [En línea]. Disponible en: [https://www.who.int/es/health-topics/assistive-technology#tab=tab\\_2](https://www.who.int/es/health-topics/assistive-technology#tab=tab_2). [Accedido: 23 mar. 2025].
- [3] Organización Panamericana de la Salud, “Discapacidad,” 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/discapacidad>. [Accedido: 23 mar. 2025].
- [4] “AI generated interior of modern dental office with blue chair and equipment 3D rendering,” Vecteezy, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.vecteezy.com/photo/35013450-ai-generated-interior-of-modern-dental-office-with-blue-chair-and-equipment-3d-rendering-a-dentist-chair-in-the-dental-office-dentistry-concept-ai-generated>. [Accedido: 23 mar. 2025].
- [5] “Grúa con Arnés Mini Blue Flyer,” Ortogim, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://ortogim.com/producto/grua-con-arnes-mini-blue-flyer/>. [Accedido: 23 mar. 2025].
- [6] C. González Parraguez, Percepción de atención dental de pacientes en situación de discapacidad atendidos en reclinador de silla de ruedas, Tesis de licenciatura, Univ. de Chile, Santiago, Chile, 2013. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/117417>. [Accedido: 23 mar. 2025].
- [7] “Grúa Elevador Electrico Ruedas Traslado Pacientes 180 kg,” Mercado Libre, México, 2025. [En línea]. Disponible en: [https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-1408212206-grua-elevador-electrico-ruedas-traslado-pacientes-180kg-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-1408212206-grua-elevador-electrico-ruedas-traslado-pacientes-180kg-_JM). [Accedido: 23 mar. 2025].

- [8] Comisión Nacional de los Derechos Humanos, “Ley General de Salud,” México, 2025. [En línea]. Disponible en: [https://www.cndh.org.mx/sites/all/doc/Programas/VIH/LeyesNormasReglamentos/Leyes/LeyesFederales/Ley\\_GS.pdf](https://www.cndh.org.mx/sites/all/doc/Programas/VIH/LeyesNormasReglamentos/Leyes/LeyesFederales/Ley_GS.pdf). [Accedido: 23 mar. 2025].
- [9] Physiopedia, “El papel de la silla de ruedas,” 2025. [En línea]. Disponible en: <https://langs.physio-pedia.com/es/role-of-the-wheelchair-es/>. [Accedido: 23 mar. 2025].
- [10] K. L. Fimbres Salazar et al., “Trastornos musculoesqueléticos en odontólogos,” *Benessere. Revista de Enfermería*, vol. 1, no. 1, pp. 35–46, 2016, doi: 10.22370/bre.11.2016.1337.
- [11] A-dec, “A-dec 500: Sillas dentales,” A-dec, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://dental.a-dec.com/es/dental-stools/a-dec-500>. [Accedido: 23 mar. 2025].
- [12] N. Maciel Sánchez, “Decúbito supino,” en V.G.Romo Jiménez, “Posiciones ergonómicas en la práctica odontológica,” Repositorio DGB-UNAM, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://ru.dgb.unam.mx/>



# ¿Se puede eliminar el cromosoma extra en el síndrome de Down?

## CRISPR/Cas9 marca un hito en la genética

**Alexis Aguirre Simental**

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

[alexisaguirre977@gmail.com](mailto:alexisaguirre977@gmail.com)

### Resumen

Científicos japoneses han logrado un avance revolucionario al eliminar el cromosoma 21 adicional en células con síndrome de Down mediante la tecnología *CRISPR-Cas9*, una herramienta de edición genética que permite modificar el ADN con alta precisión. Los resultados mostraron no solo la normalización del número de cromosomas, sino también mejoras en la función celular. Aunque este descubrimiento abre nuevas posibilidades terapéuticas, también plantea importantes cuestionamientos éticos sobre los límites de la intervención genética en humanos. Este artículo analiza tanto el potencial médico de esta técnica como las consideraciones sociales que acompañan estos avances biotecnológicos.

**E**l síndrome de Down, causado por la presencia de un cromosoma 21 adicional, afecta a millones de personas en el mundo. Recientemente, un equipo de científicos japoneses, pertenecientes a instituciones como la Universidad de Mie y la Universidad de Osaka, logró un avance significativo. Utilizando la técnica de edición genética *CRISPR/Cas9*, consiguieron eliminar el cromosoma 21 extra en células con trisomía 21, es decir, aquellas que presentan una copia adicional de dicho cromosoma. Este logro no solo representa un gran paso en la genética y la medicina, sino

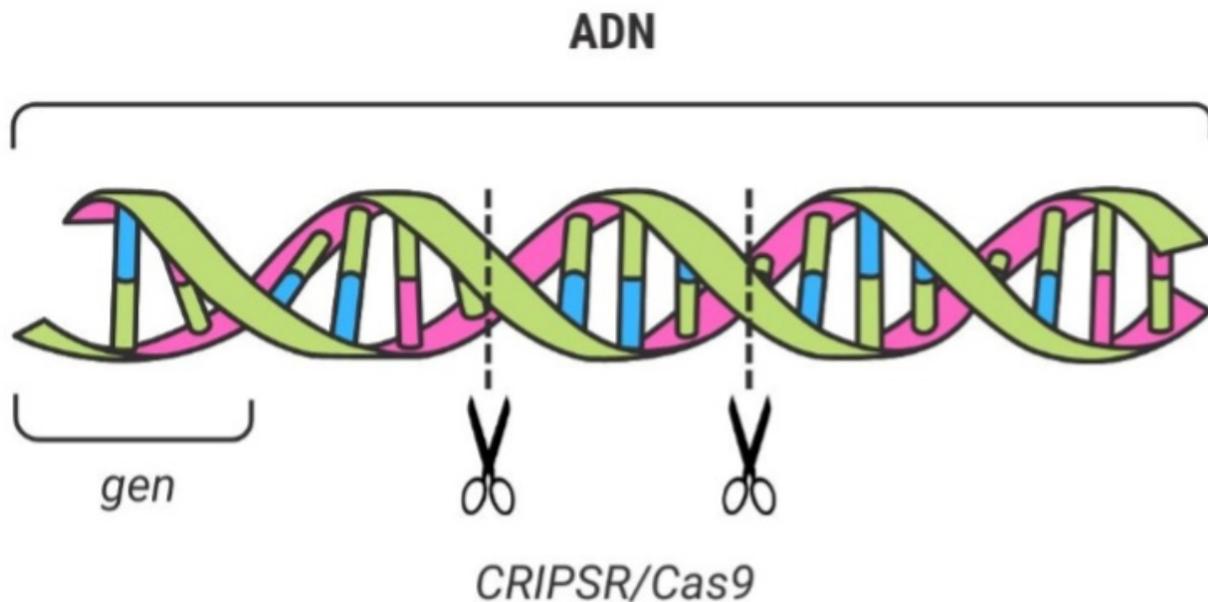
que también abre nuevas posibilidades para el tratamiento de enfermedades genéticas.

Para llevar a cabo este proceso, los científicos emplearon células madre pluripotentes inducidas, células capaces de transformarse en diferentes tipos de células, y fibroblastos (células de la piel), obtenidas ambas de pacientes con síndrome de Down. Estas células, que contenían tres copias del cromosoma 21 en lugar de las dos habituales, fueron tratadas con *CRISPR-Cas9*. Esta herramienta permite cortar y modificar regiones específicas del ADN con gran precisión. Los

Uno de los mayores desafíos del proceso fue garantizar que la eliminación del cromosoma extra no causara daños adicionales en el genoma. Para superar este obstáculo, los investigadores optimizaron la técnica y emplearon métodos avanzados de monitoreo del ADN. Además, descubrieron que la corrección cromosómica no solo normalizaba el

sobre los límites éticos de la edición genética y las consecuencias de intervenir en el genoma humano.

Desde una perspectiva más amplia, este logro destaca el rápido desarrollo de la biotecnología y nos invita a reflexionar sobre su impacto futuro en la medicina y la sociedad. Aunque la edición



**Figura 1.** Representación esquemática del sistema CRISPR/Cas9.

número de cromosomas, sino que también mejoraba funciones celulares como la proliferación (capacidad de reproducirse) y reducía la producción de moléculas dañinas. Este éxito fue particularmente notable en células ya diferenciadas —aquellas que han adoptado funciones específicas y no se dividen activamente—, lo que sugiere que esta técnica podría aplicarse no solo en células madre, sino también en tejidos ya formados.

Este avance ha sido recibido con entusiasmo por la comunidad científica, aunque también ha suscitado debates éticos. Por un lado, la capacidad de corregir anomalías cromosómicas a nivel celular podría transformar radicalmente el tratamiento de enfermedades genéticas como el síndrome de Down. Por otro lado, plantea preguntas complejas

genética ofrece un potencial transformador para tratar enfermedades genéticas, es igualmente importante considerar los riesgos y las implicaciones éticas que conlleva. A medida que avanzamos hacia un futuro en el que la edición genética tenga un papel cada vez más relevante, es esencial establecer marcos éticos claros que aseguren que el progreso científico beneficie a la sociedad sin comprometer nuestros valores fundamentales.

### Referencia

- [1] H. Hashizume et al., “Trisomic rescue via allele-specific multiple chromosome cleavage using CRISPR-Cas9 in trisomy 21 cells,” *PNAS Nexus*, 2025. DOI: 10.1093/pnasnexus/pgaf022

# Desarrollo Tecnológico, IoT e IA en México: Impacto Social, Oportunidades y Desafíos

**Marco Antonio Pérez González**

Universidad de Colima

*marcoperez@ucol.mx*

## Resumen

Este artículo examina el impacto social del internet de las cosas (IoT) en México, destacando tanto sus beneficios como los desafíos que enfrenta su implementación. Se analizan las tendencias globales y su relevancia en el contexto mexicano, incluyendo la integración del IoT con la Industria 4.0 y la inteligencia artificial. Además, se abordan los obstáculos que podrían limitar su desarrollo, como la infraestructura tecnológica insuficiente, la falta de un marco regulatorio adecuado y la necesidad de formar talento especializado. La colaboración entre el gobierno, la iniciativa privada y el sector académico se identifica como crucial para superar estas barreras y aprovechar plenamente las oportunidades que ofrece el IoT para mejorar la calidad de vida y fomentar la innovación en el país.

## Introducción

**H**istóricamente, México, en su calidad de país emergente o no perteneciente al bloque de naciones desarrolladas, ha experimentado un desfase en la adopción y, sobre todo, en el desarrollo de avances técnicos, tecnológicos y científicos. Si bien existen áreas del conocimiento en las que nuestro país es competitivo a nivel internacional, esto suele deberse a esfuerzos individuales o de pequeños grupos que desarrollan estas líneas en países

industrializados o que, aunque trabajen en territorio nacional, mantienen una colaboración estrecha con instituciones de países desarrollados. Esta es una característica que se repite, con algunas excepciones, en América Latina y, en general, en los países en vías de desarrollo.

La adopción de las tecnologías de la información ha ido creciendo paulatinamente, al

pasar de 71.3 millones de personas que usaban internet en 2017 a 97.5 millones en 2021. Esto representa un incremento porcentual del 14.6%, al pasar del 63.7% al 75.6% de la población nacional, según datos publicados por la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH 2021), elaborada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) [1].

De acuerdo con esta misma fuente, el uso de telefonía celular muestra un comportamiento muy similar, lo que permite inferir que la mayoría de los mexicanos accede a internet mediante su teléfono móvil, además de utilizarlo junto con un equipo de cómputo. Sin embargo, el porcentaje de población que utiliza una computadora es considerablemente menor: apenas el 37.4%, y esta cifra va en descenso, reforzando la tendencia del uso preferente del celular para conectarse a internet. La Figura 1 muestra con detalle esta información.

## Redes sociales y su impacto en la sociedad

En cuanto al uso específico de internet, las redes sociales tienen un uso bien estratificado por grupos de edad. Según el periódico *El Universal*, con base en una entrevista con un académico de la UNAM en 2019, “Más de 77 millones de mexicanos utilizan WhatsApp y el 52% de estos usuarios pasan entre dos y cuatro horas diarias, mientras que un 17% permanece más de seis horas” [3].

Como era de esperarse, el uso del internet está más arraigado entre los jóvenes, principalmente con fines recreativos y de proyección social. Instagram y, sobre todo, la popular aunque hoy en día cuestionada por Estados Unidos, TikTok, son aplicaciones que la mayoría de los jóvenes utilizan para entretenimiento y para compartir aspectos de su vida. Los efectos negativos del uso excesivo de estas redes están bien documentados. Por ejemplo, en el artículo “Psicología en la era digital: ¿Cómo las redes sociales

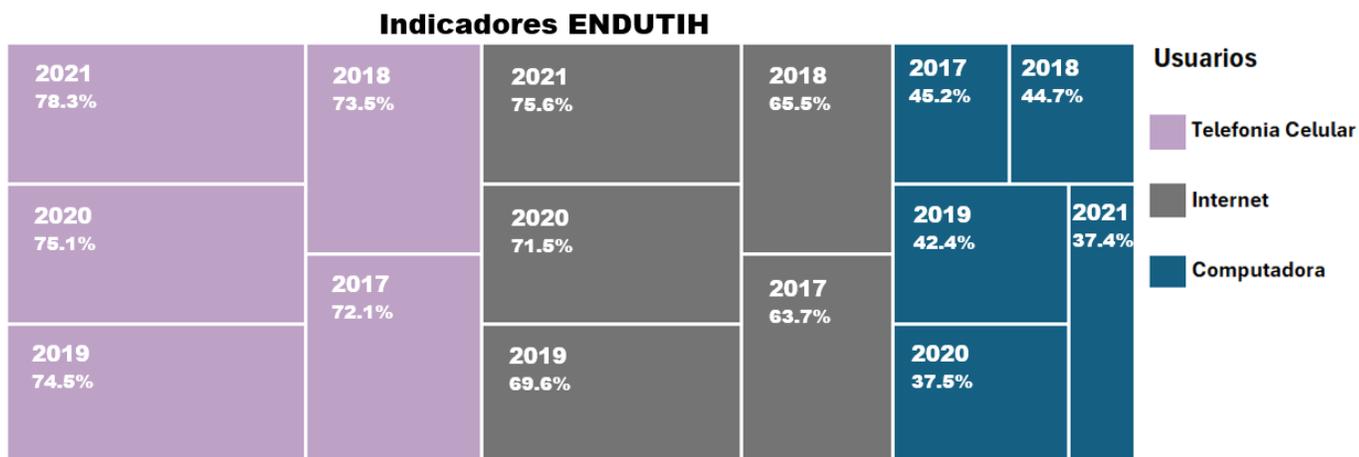


Figura 1. Indicadores ENDUTIH, resultados actualizados a 2021 [1].

En el contexto internacional (Figura 2), estos datos revelan que el nivel de penetración de internet en México es relativamente bajo —alrededor del 75% del promedio— si se compara con regiones como Europa, Estados Unidos y Canadá. En cambio, México presenta cifras promedio para los países con economías emergentes, de acuerdo con estadísticas del sitio Internet World Stats (IWS) [2].

afectan nuestra salud mental?” [4] se aborda su impacto psicológico.

Es importante mencionar el papel de las redes sociales, ya que tienen una influencia directa en la opinión pública. En los últimos cinco años, se han convertido en herramientas clave para el marketing

Región del mundo	Población (Estimación 2022)	% de población mundial	Usuarios de Internet (30 junio 2022)	Tasa de penetración (% población)	Crecimiento 2000–2022	% mundial de usuarios de Internet
África	1,394,588,547	17.60%	652,865,628	46.80%	14362%	11.90%
Asia	4,352,169,960	54.90%	2,934,186,678	67.40%	2467%	53.60%
Europa	837,472,045	10.60%	750,045,495	89.60%	614%	13.70%
América Latina / Caribe	664,099,841	8.40%	543,396,621	81.80%	2907%	9.90%
Norteamérica	374,226,482	4.70%	349,572,583	93.40%	223%	6.40%
Oriente Medio	268,302,801	3.40%	211,796,760	78.90%	6378%	3.90%
Oceanía / Australia	43,602,955	0.50%	31,191,971	71.50%	319%	0.60%
<b>Total mundial</b>	<b>7,934,462,631</b>	<b>100.00%</b>	<b>5,473,055,736</b>	<b>69.00%</b>	<b>1416%</b>	<b>100.00%</b>

Figura 2. Indicadores usados en la WIUPS 2022, IWS. Elaboración propia con datos de [2].

político, ya sea para promover logros de gobierno o para difundir campañas de “guerra sucia”, usando noticias falsas (*fake news*) como estrategia principal para influir o manipular a la ciudadanía [5].

También destaca la relación de los adolescentes con las redes sociales. Existen numerosos estudios sobre los hábitos en estas plataformas, desde casos de adicción provocada por dependencia emocional, evasión de la realidad o búsqueda de recompensas inmediatas, con repercusiones académicas [6], hasta situaciones de riesgo para la seguridad pública, como secuestros o trata de personas [7].

Antes de adentrarnos en el análisis del crecimiento del IoT en México, es relevante señalar que los dispositivos más utilizados por los mexicanos son cámaras de videovigilancia, bandas y relojes inteligentes —usados principalmente para monitoreo de salud y actividad física—, y en hogares con mayor poder adquisitivo, dispositivos como bocinas o focos inteligentes, así como asistentes virtuales comerciales como Alexa® o Siri® [8].

### Estado de adopción del IoT en México

El término *internet de las cosas* se refiere a la interconexión entre usuarios, datos y dispositivos en un ecosistema digital. Consiste en una red de redes

que permite, mediante identificadores electrónicos estandarizados, reconocer de manera única objetos físicos y recuperar, almacenar, transferir y analizar datos del mundo físico y virtual sin interrupciones [9].

Según un estudio de la Universidad Autónoma de Baja California [10], el acceso a dispositivos conectados en México se concentra en las grandes ciudades, mientras que en zonas rurales es muy limitado. Por ejemplo, en Ciudad de México al menos dos de cada cinco hogares cuentan con un receptor digital, pero en Oaxaca la proporción es menor a uno de cada diez. Esto refleja que la conectividad en el país depende del entorno geográfico y del poder adquisitivo, más que de una política de inclusión digital. La pandemia de COVID-19 dejó en evidencia estas desigualdades, al mostrar que las ciudades contaban con infraestructura suficiente para digitalizar actividades, mientras que el campo no.

### Tendencias globales y el caso de México

Una de las tendencias globales más relevantes es la integración del IoT con la inteligencia artificial (IA), que transforma estrategias de mercadeo al personalizar servicios y productos [11]. Un ejemplo es la proliferación de dispositivos para “hogares inteligentes” (*smart homes*). En este sector, México

enfrenta una gran desventaja debido a la escasa producción nacional de productos competitivos. La mayoría proviene de Estados Unidos o China. Aunque en el país se desarrollan prototipos funcionales, son pocos los que alcanzan un grado de madurez suficiente para su comercialización.

El sector salud ha emergido como una gran oportunidad de innovación tras la pandemia de COVID-19 [12], [13]. El monitoreo de signos vitales, el diagnóstico automatizado y la atención inmediata basada en datos biomédicos ya se plantean como posibilidades reales en el corto plazo.

Sin embargo, los países emergentes enfrentan múltiples retos relacionados con la infraestructura necesaria para implementar estas soluciones [14]. En este contexto, el gobierno mexicano y la iniciativa privada tienen el reto compartido de impulsar la innovación tecnológica en salud. Un camino viable es fortalecer la formación de talento en carreras relacionadas con tecnologías de la información y comunicación. La matrícula universitaria en ciencias computacionales ha crecido, pero las ingenierías tradicionales, como la eléctrica, se mantienen estables [15]. Esto debería permitir, en teoría, una mayor generación de startups y proyectos innovadores que requieran mano de obra especializada.

Otra tendencia importante es la inclusión del IoT en la transmisión de energía y el monitoreo ecológico. Aunque existen desarrollos nacionales documentados en publicaciones de alto impacto [16], los productos comerciales chinos siguen teniendo una clara ventaja en tiempo y escala.

### IoT e Industria 4.0 en el contexto mexicano

Finalmente, se aborda la relación entre el IoT y la Industria 4.0, un paradigma industrial que combina automatización, análisis de datos y conectividad para transformar los procesos productivos. Su aplicación es evidente en sectores como la industria automotriz, donde sensores

inteligentes en las líneas de ensamblaje permiten detectar fallas en tiempo real. México, con su sólida base manufacturera en sectores como el automotriz, los electrodomésticos y los textiles, ya está siendo impactado por estas nuevas tecnologías. Además, su cercanía con Estados Unidos y los costos competitivos hacen del país un lugar atractivo para la manufactura dirigida al mercado norteamericano [17].

No obstante, México se enfrenta a una fuerte competencia, especialmente de productos chinos que ingresan con precios bajos. Esta situación ha generado tensiones comerciales y coloca al país en una encrucijada: o adapta sus procesos productivos mediante automatización, o pierde competitividad. Si bien la automatización puede verse como una amenaza para el empleo, también representa una oportunidad para posicionar a México como un centro manufacturero global con capacidad de innovación.

Pero aún existen barreras: la falta de un marco normativo específico y la lenta adopción tecnológica por parte de las empresas. Según el extinto Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT), es indispensable establecer reglas claras y fomentar la inversión en infraestructura [18].

### Conclusión

El internet de las cosas representa una oportunidad transformadora para México. Puede mejorar la calidad de vida, optimizar procesos industriales e impulsar la innovación en diversos sectores. El crecimiento del uso de dispositivos inteligentes en los hogares mexicanos —con un aumento del 200% desde 2020— indica una tendencia positiva hacia la conectividad y la modernización.

No obstante, persisten retos significativos. Es necesario mejorar la infraestructura de telecomunicaciones para garantizar una conectividad

eficaz a nivel nacional. Además, se requieren políticas públicas claras y un marco regulatorio que incentive la inversión y la innovación tecnológica.

La formación de talento especializado es también una condición clave. Incrementar la matrícula en áreas como ciencias computacionales y telecomunicaciones es esencial para contar con profesionales capacitados que lideren esta transformación.

Finalmente, la colaboración entre gobierno, iniciativa privada y academia es crucial para superar los obstáculos existentes. Implementar estrategias conjuntas permitirá no solo el desarrollo de productos y servicios innovadores, sino también posicionar a México como referente en la adopción del IoT. Aprovechar las tendencias globales y adaptarlas a nuestro contexto es una tarea indispensable para garantizar un futuro en el que la tecnología contribuya al bienestar social y al crecimiento económico.

## Referencias

- [1] INEGI, *Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH)*, 2022. [En línea]. Disponible en: [https://www.inegi.org.mx/programas/du\\_tih/2021/](https://www.inegi.org.mx/programas/du_tih/2021/)
- [2] IWS, "World Internet Users and 2022 Population Stats," *Internet World Stats*, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.internetworldstats.com/stats.htm>
- [3] El Universal, "Cómo usan los mexicanos las redes sociales," *Periódico El Universal*, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.eluniversal.com.mx/ciencia-y-salud/como-usan-los-mexicanos-las-redes-sociales>
- [4] Universidad del Tepeyac, "Psicología en la era digital: ¿Cómo las redes sociales afectan nuestra salud mental?," *Universidad del Tepeyac*, 22-nov-2024. [En línea]. Disponible en: <https://tepeyac.edu.mx/Universidad/2024/11/22/psicologia-en-la-era-digital-como-las-redes-sociales-afectan-nuestra-salud-mental/>
- [5] L. A. Hurtado Razo, "Fake news, la contra-agenda mediática durante las elecciones federales en México 2021," *El Cotidiano*, vol. 37, no. 229, pp. 94–103, sep.-oct. 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.elcotidianoenlinea.com.mx/pdf/229.pdf#page=94>
- [6] R. Valencia-Ortiz, J. Cabero-Almenara y U. Garay R., "Adicción a las redes sociales en estudiantes mexicanos, percepciones de discentes y docentes," *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, no. 19, pp. 103–122, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7933304>
- [7] J. A. Álvarez y C. M. Escoto, *Reflexiones en torno a la prevención del delito de trata de niñas menores de edad a través de las redes sociales*, Tópicos de Política Criminal 2, Ciencia y Tecnología, 2021. [En línea]. Disponible en: [http://derecho.posgrado.unam.mx/site\\_cpd/p1public/publis\\_cpd/topicos2.pdf#page=150](http://derecho.posgrado.unam.mx/site_cpd/p1public/publis_cpd/topicos2.pdf#page=150)
- [8] Expansión, "Los mexicanos usan 200% más dispositivos Smart home que en 2020," *Periódico Expansión*, 28-sep-2022. [En línea]. Disponible en: <https://expansion.mx/tecnologia/2022/09/28/mexicanos-usan-200-mas-dispositivos-smart-home-que-en-2020>
- [9] J.-P. Benghozi, S. Burreau y F. Massit-Folléa, "L'Internet des objets. Quels enjeux pour les Européens?," *HAL*, 20 de diciembre de 2009. [En línea]. Disponible en: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00405070/document>
- [10] E. Mulumeoderhwa, "El mundo de la conectividad: Un paso hacia el crecimiento del Internet de las cosas en México," *Revista ComHumanitas*, vol. 13, no. 1, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8517520>
- [11] K. Ghaffari, M. Lagzian, M. Kazemi y G. Malekzadeh, "A comprehensive framework for Internet of Things development: A grounded theory study of requirements," *Journal of Enterprise Information Management*, vol. 33, no. 1, pp. 23–50, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1108/JEIM-02-2019-0060>
- [12] G. Zhang y N. J. Navimipour, "A comprehensive and systematic review of the IoT-based medical management systems: Applications, techniques, trends and open issues," *Sustainable Cities and Society*, vol. 82, p. 103914, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103914>
- [13] D. Guha Roy, "A Comprehensive Analysis of Sustainable IoT Infrastructure in the Post-COVID-19 Era," en *Intelligent Internet of Things for Healthcare and Industry*, U. Ghosh et al., Eds. Cham: Springer, 2022. [En línea]. Disponible en: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-81473-1\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-030-81473-1_11)
- [14] P. Oyekola, S. Swain, K. Muduli y A. Ramasamy, "IoT in Combating COVID-19 Pandemics: Lessons for Developing Countries," en *Assessing COVID-19 and Other Pandemics and Epidemics using Computational Modelling and Data Analysis*, S. K. Pani et al., Eds. Cham: Springer, 2022. [En línea]. Disponible en: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-79753-9\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-79753-9_7)
- [15] M. Ocegueda Hernández, R. Pimienta Gallardo y A. Mungaray Lagarda, "Educación superior, industria y crecimiento económico en México: Un reto pendiente en la agenda económica del país," *Revista de la Educación Superior*, vol. 51, no. 201, pp. 131–152, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.36857/resu.2022.201.2024>
- [16] R. O. Jiménez Betancourt, J. M. González López, E. Barocio Espejo, A. Concha Sánchez, E. Villalvazo Laureano, S. Sandoval Pérez y L. Contreras Aguilar, "IoT-Based Electricity Bill for Domestic Applications," *Sensors*, vol. 20, no. 21, p. 6178, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/s20216178>
- [17] B. Cortés, L. Landeta y M. Osorio, "El entorno de la industria 4.0 y la manufactura inteligente: sus beneficios, implicaciones y perspectivas futuras," *Revista de Ciencias Sociales*, vol. 23, no. 2, pp. 45–60, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94454631006>
- [18] Instituto Federal de Telecomunicaciones, "Diagnóstico sobre la Industria 4.0 en la región de Regulatel," 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/diagnostico-industria-40-region-regulatel.pdf>



# ¡Descubre, aprende y conecta!

Sigue nuestras redes y explora temas de ciencias aplicadas, salud mental, y mucho más.

## ¡Únete a nuestra comunidad científica!



Ciencia Vital



@ciencia\_vital



@ciencia\_vital



Ciencia Vital